

**Agilent Technologies**  
**Мультиметр 3458А**

**Руководство  
по эксплуатации**



**Agilent Technologies**

Кодовый номер 03458-90014  
Отпечатано в США

# 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
- Проверка
- 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 Проверки от Agilent являются:**

- Первичная поверка вместе с покупкой нового оборудования или после ремонта
- Периодическая поверка
- Составление графиков поверки (при покупке Планов Проверки 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)

Проверка приборов проводится в строгом соответствии с установленными методиками поверки.

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

Авторское право компании Agilent Technologies, Inc. и международным законом о авторском праве защищено. Любое использование данного руководства без письменного разрешения от компании Agilent Technologies, Inc. или его представительства в Российской Федерации, а также загружено, передано или воспроизведено в целом или в части, не может быть считано допустимым и нарушает закон о авторском праве. Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

## ➤ 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)

---

## ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА КОМПАНИИ AGILENT TECHNOLOGIES

**Изделие Agilent Technologies:** мультиметр 3458A

**Срок гарантии:** 1 год

1. Компания Agilent Technologies дает гарантию на аппаратные средства, принадлежности и расходные материалы в случае обнаружения дефектов в качестве изготовления и материалах на указанный выше срок. Если Agilent Technologies получает уведомление о подобных дефектах в течение гарантийного срока, то по своему усмотрению ремонтирует или заменяет неисправное изделие. Изделия взамен неисправного могут быть новыми или бывшими в употреблении, но в отличном состоянии.
  2. Компания Agilent Technologies гарантирует, что программное обеспечение будет выполнять свои программные команды в течение периода, указанного выше, при условии правильной инсталляции и эксплуатации. Если компания Agilent Technologies получает уведомление о неисправностях в работе программы, вызванных дефектами материалов или качеством изготовления, в течение гарантийного срока, то она заменяет программное обеспечение, которое не выполняет своих программных команд по причине этих дефектов.
  3. Компания Agilent Technologies не гарантирует, что работа изделий Agilent Technologies будет бесперебойна и безошибочна. Если компания Agilent Technologies не может в пределах разумного времени отремонтировать или заменить изделие на условиях гарантии, покупатель имеет право на возмещение убытка в размере стоимости покупки при запросе на возврат изделия.
  4. Изделия Agilent Technologies могут содержать модернизированные части, эквивалентные новым по характеристикам работы, или бывшие в употреблении в течение незначительного срока.
  5. Гарантийный период начинается с даты поставки или установки, если прибор устанавливает Agilent Technologies. Если покупатель планирует или откладывает установку более, чем на 30 суток после поставки, гарантийный срок начинается с 31-х суток после поставки.
  6. Гарантия не распространяется на дефекты, вызванные (а) неправильным или ненадлежащим обслуживанием или калибровкой, (б) программным обеспечением, установкой интерфейсов или принадлежностей, не поддерживаемых компанией Agilent Technologies, (в) несанкционированной модификацией или неправильной эксплуатацией, (г) использованием прибора вне установленных пределов его рабочих условий или (е) неправильной подготовкой рабочего места или ненадлежащим техническим обслуживанием.
  7. В РАМКАХ, ДОПУСКАЕМЫХ МЕСТНЫМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, ВЫШЕИЗЛОЖЕННЫЕ ГАРАНТИИ ЯВЛЯЮТСЯ ЕДИНСТВЕННЫМИ, И НИКАКИЕ ДРУГИЕ ГАРАНТИИ ИЛИ УСЛОВИЯ, ПИСЬМЕННЫЕ ИЛИ УСТНЫЕ, НЕ ПРЕДУСМАТРИВАЮТСЯ И НЕ ПРЕДПОЛАГАЮТСЯ; AGILENT TECHNOLOGIES НЕ ПРИЗНАЕТ КАКИХ-ЛИБО ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ПО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПРОДАЖИ, УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОМУ КАЧЕСТВУ И ПРИГОДНОСТИ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ КАКОЙ-ТО КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ.
  8. Agilent Technologies несет ответственность за ущерб, нанесенный материальному имуществу в результате несчастного случая в размере до \$300000 или в размере фактической стоимости прибора, являющегося предметом иска, а также за телесные повреждения и смерть, если доказано в судебном порядке, что ущерб причинен непосредственно из-за неисправного изделия компании Agilent Technologies.
  9. ДОПУСКАЕМЫЕ МЕСТНЫМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ СРЕДСТВА ПРАВОВОЙ ЗАЩИТЫ В ДАННЫХ ГАРАНТИЙНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВАХ ЯВЛЯЮТСЯ ЕДИНСТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ ПОКУПАТЕЛЯ И НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ, КРОМЕ ИЗЛОЖЕННЫХ ВЫШЕ, AGILENT TECHNOLOGIES И ЕГО ПОСТАВЩИКИ НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПОТЕРЮ ДАННЫХ ИЛИ ЗА ПРЯМОЙ, ОСОБЫЙ, СЛУЧАЙНЫЙ, ПОСЛЕДСТВЕННЫЙ (ВКЛЮЧАЯ УПУЩЕННУЮ ВЫГОДУ И ПОТЕРЯННЫЕ ДАННЫЕ) ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ДРУГОЙ УЩЕРБ, ОБОСНОВАННЫЙ КОНТРАКТОМ, ДЕЛИКТОМ ИЛИ ЛЮБЫМИ ИНЫМИ ПРАВОВЫМИ АКТАМИ.
- ДЛЯ ПРОДАЖИ В АВСТРАЛИИ И НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ: ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ДАННОМ ДОКУМЕНТЕ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЗАПРЕЩЕННЫХ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, НЕ ИСКЛЮЧАЮТ, НЕ ОГРАНИЧИВАЮТ И НЕ ИЗМЕНЯЮТ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ЗАКОННЫХ ПРАВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОДАЖЕ ПОКУПАТЕЛЮ ДАННОГО ИЗДЕЛИЯ, А ЯВЛЯЮТСЯ ДОПОЛНЕНИЕМ К ЭТИМ ПРАВАМ.
- 

### Ограничение прав Американского правительства

Программное обеспечение и техдокументация разработаны полностью за счет средств компании Agilent Technologies. Они поставляются и лицензируются в качестве "компьютерного программного обеспечения гражданского назначения", как определено в документах DFARS 252.227-7013 (октябрь 1988), DFARS 252.211-7015 (май 1991) или DFARS 252.227-7014 (июнь 1995), в качестве "изделия гражданского назначения", как это определено в документе FAR 2.101 (а) или в качестве "компьютерного программного обеспечения ограниченного использования", как это определено в документе FAR 52.227-19 (июнь 1987) (либо в любых иных имеющих равную силу ведомственных инструкциях или пунктах контрактов) в соответствии с применимостью указанных правовых норм. Пользователь обладает только теми правами на указанное программное обеспечение и техдокументацию, которые оговорены соответствующими пунктами документа FAR или DFARS, либо стандартным соглашением с компанией Agilent Technologies на конкретный программный продукт.



Мультиметр 3458A Руководство по эксплуатации  
Издание 4

Авторское право © 1988, 1992, 1994, 2000 Agilent Technologies, Inc. Все права защищены.

## Хронология изданий документации

Все издания и дополнения данного руководства и даты их публикаций перечислены ниже. Первое издание руководства - это издание 1. Увеличение номера на 1 всякий раз означает, что предыдущее руководство пересмотрено и исправлено. Дополнения, которые выпущены между выпусками, содержат исправленные страницы или дополнительную информацию к действующей редакции руководства. Когда создается новая редакция, она содержит полную информацию дополнений для предыдущей редакции. Каждое новое издание или дополнение также включает в себя обновленную страницу хронологии всех изданий и дополнений.

Издание 1 . . . . .	май 1988 г.
Дополнение 1 . . . . .	февраль 1992 г.
Издание 2 . . . . .	октябрь 1992 г.
Издание 3 . . . . .	февраль 1994 г.
Издание 4 . . . . .	декабрь 2000 г.



### Условные обозначения по технике безопасности



Используемое в руководстве обозначение, которое наносится на прибор. Указывает, что пользователь должен обратиться к техдокументации для получения конкретной информации, содержащейся под надписями ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ (WARNING) или ВНИМАНИЕ (CAUTION) во избежание поражения персонала электрическим током или повреждения прибора.

Указывает на зажим защитного заземления, который должен быть соединен с шиной заземления, прежде чем начать работу с аппаратурой. Защищает от поражения электрическим током в случае неисправности.

Зажим подсоединения к корпусу или шасси. Обычно подсоединяется к металлическому корпусу аппаратуры.



Переменный ток (AC)



Постоянный ток (DC)



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

WARNING

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ (WARNING) обращает внимание на процедуру, действие или условие, которое может причинить телесные повреждения или стать причиной летального исхода.

CAUTION

ВНИМАНИЕ (CAUTION) обращает внимание на процедуру, действие или условие, которое может повредить аппаратуру или стать причиной необратимой потери данных.

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Следующие основные правила техники безопасности должны соблюдаться в течение всех этапов работы, обслуживания и ремонта данной аппаратуры. Несоблюдение данных правил техники безопасности или предупреждений, содержащихся в руководстве по эксплуатации, нарушает нормативные требования по технике безопасности при разработке, изготовлении и применении прибора. Компания Agilent Technologies не несет ответственности в случае несоблюдения покупателем данных требований.

**Заземлить аппаратуру.** Аппаратура 1 класса защиты (аппаратура, имеющая зажим защитного заземления) должна быть снабжена неразрываемым проводником защитного заземления от источника сети электропитания до зажимов подключения питания на приборе или в поставляемом сетевом шнуре.

**НЕ работать с изделием во взрывоопасной среде или в присутствии огнеопасных газов или паров.**

**Для обеспечения постоянной защиты** от опасности возникновения пожара заменять плавкие предохранители на предохранители того же типа и с теми же номиналами напряжения и тока. **НЕ использовать** отремонтированные предохранители или уже перенесшие короткое замыкание держатели предохранителей.

**Держаться от токопроводящих схем на безопасном расстоянии.** Работающий персонал не должен снимать с аппаратуры крышки и защитные экраны. Снятие крышек и экранов должно выполняться только обученным персоналом по техническому обслуживанию. При некоторых условиях опасные напряжения могут сохраняться даже после выключения прибора. Во избежание поражения электрическим током не снимать крышки или экраны, не имея соответствующей квалификации.

**НЕ работать с поврежденной аппаратурой.** При любом возможном нарушении защитных функций, встроенных в изделие в соответствии с требованиями безопасности, вследствие механических повреждений, избытка влаги или какой-то иной причины ВЫКЛЮЧИТЬ ПИТАНИЕ и не работать с изделием, пока не будет проверена безопасность работы с ней квалифицированным обслуживающим персоналом. При необходимости возвратить изделие в компанию Agilent для технического обслуживания и ремонта, которые обеспечивают поддержание защитных функций, предусмотренных правилами техники безопасности.

**НЕ производить ремонт и регулировку в одиночку.** Не делать попыток обслуживания и ремонта внутри аппаратуры в отсутствие другого специалиста, способного оказать первую помощь и привести пострадавшего в сознание.

**НЕ производить в аппаратуре замены частей и её модификации.** Из-за вероятности внесения дополнительных опасностей не производить замены частей и не выполнять несанкционированные модификации изделия. Возвратить изделие в компанию Agilent для его обслуживания и ремонта, которые обеспечат поддержание защитных функций, предусмотренных правилами техники безопасности.

**Измерение высоких напряжений всегда опасно.** ВСЕ входные клеммы (и на передней, и на задней панели) мультиметра должны считаться опасными, когда подаваемое на любые из них напряжение превышает 42 В (постоянного тока или пиковое значение).

**Постоянная проводка с опасным напряжением** или источники с выдаваемым уровнем мощности более 150 ВА должна иметь либо соответствующую маркировку, либо встроенные плавкие предохранители, либо какие-то иные средства защиты от случайного шунтирования или повреждения аппаратуры.

**НЕ оставлять** под напряжением клеммы, когда прибор не используется.

**НЕ использовать** переключатель клемм передней/задней панели для коммутации опасных напряжений между клеммами передней и задней панели мультиметра.



Agilent Technologies

## ДЕКЛАРАЦИЯ СООТВЕТСТВИЯ

согласно документам ISO/IEC Guide 22 и CEN/CENELEC EN 45014



**Изготовитель:** Agilent Technologies, Incorporated

**Адрес изготовителя:** 815 14<sup>th</sup> ST. S.W.  
Loveland, CO 80537  
USA

**Заявляет, что это изделие**

**Наименование:** Мультиметр

**Номер модели:** 3458A

**Варианты комплектации:** Данная декларация распространяется на все варианты комплектации указанного изделия

**Соответствует следующим нормативным документам для стран Европы:**

Указанное изделие соответствует требованиям документов: Low Voltage Directive 73/23/EEC и EMC Directive 89/336/EEC (включая 93/68/EEC) и, соответственно, имеет на себе маркировку "CE".

**Соответствует техническим требованиям следующих нормативных документов:**

**По электромагнитной совместимости**

### Стандарты

IEC 61326-1:1997+A1:1998 / EN 61326-1:1997+A1:1998

CISPR 11:1990 / EN 55011:1991

IEC 61000-4-2:1995+A1:1998 / EN 61000-4-2:1995

IEC 61000-4-3:1995 / EN 61000-4-3:1995

IEC 61000-4-4:1995 / EN 61000-4-4:1995

IEC 61000-4-5:1995 / EN 61000-4-5:1995

IEC 61000-4-6:1996 / EN 61000-4-6:1996

IEC 61000-4-11:1994 / EN 61000-4-11:1994

### Ограничения

Group 1 Class A

4kV CD, 8kV AD

3 V/m, 80-1000 MHz

0.5kV signal lines, 1kV power lines

0.5 kV line-line, 1 kV line-ground

3V, 0.15-80 MHz 1 cycle, 100%

Dips: 30% 10ms; 60% 100ms

Interrupt > 95%@5000ms

Канада: ICES-001:1998

Австралия/Новая Зеландия: AS/NZS 2064.1

Изделие прошло испытания в типовой конфигурации на испытательных системах компании Agilent Technologies.

**По технике безопасности**

IEC 61010-1:1990+A1:1992+A2:1995 / EN 61010-1:1993+A2:1995

Канада: CSA C22.2 No. 1010.1:1992

UL 3111-1: 1994

8 марта 2001 г.

Дата

Ray Corson

Product Regulation Program Manager

Для получения дополнительной информации следует обращаться в Российское представительство компании Agilent Technologies по адресу: Россия, 113054, Москва, Космодамианская набережная, д. 52, стр. 1.  
Тел: (095) 797 3963, 797 3900, факс: (095) 797 3902, 797 3901, E mail: tmo\_russia@agilent.com

Редакция: В.01

Дата издания: март 2001 г.

---

## **Предисловие**

Данное руководство содержит информацию по установке, работе и программированию, а также по конфигурированию мультиметра 3458А. Руководство состоит из следующих разделов.

### **Раздел 1 Установка и обслуживание**

Этот раздел содержит информацию о предварительном осмотре, установке и обслуживании. Также содержит перечни доступных вариантов комплектации и дополнительных принадлежностей.

### **Раздел 2 Краткое руководство по эксплуатации**

В этом разделе изложены основы работы с мультиметром. Показано, как пользоваться передней панелью прибора, как управлять прибором дистанционно с помощью команд и как дистанционно считывать данные.

### **Раздел 3 Конфигурирование мультиметра**

В этом разделе показано, как изменять конфигурацию мультиметра для всех видов измерений, кроме преобразования в цифровую форму (методы дискретизации описаны в разделе 5). В разделе также показано, как использовать память подпрограмм и состояний, входной буфер и регистр статуса.

### **Раздел 4 Проведение измерений**

Этот раздел описывает методы запуска измерений, форматы отсчетов, показывает как использовать память отсчетов и как передавать отсчеты через интерфейс GPIB. В данном разделе также рассматриваются вопросы увеличения скорости взятия отсчетов, использования сигнала EXTOUT мультиметра и математических операций.

### **Раздел 5 Дискретизация**

Дискретизация - процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в ряд дискретных замеров (выборок). В этом разделе обсуждаются различные способы дискретизации сигнала, важность частоты дискретизации, и содержатся сведения о том, как использовать запуск по уровню.

### **Раздел 6 Справочник команд**

В этом разделе обсуждается язык управления мультиметром (HPML) и содержится детальное описание каждой команды языка. Команды представлены в алфавитном порядке.

### **Раздел 7 Язык программирования BASIC**

Этот раздел описывает команды языка BASIC, поддерживаемые внутренней операционной системой языка BASIC мультиметра 3458А. Благодаря этому специальные требования пользователя могут быть легко выполнены при помощи написания и загрузки простой подпрограммы на языке BASIC, которая настраивает работу мультиметра.

### **Приложения**

Приложения содержат технические характеристики мультиметра, информацию о командах GPIB, распознаваемых прибором, информацию о блокировке переключателя клемм передней/задней панелей, а также сообщения об использовании прибора, касающиеся дискретизации, повышения скорости взятия отсчетов и производительности.



# Содержание

<b>Раздел 1 Установка и обслуживание</b>	
Введение . . . . .	15
Предварительный осмотр . . . . .	15
Варианты комплектации	
и принадлежности . . . . .	16
Установка мультиметра . . . . .	17
Требования к заземлению . . . . .	17
Требования к напряжению	
сети питания . . . . .	17
Установка переключателей	
напряжения сети питания . . . . .	18
Установка сетевого предохранителя .	18
Сетевые шнуры . . . . .	18
Подключение кабеля GPIB . . . . .	19
Адрес GPIB . . . . .	20
Установка мультиметра . . . . .	20
Проверка правильности установки .	21
Обслуживание . . . . .	21
Замена сетевого предохранителя .	21
Замена предохранителя токовой	
защиты . . . . .	21
Ремонт . . . . .	22
Серийный номер . . . . .	22
Инструкция по транспортированию .	22
<b>Раздел 2 Краткое руководство</b>	
<b>по эксплуатации</b>	
Введение . . . . .	25
Проверка перед включением питания .	25
Включение питания . . . . .	25
Самотестирование при включении	
питания . . . . .	25
Состояние при включении питания .	25
Индикатор . . . . .	26
Управление с передней панели . . . . .	27
Проведение измерений . . . . .	28
Переключение измерительных функций .	28
Автоматическое и ручное	
переключение пределов . . . . .	29
Фиксация предела . . . . .	29
Ручное переключение пределов .	30
Самотестирование . . . . .	30
Считывание регистра ошибок . . . . .	31
Установка мультиметра в исходное	
состояние . . . . .	32
Использование клавиш	
конфигурирования . . . . .	32
Выбор параметра . . . . .	33
Значения по умолчанию . . . . .	34
Числовые параметры . . . . .	34
Экспоненциальное выражение	
числовых параметров . . . . .	35
Команды с несколькими параметрами .	35
Использование клавиш группы МЕНЮ .	36
Команды запросов . . . . .	37
Стандартные запросы . . . . .	37
Дополнительные запросы . . . . .	37
Управление индикатором . . . . .	37
Очистка индикатора . . . . .	37
Редактирование отображаемых	
данных . . . . .	38
Просмотр длинных записей . . . . .	38
Отображение дополнительной	
информации . . . . .	39
Число разрядов индикации . . . . .	39
Повторный вызов . . . . .	39
Клавиши, определяемые пользователем .	40
Установка трафарета на клавиатуру .	41
Работа при дистанционном управлении .	42
Операторы ввода/вывода . . . . .	42
Считывание адреса GPIB . . . . .	42
Изменение адреса GPIB . . . . .	43
Посылка команды дистанционного	
управления . . . . .	43
Получение данных от мультиметра .	43
Клавиша Local (возврат к режиму	
местного управления) . . . . .	44

### **Раздел 3 Конфигурирование мультиметра**

Введение .....	47
Общие сведения о конфигурировании .....	47
Самотестирование .....	47
Считывание регистров ошибок .....	48
Калибровка .....	48
Автоматическая калибровка .....	48
Выполнение автокалибровки .....	49
Рекомендации по проведению автокалибровки .....	49
Выбор входных клемм .....	50
Обеспечение защиты .....	51
Приостановка взятия отсчетов .....	51
Предустановка мультиметра .....	52
Установка измерительных функций .....	53
Автоматическое переключение пределов .....	53
Установка предела измерения .....	54
Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на постоянном токе или сопротивлений .....	54
Напряжение постоянного тока .....	54
Постоянный ток .....	55
Сопротивление .....	56
2-проводное измерение сопротивлений .....	57
4-проводное измерение сопротивлений .....	57
Конфигурирование АЦП .....	58
Опорная частота .....	58
Установка времени интегрирования .....	59
Установка разрешающей способности .....	60
Автоматическая коррекция нуля .....	61
Компенсация смещения .....	62
Фиксированное входное сопротивление .....	62
Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на переменном токе .....	62
Измерение напряжения переменного тока напряжения и суммы напряжений переменного и постоянного тока .....	62
Синхронное преобразование выборок .....	63
Аналоговое преобразование сигнала в среднеквадратическое значение .....	64
Преобразование на основе метода случайных выборок .....	64
Установка метода измерения напряжения переменного тока .....	64
Измерение переменного тока и суммы постоянного и переменного тока .....	64
Измерение частоты и периода .....	65
Установка полосы пропускания .....	66
Установка времени интегрирования .....	67
Установка разрешающей способности .....	68

### **Изменение установленного значения разрешающей способности .....**

Конфигурирование мультиметра для измерения отношений .....	70
Установка измерения отношений .....	71
Использование памяти подпрограмм .....	71
Запоминание подпрограмм .....	71
Выполнение подпрограмм .....	72
Приостановка выполнения подпрограмм .....	72
Вложенные подпрограммы .....	73
Автозапуск подпрограмм .....	73
Сжатие подпрограмм .....	73
Удаление подпрограмм .....	74
Использование памяти состояний .....	74
Запоминание состояний .....	74
Вызов состояний .....	74
Удаление состояний .....	75
Использование входного буфера .....	75
Использование регистра статуса .....	75
Считывание регистра статуса .....	77
Прерывания .....	77

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержимое этого руководства не может быть скопировано, воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, изменено, предоставлено целиком или по частям без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство Agilent Technologies: Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

<b>Раздел 4 Проведение измерений</b>	
Введение . . . . .	81
Запуск измерений . . . . .	81
Событие подготовки запуска . . . . .	82
Событие запуска . . . . .	82
Событие замера . . . . .	82
Варианты выбора событий . . . . .	82
Непрерывное взятие отсчетов . . . . .	82
Взятие однократных отсчетов . . . . .	83
Взятие нескольких отсчетов . . . . .	83
Подготовка нескольких запусков . . . . .	84
Синхронное взятие отсчетов . . . . .	84
Выполнение отсчетов с заданным	
периодом . . . . .	85
Выполнение отсчетов с задержкой . . . . .	86
Задержки по умолчанию . . . . .	87
Внешний запуск . . . . .	87
Буферизация внешнего запуска . . . . .	88
Комбинирование событий . . . . .	88
Форматы отсчетов . . . . .	92
Формат ASCII . . . . .	92
Формат целочисленный одинарной и	
двойной точности . . . . .	92
Двоичный дополнительный код . . . . .	92
Формат вещественный одинарной	
точности (SREAL) . . . . .	93
Пример формата SREAL . . . . .	93
Формат вещественный двойной	
точности (DREAL) . . . . .	94
Использование памяти отсчетов . . . . .	94
Форматы запоминания отсчетов	
в памяти . . . . .	95
Индикация перегрузки . . . . .	96
Вызов отсчетов . . . . .	96
Использование номеров отсчетов . . . . .	96
Неявное считывание . . . . .	97
Пересылка отсчетов по шине GPIB . . . . .	98
Форматы вывода . . . . .	98
Индикация перегрузки . . . . .	99
Завершение вывода . . . . .	99
Использование формата вывода	
SINT или DINT . . . . .	99
Пример с форматом SINT . . . . .	99
Пример с форматом DINT . . . . .	100
Использование формата SREAL . . . . .	101
Использование формата DREAL . . . . .	101
Увеличение скорости взятия отсчетов . . . . .	102
Быстродействующий режим	
измерения . . . . .	102
Конфигурирование для высокой	
скорости взятия отсчетов . . . . .	103
Команда PRESET FAST . . . . .	103
Время интегрирования и	
разрешающая способность . . . . .	104
Установка условий запуска . . . . .	105
Время задержки . . . . .	105
Полоса пропускания при измерениях	
на переменном токе . . . . .	105
Компенсация смещения . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
постоянного тока . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения сопротивления . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения постоянного тока . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
синхронных выборок . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
случайных выборок . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
аналогового преобразования . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения переменного тока . . . . .	107
Пример высокоскоростного	
измерения частоты (периода) . . . . .	107
Высокоскоростная пересылка	
отсчетов по шине GPIB . . . . .	107
Высокоскоростная пересылка	
отсчетов из памяти . . . . .	108
Определение скорости взятия отсчетов . . . . .	109
Сигнал EXTOUT . . . . .	110
Завершение взятия отсчетов . . . . .	112
Завершение взятия группы отсчетов . . . . .	113
Завершение ввода . . . . .	114
Сигнал апертуры . . . . .	114
Запрос на обслуживание . . . . .	114
Команда EXTOUT ONCE . . . . .	115
Математические операции . . . . .	116
Обработка в реальном времени	
и постобработка . . . . .	116
Включение математических операций . . . . .	116
Регистры математических операций . . . . .	117
Null (компенсация уровня нуля) . . . . .	117
SCALE (масштабирование) . . . . .	119
PERC (вычисление процента) . . . . .	120
DB (вычисление в дБ) . . . . .	120
DBM (вычисление в дБм) . . . . .	121
STAT (статистическая обработка) . . . . .	122
PFAIL (допусковый контроль) . . . . .	123
FILTER (фильтрация) . . . . .	124
RMS (среднее квадратическое значение) . . . . .	125
Измерение температуры . . . . .	125

<b>Раздел 5 Дискретизация</b>	<b>Раздел 6 Справочник команд</b>
Введение ..... 129	Страницы 149 -258
Методы дискретизации ..... 129	
Частота дискретизации ..... 131	
Запуск по уровню ..... 132	
Примеры запуска по уровню ..... 132	
Фильтрация по уровню ..... 134	
Дискретизация методом измерения	
напряжения постоянного тока ..... 134	
Замечания по дискретизации методом	
измерения напряжения	
постоянного тока ..... 135	
Пример дискретизации методом	
измерения напряжения	
постоянного тока ..... 136	
Прямая дискретизация ..... 137	
Замечания по методу прямой	
дискретизации ..... 138	
Пример прямой дискретизации ..... 139	
Субдискретизация ..... 139	
Принцип субдискретизации ..... 140	
Событие источника синхронизации .. 141	
Замечания по методу	
субдискретизации ..... 143	
Пересылка выборок в память ..... 144	
Пересылка выборок в контроллер ..... 144	
Просмотр оцифрованных данных ..... 146	
	<b>Раздел 7 Язык программирования BASIC</b>
	Страницы 259 - 280
	<b>Приложение А Технические характеристики</b>
	Введение ..... 283
	Напряжение постоянного тока ..... 284
	Сопротивление ..... 285
	Постоянный ток ..... 287
	Напряжение переменного тока ..... 288
	Переменный ток ..... 293
	Частота и период ..... 294
	Технические характеристики
	дискретизации ..... 295
	Системные технические
	характеристики ..... 297
	Отношение ..... 298
	Математические операции ..... 298
	Общие технические характеристики ... 299
	<b>Приложение В Команды GPIB</b>
	Страницы 301 - 308

<b>Приложение С</b>	<b>Процедура блокировки переключателей клемм передней/задней панели и защитного экрана</b>			
Введение . . . . .	311	Введение . . . . .	349	
Необходимые инструменты . . . . .	311	Быстродействие с высокой разрешающей способностью . . . . .	349	
Процедура установки комплекта блокировки . . . . .	311	Дискретизация аналоговых сигналов . . . . .	350	
Снятие крышек прибора . . . . .	312	Исключение влияния наложения частот . . . . .	350	
Удаление тяги переключателя защитного экрана . . . . .	314	Выбор одного из двух измерительных трактов . . . . .	351	
Удаление тяги переключателя клемм передней/задней панели . . . . .	314	Использование тракта измерения напряжения постоянного тока для прямой дискретизации . . . . .	351	
Установка колпачков над отверстиями для переключателей . . . . .	316	Использование тракта со схемой выборки хранения для прямой дискретизации и субдискретизации . . . . .	352	
Установка крышек . . . . .	318	Захват данных . . . . .	352	
<b>Приложение D</b>	<b>Оптимизация производительности и скорости взятия отсчетов</b>		Высокоскоростная пересылка данных . . . . .	355
Страницы 319 - 338		Библиотека Wave Form Analysis . . . . .	355	
		Стартер главной программы . . . . .	357	
		Погрешности измерения . . . . .	358	
		Амплитудные погрешности . . . . .	359	
		Погрешности запуска и временной базы . . . . .	361	



# **Раздел 1**

# **Установка и обслуживание**

Введение .....	15
Предварительный осмотр .....	15
Варианты комплектации	
и принадлежности .....	16
Установка мультиметра .....	17
Требования к заземлению .....	17
Требования к напряжению	
сети питания .....	17
Установка переключателей	
напряжения сети питания .....	18
Установка сетевого предохранителя ..	18
Сетевые шнуры .....	18
Подключение кабеля GPIB .....	19
Адрес GPIB .....	20
Установка мультиметра .....	20
Проверка правильности установки ..	21
Обслуживание .....	21
Замена сетевого предохранителя .....	21
Замена предохранителя токовой	
защиты .....	21
Ремонт .....	22
Серийный номер .....	22
Инструкция по транспортированию ..	22



## Введение

Данный раздел содержит сведения о предварительном осмотре прибора, его установке и обслуживании. В разделе также приводится перечень вариантов комплектации и принадлежностей. Данный раздел полезно прочитать перед выполнением любых электрических подсоединений к мультиметру.

## Предварительный осмотр

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

**В случае обнаружения или прогнозирования хотя бы одного из указанных ниже признаков следует направить мультиметр на техническое обслуживание.**

1. Наличие видимых повреждений.
2. Серьезные воздействия в процессе транспортировки.
3. Хранение в течение длительного времени при неблагоприятных условиях.
4. Отказ при выполнении мультиметром предписанных ему видов измерений или функций.

**Не использовать мультиметр до тех пор, пока безопасность работы с ним не будет проверена специально подготовленным персоналом по техническому обслуживанию.**

Мультиметр был тщательно проверен перед выпуском с завода-изготовителя. При получении он должен быть без видимых повреждений и в нормальном рабочем состоянии. Если транспортная тара или амортизирующие прокладки разрушены, следует сохранить их до тех пор, пока содержимое упаковки не будет проверено, а мультиметр не будет протестирован. После распаковки мультиметра проверить наличие следующих изделий, которые включены в комплект поставки в дополнение к руководству по эксплуатации:

- Краткое справочное руководство (1 шт.)
- Руководство по калибровке прибора (1 шт.)
- Сетевой шнур (1 шт.)
- Запасные предохранители:
  - 500 mA T (1 шт. - для сети напряжением 220/240 В);  
1,5A NTD (1 шт. - для сети напряжением 100/120В)
- Трафарет для клавиатуры (2 шт.)
- Защитные колпачки для блокировок переключателей (2 шт.)

При обнаружении повреждений мультиметра или принадлежностей, а также некомплекта следует немедленно уведомить об этом ближайшее торговое представительство компании Agilent Technologies.

# Варианты комплектации и принадлежности

В таблице 1 приведены доступные варианты комплектации, а в таблице 2 - доступные принадлежности для мультиметра.

Таблица 1 - Доступные варианты комплектации

Наименование	Номер варианта	Кодовый номер для модификации в условиях пользователя
Расширенная память отсчетов (может быть расширена до 148 Кбайт)	001	03458-87901
Высокостабильный источник опорного напряжения ( $4 \times 10^{-6}$ за год)	002	03458-80002
Библиотека для анализа формы сигналов	005	03458-80005
Набор ручек для передней панели	907	5061-9688
Комплект фланцев для крепления в стойке	908	5061-9674
Комплект фланцев для крепления в стойке (с ручками)	909	5061-9675
Дополнительные 2 года гарантийного обслуживания		
Поддержка аппаратной части	W30	

Таблица 2 - Доступные принадлежности

Наименование	Модель или кодовый номер
Дополнительные руководство по эксплуатации, краткое справочное руководство и руководство по калибровке	03458-90000
Дополнительное краткое справочное руководство	03458-9005
Дополнительное руководство по калибровке	03458-90015
Дополнительный трафарет для клавиш пользователя	03458-84303
Защитный колпачок для блокировки переключателя (1 шт.)	03458-44103
Кабель GPIB (1 метр)	10833A
Кабель GPIB (2 метра)	10833B
Кабель GPIB (4 метра)	10833C
Кабель GPIB (0,5 метра)	10833D
Комплект измерительных проводников	34118A
Пара измерительных проводников с малой термоэдс (клеммный наконечник - клеммный наконечник), 0,9 м	11053A
Пара измерительных проводников с малой термоэдс (клеммный наконечник - вилка Banana), 0,9 м	11174A
Пара измерительных проводников с малой термоэдс (вилка Banana - вилка Banana), 0,9 м	11058A
Пробник детектирования ВЧ сигналов (среднеквадратический детектор)	34301A
Высоковольтный пробник для измерения напряжения постоянного/переменного тока до 40 кВ	34300A
Высоковольтный пробник для измерения напряжения постоянного/переменного тока до 5 кВ (для напряжения переменного тока частотой до 1 МГц)	34119A
Токовые клещи для измерения постоянного/переменного тока	34302A
Набор кельвиновского пробника (4 проводника длиной 1 м каждый)	11059A
Набор кельвиновских зажимов (2 зажима в комплекте)	11062A
Температурный пробник	34303A
Термистор 2252 Ома	40653A
Термистор 5 кОм	40653B
Термистор 10 кОм	40653C
Пробник на основе терморезистора 100 Ом из нержавеющей стали, $\alpha$ (TKC) = 0,00385	40654A
Терморезистор 100 Ом для поверхностного монтажа, $\alpha$ (TKC) = 0,00385	40654B

# Установка мультиметра

В данном подразделе рассматриваются требования к заземлению и питанию мультиметра, а также содержатся инструкции по его установке (в Приложении С содержатся инструкции по установке защитных колпачков для блокировки переключателей). Задняя панель прибора показана на рисунке 1. В данном подразделе также описана большая часть переключателей и соединителей, расположенныхных на задней панели мультиметра.

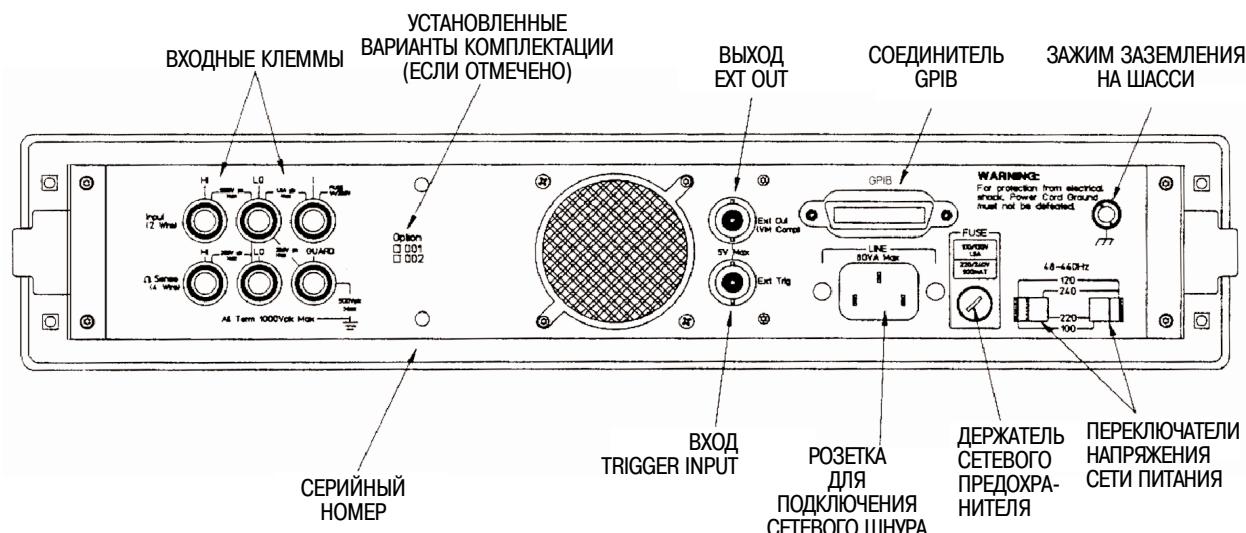


Рисунок 1 - Задняя панель

## Требования к заземлению

Мультиметр поставляется с трехпроводным сетевым шнуром (см. рисунок 3). Сетевой шнур должен быть подключен к соответствующей трехконтактной сетевой розетке, имеющей контакт заземления, соединенный с электрической землей (защитное заземление). Розетка для подключения сетевого шнура и сетевой шнур мультиметра соответствуют стандартам по технике безопасности Международной Электротехнической Комиссии (IEC).

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Для защиты от поражения электрическим током проводник заземления сетевого шнура должен быть в исправном состоянии.

## Требования к напряжению сети питания

Мультиметр может работать от однофазного источника сети питания напряжением 100 В, 120 В, 220 В или 240 В переменного тока (все указано в СКЗ) частотой от 48 до 440 Гц. Напряжения сети питания может меняться в пределах  $\pm 10\%$ , но не должно превышать 250 В СКЗ. Максимальная потребляемая мощность составляет 80 ВА. Номинальные значения питающего напряжения и соответствующие пределы приведены в таблице 3.

## Внимание

Возможно повреждение мультиметра. До соединения мультиметра с источником питающего напряжения проверить положение переключателей напряжения сети питания. Значение на переключателе должно соответствовать питающему напряжению. Кроме того, должен быть установлен соответствующий предохранитель. Эта тема подробно обсуждается в следующих подразделах.

Таблица 3 - Пределы напряжения сети питания

Номинальное значение напряжения переменного тока (СКЗ)	Предельные значения (СКЗ)
100 В	от 90 В до 110 В
120 В	от 108 В до 132 В
220 В	от 198 В до 242 В
240 В	от 216 В до 250 В

## Установка переключателей напряжения сети питания

При отправке с завода-изготовителя напряжение сети питания устанавливается на величину, принятую в стране покупателя. Если это не так, установку напряжения следует изменить, используя следующую процедуру:

- Перед изменением положения переключателей напряжения сети питания отключить сетевой шнур мультиметра от сети.
- С помощью небольшой плоской отвертки передвинуть переключатели в соответствующее положение, как показано на рисунке 2.
- Вставить предохранитель нужного номинала, как описано в следующем подразделе.

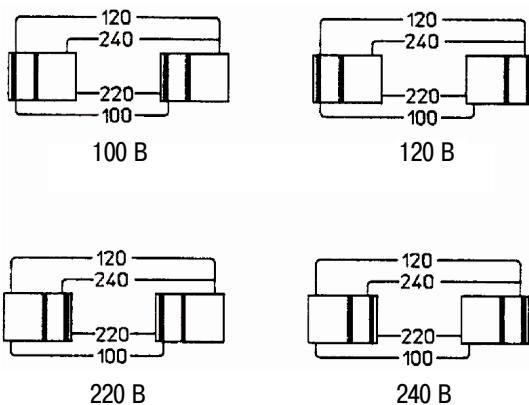


Рисунок 2 - Положения переключателей напряжения сети питания переменного тока

## Установка сетевого предохранителя

Сетевой предохранитель должен соответствовать выбранному напряжению питания. Установить для напряжения 100 В или 120 В предохранитель на 1,5 А, для напряжений 220 В и 240 В - на 500 мА.

Держатель предохранителя расположен справа на задней панели прибора. Перед установкой предохранителя убедиться, что сетевой шнур отсоединен. Вставить один конец предохранителя в капсюль держателя. Вставить капсюль в держатель предохранителя. С помощью небольшой плоской отвертки нажать на капсюль предохранителя и повернуть его по часовой стрелке.

## Сетевые шнуры

На рисунке 3 показаны различные типы сетевых шнуров и их кодовые номера. Если полученный сетевой шнур не соответствует стандартам страны покупателя, для его замены следует обратиться в местное торговое представительство компании Agilent.

### Сетевые вилки



Страна	Кодовый номер	Вариант комплектации	Напряжение
Австрия	8120-1369	901	250 В, 6А
Дания	8120-2956	912	259 В, 6А
Европа	8120-1689	902	250 В, 6А
Великобритания	8120-1351	900	250 В, 6А
Швейцария	8120-2104	906	250 В, 6А
США	8120-1378	903	120 В, 10 А
США	8120-0698	904	240 В, 10 А

Поставляемые компанией Agilent сетевые шнуры имеют полярности, соответствующие входной розетке прибора.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** вилки показаны со стороны контактов. Форма опрессованной вилки может меняться в пределах страны.

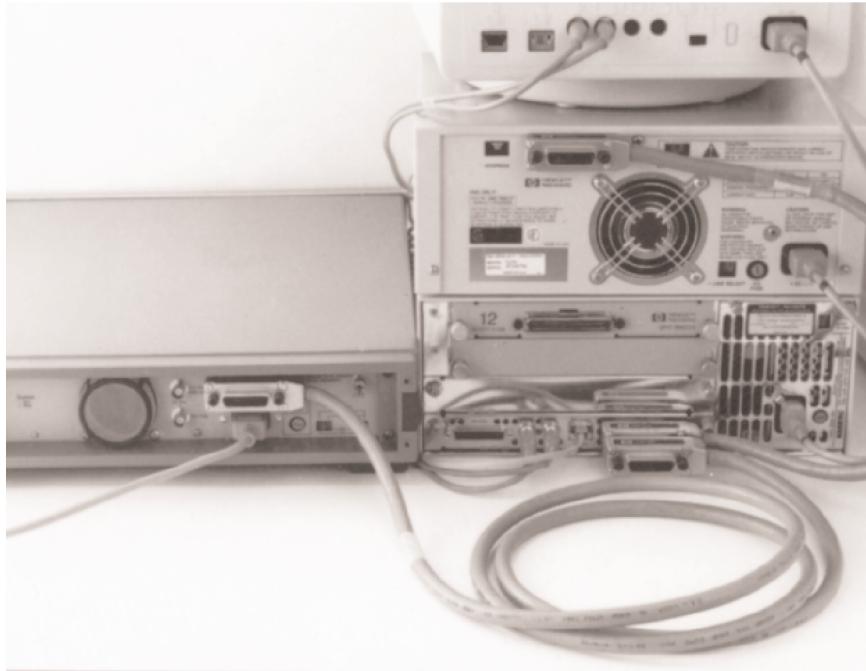
\* Канадской ассоциацией стандартов (CSA) сертифицированы только эти сетевые шнуры.

**Рисунок 3 - Сетевые шнуры**

### Подключение кабеля GPIB

Подсоединить кабель GPIB<sup>1</sup> к 24-контактному соединителю, расположенному на задней панели мультиметра. Затянуть пальцами два винта на кабельном соединителе. На рисунке 4 показано типовое соединение между мультиметром и контроллером.

1. GPIB (General Purpose Interface Bus) является реализацией стандарта IEEE Standard 488-1978 и ANSI MC 1.1.



**Рисунок 4 - Типичное соединение шины GPIB**

К одной шине GPIB можно подключить до 15 приборов. На каждом конце кабеля имеются соединители типа вилка/розетка, поэтому соединители нескольких кабелей могут быть непосредственно соединены вместе. Общая длина кабелей шины GPIB *не должна превышать 20 метров (65 футов)*, или произведения 2 метров на число подключенных устройств, в зависимости от того, что меньше.

### **Адрес GPIB**

Адрес GPIB можно изменить, используя команду ADDRESS. Описание процедуры изменения адреса приведено в подразделе “Изменение адреса GPIB” раздела 2. При отгрузке мультиметра с завода-изготовителя адрес GPIB устанавливается на десятичное значение 22. Соответствующие значения кода ASCII адреса на прием равно 6, и адреса на передачу - V.

---

### **Примечание**

Примеры, приведенные в данном руководстве, написаны для компьютеров серии HP 200/300 на языке BASIC. В примерах принято, что интерфейс GPIB имеет код доступа 7, а адрес устройства - 22. Результирующий адрес GPIB соответствует значению 722.

---

### **Установка мультиметра**

На заводе-изготовителе мультиметр оснащается четырьмя ножками, что позволяет использовать его как настольный прибор. На передних ножках имеются две подставки, позволяющие приподнять переднюю панель мультиметра. Мультиметр монтируется в стандартную 19-дюймовую стойку с помощью дополнительно поставляемых монтажных комплектов, указанных в таблице 1.

## **Проверка правильности установки**

Приведенная программа предназначена для проверки работоспособности мультиметра и его возможности сообщаться с контроллером по шине GPIB.

```
10 PRINTER IS 1
20 OUTPUT 722; "ID? "
30 ENTER 722; IDENT$
40 PRINT IDENT$
50 END
```

При правильной установке мультиметра на принтере системы будет напечатано сообщение HP 3458A. Если сообщение не напечатано, то следует убедиться, что на прибор подано напряжение питания. Кроме того, проверить правильность соединений шины GPIB, установку адреса интерфейса и адреса мультиметра.

# **Обслуживание**

Данный подраздел содержит сведения по замене предохранителей и порядке обращения за техническим обслуживанием.

## **Замена сетевого предохранителя**

Держатель предохранителя расположен справа на задней панели прибора. Перед заменой предохранителя отсоединить мультиметр от сети питания. Для замены предохранителя нажать с помощью небольшой плоской отвертки на капсюль предохранителя и повернуть его против часовой стрелки. Вынуть капсюль и заменить предохранитель на новый, тип которого указан в таблице 4 (кодовый номер Agilent 2110-0565 соответствует капсюлю серого цвета). Вставить капсюль на место и включить питание.

**Таблица 4. Замена сетевых предохранителей и капсюлей**

Питающее напряжение	Сетевой предохранитель
100 или 120 В переменного тока (номинальное значение)	1,5A NTD кодовый номер 2110-0043
220 или 240 В переменного тока (номинальное значение)	500mA SB кодовый номер 2110-0202

## **Замена предохранителя токовой защиты**

Каждая клемма передней и задней панели с маркировкой I имеет предохранитель токовой защиты. Для доступа к предохранителю отвернуть (против часовой стрелки) головку токовой винтовой клеммы до полной остановки. Нажать на головку и вращать ее по часовой стрелке. Теперь узел клемма/предохранитель можно полностью вынуть, как показано на рисунке 5. В случае замены следует использовать предохранитель типа 1A 250V NTD (кодовый номер 2110-0001). ВНИМАНИЕ: никогда не использовать плавкий предохранитель с замедленным срабатыванием в качестве предохранителя токовой защиты. Результатом будет выход мультиметра из строя. Вернуть на место узел клемма/предохранитель нажатием на клемму и вращением ее против часовой стрелки до тех пор, пока узел не зафиксируется в гнезде.

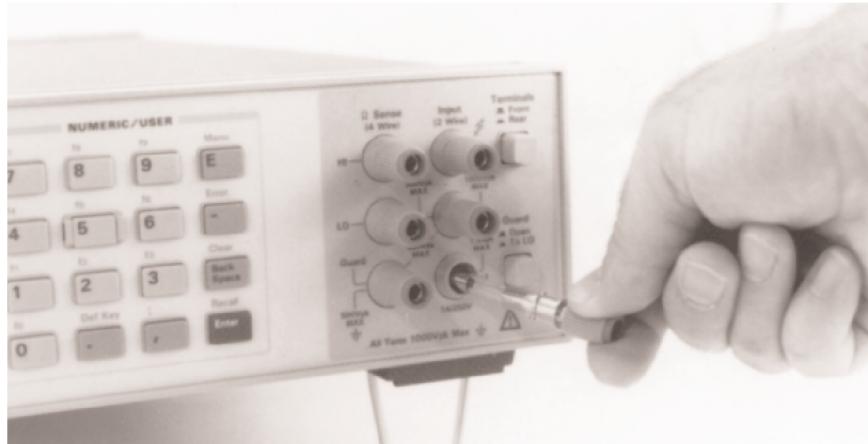


Рисунок 5 - Узел токовой клеммы/предохранителя

## Ремонт

Пользователь всегда может отремонтировать мультиметр в сервисном центре компании Agilent Technologies, независимо от того, находится он под гарантией или нет. Прежде чем вернуть прибор, следует обратиться в местное торговое представительство компании Agilent для получения инструкций по транспортированию.

## Серийный номер

Приборам компании Agilent присваивается серийный номер, состоящий из двух частей, содержащий десять символов и имеющий следующий вид 0000A00000. Первые четыре цифры одинаковы для всех идентичных изделий. Они изменяются только в том случае, когда в изделие вносится изменение. Буква означает страну происхождения. Буква А означает, что изделие было произведено в США. Последние пять цифр уникальны для каждого прибора. Серийный номер мультиметра расположен справа внизу от входных клемм на задней панели прибора.

## Инструкция по транспортированию

При необходимости отправки мультиметра для предотвращения повреждений при транспортировке убедиться, что мультиметр находится в защитной упаковке (рекомендуется использовать оригинальные упаковку и амортизационные материалы). Устранение повреждений при транспортировке, связанных с неправильной упаковкой мультиметра, не входит в состав гарантийных обязательств. Для идентификации владельца прикрепить к контейнеру бирку, где указать вид необходимого обслуживания или ремонта. Добавить модель и серийный номер мультиметра. Отправляемый груз рекомендуется застраховать.

Введение . . . . .	25
Проверка перед включением питания . . . . .	25
Включение питания . . . . .	25
Самотестирование при включении	
питания . . . . .	25
Состояние при включении питания . . . . .	25
Индикатор . . . . .	26
Управление с передней панели . . . . .	27
Проведение измерений . . . . .	28
Переключение измерительных функций . . . . .	28
Автоматическое и ручное	
переключение пределов . . . . .	29
Фиксация предела . . . . .	29
Ручное переключение пределов . . . . .	30
Самотестирование . . . . .	30
Считывание регистра ошибок . . . . .	31
Установка мультиметра в исходное	
состояние . . . . .	32
Использование клавиш	
конфигурирования . . . . .	32
Выбор параметра . . . . .	33
Значения по умолчанию . . . . .	34
Числовые параметры . . . . .	34
Экспоненциальное выражение	
числовых параметров . . . . .	35
Команды с несколькими параметрами . . . . .	35
Использование клавиш группы МЕНЮ . . . . .	36
Команды запросов . . . . .	37
Стандартные запросы . . . . .	37
Дополнительные запросы . . . . .	37
Управление индикатором . . . . .	37
Очистка индикатора . . . . .	37
Редактирование отображаемых	
данных . . . . .	38
Просмотр длинных записей . . . . .	38
Отображение дополнительной	
информации . . . . .	39
Число разрядов индикации . . . . .	39
Повторный вызов . . . . .	39
Клавиши, определяемые пользователем . . . . .	40
Установка трафарета на клавиатуру . . . . .	41
Работа при дистанционном управлении . . . . .	42
Операторы ввода/вывода . . . . .	42
Считывание адреса GPIB . . . . .	42
Изменение адреса GPIB . . . . .	43
Посылка команды дистанционного	
управления . . . . .	43
Получение данных от мультиметра . . . . .	43
Клавиша Local (возврат к режиму	
местного управления) . . . . .	44



## Раздел 2

# Краткое руководство по по эксплуатации

---

## Введение

Данный раздел предназначен для начального ознакомления с прибором. В нем приведено описание работы с передней панелью, передача команд и считывание данных в режиме дистанционного управления. В разделе обсуждается управление мультиметром с передней панели, здесь рассматривается большинство вопросов, касающихся состояния прибора при включении питания, сигнализаторов, различных способов выбора и ввода параметров, а также выполнения простейшего измерения напряжения постоянного тока. Поэтому этот раздел необходимо прочитать полностью, даже если предполагается использовать мультиметр в основном в режиме дистанционного управления.

## Проверка перед включением питания

- Необходимо проверить, что переключатели напряжения сети питания на задней панели мультиметра установлены в соответствии с используемым значением напряжения сети.
- Убедиться, что установлен нужный сетевой предохранитель.

При возникновении любых вопросов, касающихся установки мультиметра или требований к напряжению сети питания, необходимо обратиться к разделу 1.

## Включение питания

Включение мультиметра осуществляется нажатием выключателя сети питания **Power** (питание), расположенной на передней панели прибора. Если признаки включения мультиметра отсутствуют, необходимо убедиться, что мультиметр подсоединен к сети питания. Если напряжение сети питания в норме, то при отсоединенном сетевом шнуре проверить сетевой предохранитель и установку переключателей напряжения сети питания.

### Самотестирование при включении питания

При включении питания мультиметр выполняет ограниченное самотестирование. Ограниченностю состоит в том, что производится проверка функционирования мультиметра без проверки точности выполнения измерений.

### Состояние при включении питания

После самотестирования при включении питания мультиметр выдает однократный тональный сигнал, устанавливает режим автоматического запуска, автоматически выбирает предел измерения и выполняет измерение напряжения постоянного тока. Кроме того, для многих своих внутренних переменных мультиметр устанавливает предопределенные включением питания значения, совокупность которых называется состоянием при включении питания. Команды, с помощью которых можно изменять внутренние переменные, и значения переменных при включении питания приведены в таблице 5.

**Таблица 5 - Состояние при включении питания**

Команда	Описание
ACBAND 20, 2E6	Диапазон частоты переменного тока от 20 Гц до 2 МГц
AZERO ON	Автокоррекция нуля включена
DCV AUTO	Измерение напряжения постоянного тока, автоматическое переключение пределов
DEFEAT OFF	Алгоритм защиты от перенапряжения выключен
DELAY -1	Значение задержки по умолчанию
DISP ON	Индикатор включен
EMASK 32767	Все условия ошибок разрешены
END OFF	Функция EOI интерфейса GPIB запрещена
EXTOUT ICOMP, NEG	Ввод завершен, сигнал на EXTOUT, отрицательный импульс
FIXEDZ OFF	Фиксация входного сопротивления запрещена
FSOURCE ACV	Источник для измерения частоты и периода - напряжение переменного тока
INBUF OFF	Входной буфер запрещен
LEVEL 0, AC	Запуск по уровню 0%, закрытый ход
LFILTER OFF	Фильтр уровня выключен
LFREQ 50 или 60	Измеренная частота питающего напряжения округляется до 50 или 60 Гц
LOCK OFF	Клавиатура мультиметра включена
MATH OFF	Математические операции в реальном времени запрещены
MEM OFF	Память отсчетов запрещена (последний режим работы - FIFO)
MFORMAT SREAL	Формат запоминания отсчетов в памяти: с плавающей точкой, одинарной точности
MMATH OFF	Операции математической постобработки запрещены
NDIG 7	Число разрядов индикации - 7,5 десятичных разрядов
NPLC 10	Время интегрирования - 10 периодов частоты сети питания
NRDGS 1, AUTO	1 отсчет на запуск, событие запуска - автозапуск
OCOMP OFF	Компенсация смещения при измерении сопротивлений запрещена
OFORMAT ASCII	Формат вывода - ASCII
QFORMAT NORM	Формат запроса - Norm
RATIO OFF	Измерение отношений выключено
RQS 0 (или 8)	0 означает, что все условия регистра статуса выключены (если условие Power-On SRQ было включено при выключении питания, значение регистра статуса = 8)
SETACV ANA	Метод измерения среднеквадратического значения напряжения переменного тока - аналоговое преобразование
SLOPE POS	Положительный склон при запуске по уровню
SSRC LEVEL, AUTO	Синхронизация по уровню входного сигнала, автоматическая смена метода измерения при исчезновении входного сигнала.
SWEET IOOE-9, 1024	Интервал между выборками 100 нс, 1024 выборки
TARM AUTO	Событие подготовки запуска установлено на Auto
TBUFF OFF	Буфер сигналов внешнего запуска запрещен
TIMER 1	Таймер установлен на интервал 1 с
TRIG AUTO	Событие запуска установлено на Auto

**Все математические регистры устанавливаются на нулевые значения, за исключением:**

DEGREE = 20 REF = 1 SCALE = 1 RES = 50 PERC = 1

## Индикатор

При включенном питании мультиметра состояние индикатора непрерывно обновляется при каждом новом отсчете напряжения постоянного тока. Вдоль нижнего края индикатора расположен ряд световых сигнализаторов. Эти сигнализаторы предупреждают оператора о возникновении разнообразных ситуаций. Например, мигание светового сигнализатора **SMPL** происходит по завершении каждого отсчета. В таблице 6 приводится назначение каждого светового сигнализатора.

**Таблица 6 - Сигнализаторы**

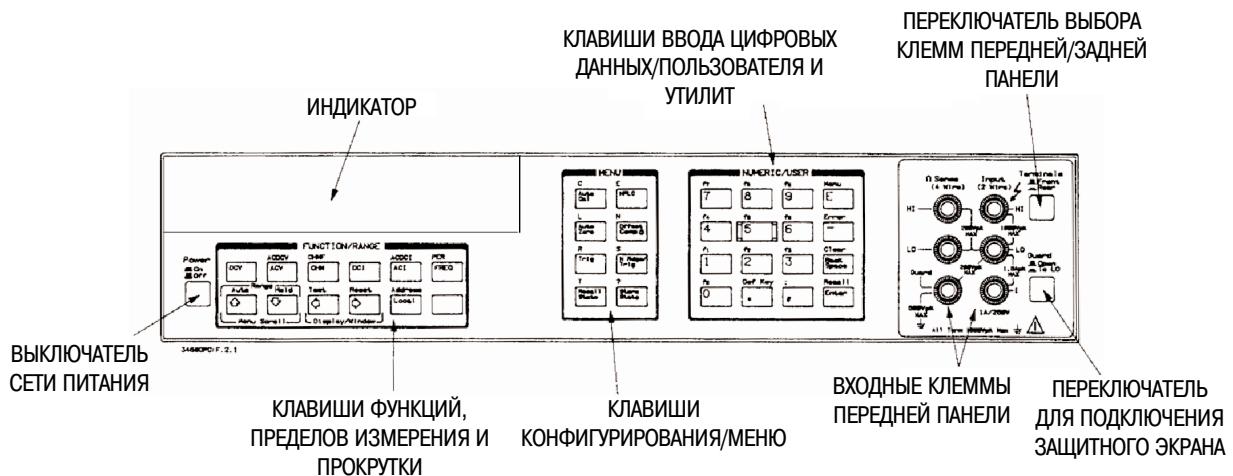
Сигнализатор	Описание
SMPL	Мигает при завершении каждого отсчета
REM	Мультиметр находится в режиме дистанционного управления от GPIB
SRQ	Мультиметр установил сигнал запроса на обслуживание (SRQ) на шине GPIB
TALK	Мультиметр адресован на передачу по шине GPIB
LSTN	Мультиметр адресован на прием по шине GPIB
AZERO OFF	Запрет коррекции нуля
MRNG	Запрет автоматического переключения пределов (мультиметр использует фиксированный предел)
MATH	Разрешены одна или две математических операции обработки результатов измерений либо в режиме реального времени, либо после завершения измерений
ERR	Обнаружена ошибка
SHIFT	Нажата клавиша SHIFT (переключение на другой регистр клавиатуры)
MORE INFO	Доступ к дополнительной информации, касающейся установленной конфигурации (для просмотра информации используется клавиша с правой стрелкой)

**Примечание**

Включение светового сигнализатора **ERR** означает, что была обнаружена ошибка либо в течение самотестирования, выполняемого прибором при включении питания, либо после него. Процедура распознавания типа ошибки описана ниже в подразделе “Считывание регистра ошибок”.

## Управление с передней панели

В данном подразделе показано, как проводить простейшие измерения напряжения постоянного тока и пользоваться различными клавишами передней панели. Описываются функции мультиметра, наиболее важные при управлении с передней панели. На рисунке 6 показан внешний вид передней панели.



**Рисунок 6 - Передняя панель**

## Проведение измерений

При включении питания устанавливаются режимы измерения напряжения постоянного тока, автоматического запуска и автоматического переключения пределов. В этом состоянии измерение напряжения постоянного тока можно выполнить просто подачей напряжения на входные клеммы так, как это показано на рисунке 7. Такое соединение подходит и для измерения напряжений переменного тока, измерения сопротивлений по 2-проводной схеме, измерения суммы постоянного и переменного напряжения, дискретизации и измерения частоты или периода источника входного напряжения. Сведения, касающиеся предельных значений входных напряжения и тока мультиметра, приведены в разделе 3.

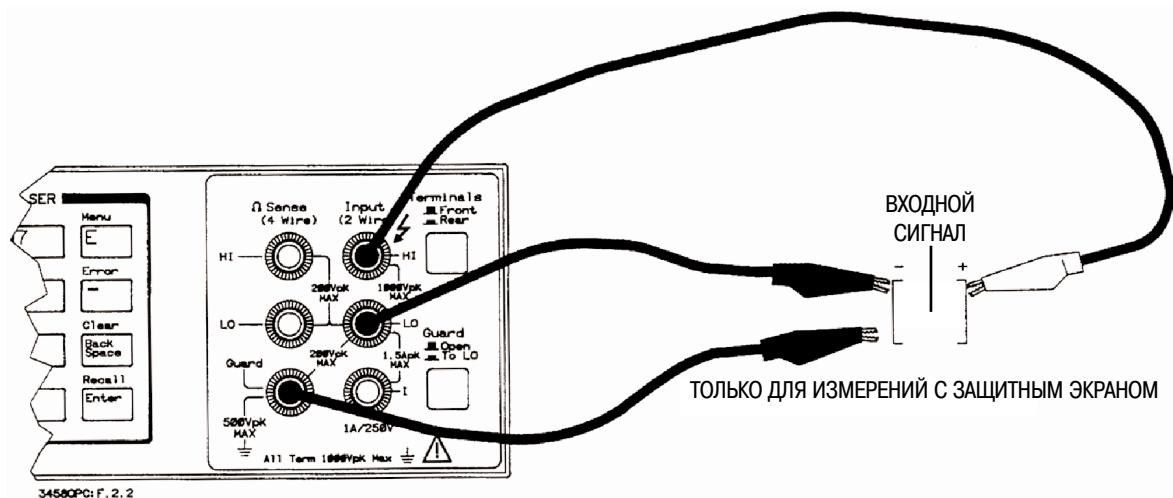


Рисунок 7 - Стандартные 2-проводные измерения  
(с защитным экраном)

## Переключение измерительных функций

Ряд клавиш **FUNCTION**, расположенных непосредственно под индикатором, предназначен для выбора стандартных функций. В таблице 7 показаны измерительные функции, выбираемые каждой из клавиш группы **FUNCTION**.

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержимое этого руководства не может быть скопировано, загружено, воспроизведено, опубликовано, или по частям без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство Agilent Technologies: Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

**Таблица 7 - Клавиши функций**

Клавиши	Описание
DCV	Измерение напряжения постоянного тока
ACV	Измерение напряжения переменного тока
ОHM	Измерение сопротивления по 2-проводной схеме
DCI	Измерение постоянного тока
ACI	Измерение переменного тока
FREQ	Измерение частоты
ACDCV ACV	Измерение суммы напряжений постоянного и переменного тока
ОHMF ОHM	Измерение сопротивления по 4-проводной схеме
ACDCI ACI	Измерение суммы постоянного и переменного тока
PER FREQ	Измерение периода

В дополнение к функциям, выбираемым клавишами функций (**FUNCTION**), мультиметр может выполнять цифровое преобразование полных или прореженных выборок, выполнять измерение отношений, измерения напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока с использованием синхронного или случайного методов измерений. Все эти функции могут быть выбраны с передней панели по соответствующей команде при использовании алфавитных клавиш меню. Эти клавиши рассмотрены ниже в подразделе “Использование клавиши группы **MENU**”. Для получения дополнительной информации, касающейся какой-либо измерительной функции или метода, следует обратиться к разделу 1.

### **Автоматическое и ручное переключение пределов**

При включении питания автоматически устанавливается соответствующий предел измерения. Эта процедура называется автоматическим переключением пределов измерений, и для большинства случаев можно продолжать использование этой установки. Кроме того, в приборе имеются еще две дополнительные функции работы с пределами: фиксация предела и ручное переключение пределов.

#### **Фиксация предела**

Нажатие этой клавиши позволяет отключить автоматическое переключение пределов. Для фиксации предела необходимо установить автоматическое переключение пределов, а затем нажать клавиши:



#### **Примечание**

При нажатии на голубую клавишу Shift загорается световой сигнализатор **SHIFT**. Функции другого регистра клавиатуры надписаны над клавишами голубым цветом.

Если автоматический переключение пределов не используется, то загорается сигнализатор **MRNG** (ручное переключение пределов).

## Ручное переключение пределов

Вторая функция позволяет устанавливать предел измерения вручную. Когда мультиметр находится в режиме измерения (это означает, что мультиметр выполняет измерения и индицирует результаты, либо индикатор показывает **OVL** - перегрузку), нажатием на клавиши со стрелками вверх или вниз можно изменить предел измерения. Для перехода к верхнему пределу нужно нажать клавишу:



При повторных нажатиях на клавишу со стрелкой вверх выполняется продвижение в направлении самого верхнего предела. После его достижения, нажатие на клавишу со стрелкой вверх не дает дальнейшего изменения. Для перехода к более низкому пределу нажать клавиши:



При повторных нажатиях на клавишу со стрелкой вниз выполняется продвижение в направлении самого нижнего предела. После его достижения нажатие на клавишу со стрелкой вниз не дает дальнейшего изменения. Для возврата к режиму автоматического переключения пределов измерения необходимо нажать клавиши:



## Самотестирование

При включении питания мультиметр выполняет ограниченное самотестирование. Чтобы перед проведением измерений иметь большую уверенность в работоспособности мультиметра, следует выполнить полное самотестирование мультиметра. При этом самотестировании производится выполнение серии тестов, проверяющих как работоспособность, так и точность мультиметра.

### Примечание

Перед выполнением самотестирования следует отключить все сигналы от входных клемм прибора. В противном случае возможно появление ошибки выполнения самотестирования.

Самотестирование выполняется в течение 50 с. Для запуска самотестирования нужно нажать клавиши:



При безошибочном выполнении самотестирования на индикаторе появляется сообщение:

**SELFTEST PASSED**

При безошибочном выполнении самотестирования существует высокая степень уверенности в том, что мультиметр работоспособен. Если предположить выполнение качественной калибровки и автокалибровки, то одновременно можно быть уверенным и в том, что результаты измерений будут точными.

Если какой-либо из тестов не прошел, загорается сигнализатор **ERR**, а на индикаторе появляется следующее сообщение:

# SELFTEST FAILED

Если самотестирование не прошло, это означает, что обнаружена одна или несколько ошибок. Информация о возможных ошибках содержится в следующим подразделе “Считывание регистра ошибок”.

## Считывание регистра ошибок

Включение светового сигнализатора **ERR** означает обнаружение в приборе одной или нескольких ошибок. Запоминание ошибок, вызванных неисправностями в аппаратной части прибора, происходит во вспомогательном регистре ошибок. Ошибки программирования прибора и синтаксические ошибки запоминаются в регистре ошибок. Чтобы считать запись (записи) об ошибках, необходимо нажать клавиши:



На индикатор выводится ошибка с наименьшим номером и описание ошибки. Ниже приведен пример сообщения об ошибке.

**209, "HARDWARE FAILURE-INTERNAL OVERLOAD: 101"**

Для просмотра полного сообщения используется клавиша с правой стрелкой. Если сообщение об ошибке имеет префикс с числовым значением из ряда 100 (например, 105), то это означает ошибку программирования, либо синтаксиса. Префикс с числовым значением из ряда 200 означает ошибку в аппаратных средствах.

### Примечание

При обнаружении ошибки в аппаратных средствах прибора (префикс из ряда 200) необходимо перезапустить тестирование. Если оно постоянно будет выдавать ошибку, это означает, что мультиметру, возможно, необходим ремонт.

Если сигнализатор **ERR** продолжает светиться, это означает, что считаны не все ошибки. Повторять указанную выше последовательность нажатия клавиш, пока не будут считаны все ошибки, и сигнализатор **ERR** не погаснет. После считывания всех ошибок сигнализатор **ERR** выключается. Если затем снова попытаться считать ошибку, на индикаторе появится сообщение:

**0, NO "ERROR!"**

Ошибки выявляются не только при самотестировании. Мультиметр обнаруживает ошибки в процессе ввода данных, при переключении функций или пределов измерений и так далее. Каждый раз при обнаружении ошибки мультиметр выдает звуковой сигнал.

Для сброса информации на индикаторе (например, удаления описания ошибки) и возврата к отображению результатов измерений нажать клавиши:



### Примечание

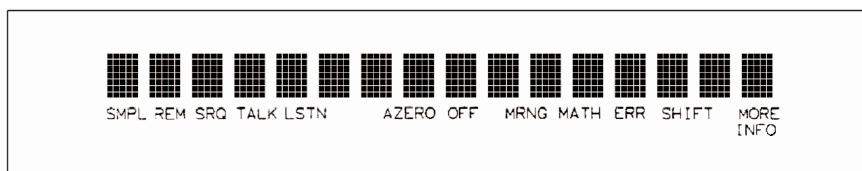
Очистить индикатор можно также многократным нажатием клавиши **Back Space** (возврат на позицию со стиранием).

## **Установка мультиметра в исходное состояние**

Во время работы может потребоваться вернуть мультиметр в состояние, которое устанавливается при включении питания. Клавиша **Reset** на передней панели позволяет вернуть мультиметр в исходное состояние, устанавливаемое при включении питания, без цикла выключения-включения питания мультиметра. Для этого нажать клавиши:



Мультиметр начинает процесс установки исходного состояния с выполнения теста индикатора, который включают все элементы индикатора, в том числе сигнализаторы, как показано на рисунке 8. (Если удерживать клавишу **Reset** в нажатом состоянии, мультиметр будет непрерывно выполнять тест индикатора).



**Рисунок 8 - Тест индикатора**

### **Внимание**

При нажатии клавиши **Reset**, расположенной на верхнем регистре клавиатуры, выполняется последовательность действий при включении питания, которая имеет тот же эффект, что и выключение/включение питания прибора. При этом стираются все запомненные отсчеты и установленные подпрограммы, а в регистре статуса устанавливается разряд Power-On SRQ (запрос на обслуживание при включении питания) (эти функции описаны ниже в данном руководстве). Далее производится сброс опорной частоты аналого-цифрового преобразователя и выполняется процедура самотестирования при включении питания. Выполнение команды **RESET**, вызываемой из алфавитного меню команд прибора (с помощью клавиш группы **MENU**), возвращает мультиметр в состояние при включении питания, но при этом не происходит выполнения указанной выше последовательности действий при включении питания. Клавиши группы **MENU** рассмотрены ниже в данном разделе.

## **Использование клавиш конфигурирования**

Клавиши конфигурирования (клавиши нижнего регистра группы **MENU**) обеспечивают быстрый доступ к наиболее часто используемым функциям мультиметра. В таблице 8 приводится описание клавиш и соответствующих команд мультиметра, а также действие, выполняемое каждой командой. Более детально эти функции рассмотрены в разделах 3 и 4.

Таблица 8 - Функции клавиш конфигурирования

Клавиша	Команда	Назначение
	ACAL	Выполнение одной, либо всех подпрограмм автокалибровки. Выполнение всех подпрограмм занимает более 11 минут. Нельзя прерывать выполнение автокалибровки. После запуска автокалибровка должна быть обязательно завершена.
	NPLC	Установка времени интегрирования выраженного в периодах частоты напряжения питающей сети.
	AZERO	Разрешение или запрет функции автокалибровки нуля.
	OCOMP	Разрешение или запрет компенсации смещения при 2- или 4-проводном измерении сопротивления.
	TRIG	Определение события запуска.
	NRDGS	Установка числа отсчетов на событие запуска и выбор события замера.
	RSTATE	Вызов из памяти ранее запомненного состояния.
	SSTATE	Запоминание в памяти текущего состояния мультиметра.

Применение клавиш конфигурирования показано на примере клавиши Trig (запуск). Нажать клавишу:



На индикаторе появится:

**TRIG █**

Это заголовок для команды запуска. Следует обратить внимание на то, что после заголовка мультиметр автоматически помещает пробел.

**Выбор параметра** Для выбора параметра из списка возможных вариантов (нечисловых параметров) следует воспользоваться клавишами со стрелками вверх и вниз. Нажать клавишу:



На индикаторе появляется:

**TRIG LEVEL █** (Запуск по уровню)

Нажать клавишу:



На индикаторе появляется:

TRIG AUTO █

При использовании клавиш со стрелками и достижении последнего варианта параметров в дальнейшем происходит циклический переход на другой конец меню. Предположим, что требуется приостановить запуск. С помощью клавиши со стрелкой вверх или вниз добиться появления на индикаторе следующего сообщения:

TRIG HOLD █ (Приостановка запуска)

Нажать клавишу:



Таким образом событие запуска изменилось с AUTO, устанавливаемом при включении питания, на HOLD (приостановка запуска). Это приводит к тому, что мультиметр прекратит взятие отсчетов. Подробнее вопросы запуска рассмотрены в разделе 4.

<b>Значения по умолчанию</b>	Большинство параметров имеют значения по умолчанию. Значения по умолчанию - это значения, используемые при выполнении команды, но не определенные пользователем. Например, значением по умолчанию для команды Trig (запуск) является SGL (однократный запуск). Нажать на клавишу:
------------------------------	---



TRIG █

Нажать клавишу:



Заметим, что мультиметр, взяв одно показание, остановится. По завершении однократного запуска событием запуска становится HOLD (приостановка), независимо от ранее установленного события запуска. Для установки значения по умолчанию можно ввести –1. Для этого выполнить следующую последовательность нажатия клавиш:



Мультиметр снова выполнит однократное измерение и затем остановится.

<b>Числовые параметры</b>	Некоторые команды используют числовые параметры. Любой числовой параметр является фактическим значением, используемым мультиметром. Для демонстрации числовых параметров следует воспользоваться клавишами конфигурирования NPLC.
---------------------------	---

Нажать клавишу:



На индикаторе появляется сообщение:

**NPLC** ■ (Число периодов сети питания)

Если попытаться воспользоваться клавишами со стрелками вверх или вниз, можно обнаружить, что никаких вариантов выбора параметров не отображается. Это означает, что для этой команды никакого меню не существует, и число должно быть введено пользователем, например, нажатием следующих клавиш:



Для аналого-цифрового преобразователя установится время интегрирования равное одному периоду сети питания. Время интегрирования - это фактическое время в течение которого аналого-цифровой преобразователь измеряет входной сигнал. Подробнее время интегрирования рассмотрено в разделе 3.

#### **Экспоненциальное выражение числовых параметров**

Для ввода числовых параметров можно использовать экспоненциальное выражение. Например, нажатие следующей последовательности клавиш:



позволяет установить время интегрирования равным 0,1 периода питающей сети. Для возврата к значению NPLC = 10 необходимо выполнить сброс мультиметра нажатием клавиш:



#### **Команды с несколькими параметрами**

Многие команды имеют более одного параметра. При вводе эти параметры должны отделяться друг от друга запятыми. В качестве примера команды с несколькими параметрами можно использовать команду NRDGS, в которой используются два параметра. Нажать клавишу:



На индикаторе появится:

**NRDGS** ■

Первым параметром в команде является число, определяющее число выполняемых отсчетов на одно событие запуска. Например, чтобы установить 5 отсчетов на одно событие запуска, необходимо нажать следующие клавиши:



На индикаторе появится:

## NRDGS 5, ■

Второй параметр команды NRDGS определяет событие, которое инициирует каждый отсчет. Поскольку это не числовой параметр, для его определения доступно меню. Для выбора параметра из списка вариантов следует воспользоваться клавишами со стрелками вверх или вниз. Когда на индикаторе появится команда,

## NRDGS 5, AUTO ■

исполнить ее, нажав клавишу:



Таким образом выбрано пять отсчетов на одно событие запуска. Если речь идет, например, о команде однократного запуска (TRIG SGL), мультиметр выполнит пять отсчетов, и затем остановится. Подробное описание команды NRDGS приведено в разделе 4.

### Использование клавиш группы MENU

В дополнение к клавишам конфигурирования в мультиметре имеется алфавитное меню команд, доступ к которому производится с помощью клавиш верхнего регистра группы MENU, которые обозначены как C, E, L, N, R, S и T. Каждая буква соответствует зоне в меню команд, в которую требуется войти. Например, чтобы войти в меню команд для выбора команды, начинающейся с буквы T, нажать следующие клавиши:



На дисплее отображается:

## TARM ■

Теперь можно использовать клавиши прокрутки меню Menu Scroll (клавиши со стрелками вверх или вниз) для продвижения по пунктам меню в алфавитном порядке в прямом (клавиша со стрелкой вниз) или в обратном (клавиша со стрелкой вверх) направлении. Например, если начать с команды TARM, как показано на индикаторе выше, однократное нажатие на клавишу со стрелкой вниз приведет к индикации команды TBUFF, следующей за TARM в алфавитном порядке. Для ускоренного продвижения по меню следует нажать и удерживать одну из клавиш прокрутки. После того, как нужная команда найдена, нажатие клавиши Enter (ввод) вызовет ее немедленное исполнение. В этом случае при выполнении команды используются (если это допустимо) значения параметров по умолчанию. Если необходимо установить значения параметров выполняемой команды, нажать клавишу со стрелкой вправо или клавишу с запятой (или если первым является числовой параметр - одну из цифровых клавиш). Таким образом происходит выбор команды. Установка или выбор параметров команды производится с использованием процедур, описанных выше в этом разделе.

В приборе имеется два вида алфавитных меню: FULL (полное) и SHORT (краткое). Выбор одного из них производится с помощью верхнего регистра клавиш группы Menu. Выбранный вид меню запоминается в энергонезависимой памяти и не теряется при выключении питания. Полное меню (FULL) содержит все типы команд, за исключением команд запросов, которые создаются

присоединением символа “знак вопроса” к команде (например, BEEP, BEEP?). Команды запросов рассматриваются ниже. Из краткого меню (SHORT) исключены: команды, относящиеся к шине GPIB; команды, редко используемые с передней панели и любые команды, для которых на передней панели назначены отдельные клавиши (например, клавиша NPLC или клавиша TRIG).

## Команды запросов

В каталоге алфавитных команд существует ряд команд, оканчивающихся символом “знак вопроса”. Эти команды называются командами запросов, поскольку каждая из них возвращает ответ на указанный запрос. Например, обращение к команде LINE? с последующим нажатием клавиши Enter (ввод) заставляет мультиметр выполнить и индицировать результат измерения частоты сети питания. Для просмотра полного ответа на запрос следует использовать клавишу со стрелкой вправо. Другой пример: обращение к команде TEMP? вызывает индикацию результата измерения внутренней температуры прибора в градусах по шкале Цельсия.

## Стандартные запросы

Полное меню команд (FULL) содержит следующие команды стандартных запросов:

AUXERR?	MCOUNT?
CAL?	MSIZE?
CALNUM?	OPT?
ERR?	REV?
ERRSTR?	SSPARM?
ID?	STB?
ISCALE?	TEMP?
LINE?	

## Дополнительные запросы

В дополнение к перечисленным выше запросам можно создавать собственные запросы добавлением символа “знак вопроса” к любой команде, которая используется для программирования мультиметра. Например, команда AZERO (вызываемая клавишей конфигурирования Auto Zero) разрешает или запрещает функцию автоматической коррекции смещения нуля. Наличие режима автоматической коррекции нуля можно определить добавлением знака вопроса к команде AZERO. Для этого необходимо нажать:



Мультиметр ответит на этот запрос индикацией присутствия режима автоматической коррекции нуля (при включении питания этот режим устанавливается в состояние ON (включен)). Следует заметить, что эта команда выполняется немедленно (не требуется нажимать клавишу Enter (ввод)).

## Примечание

Команда QFORMAT может использоваться, чтобы определить, будет ли ответ содержать числовые, буквенные, либо комбинацию числовых и буквенных символов. См. дополнительную информацию о команде QFORMAT в разделе 6.

## Управление индикатором

Управление индикатором осуществляется с помощью клавиши верхнего регистра Clear (очистка), клавиши Back Space (возврат на позицию), а также клавишами группы Display/Window (клавиши со стрелками влево и вправо).

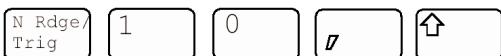
## Очистка индикатора

Для стирания информации с индикатора (например, ответа на запрос) необходимо нажать следующие клавиши:



## Редактирование отображаемых данных

Клавиша **Back Space** (возврат на позицию) предназначена для редактирования командной строки при ее вводе, либо вызове (рассмотрено ниже). Однократное нажатие клавиши **Back Space** полностью стирает алфавитные параметры и заголовки команд. Что касается запятых, пробелов и числовых параметров, то одно нажатие на клавишу **Back Space** стирает только один символ. Например, после нажатия клавиш:



на индикаторе появляется:

NRDGs 10, LINE ■

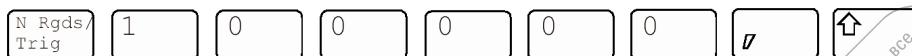
После однократного нажатия клавиши **Back Space** полностью стирается значение второго параметра (LINE). На индикаторе отображается:

MRDGs 10.

Если сейчас еще раз нажать клавишу **Back Space**, то будет стерта запятая. Двукратное нажатие на клавишу позволяет стереть оба числовых символа (10). С этого места можно заново ввести первый параметр с помощью цифровой клавиатуры, а затем второй параметр, пользуясь клавишами группы **Menu Scroll** (прокрутка меню). Нажать клавишу **Enter** для исполнения отредактированной команды.

## Просмотр длинных записей

При вводе команды, содержащей более 16 символов, часть ранее введенных символов сдвигается за левый край индикатора, освобождая место для ввода новых символов. С помощью клавиш со стрелками вправо или влево группы **Display/Window** (индикация/окно) можно просмотреть всю строку, прокручивая ее вправо, либо влево. Клавиши группы **Display/Window** удобно использовать при просмотре длинных строк, такими являются строки сообщений об ошибках, строка сообщения о калибровке (команда CALSTR?), а также названия клавиш, определенных пользователем (рассмотрено ниже). Например, нажать клавиши:



На индикаторе появляется:

DGS 100000, LINE ■■■■■

Первую часть команды можно просмотреть с помощью клавиши со стрелкой влево, в то время как ее остальная часть сдвигается за правый край индикатора. Затем, нажимая клавишу с правой стрелкой, можно просмотреть остальную часть команды. При этом ее начало сдвигается за левую сторону индикатора.

## Примечание

Удобно использовать представление об индикаторе как об окне, которое можно перемещать влево или вправо, нажимая клавиши со стрелками.

## Отображение дополнительной информации

Помимо прокрутки влево или вправо клавиши со стрелками группы **Display/Window** (индикация/окно) используются для просмотра дополнительной информации. Этот режим доступен при включении сигнализатора **MORE INFO**. В качестве примера можно рассмотреть вызов и исполнение команды SETACV RNDM из алфавитного меню команд. Если теперь нажать клавишу передней панели **ACV**, то включится световой индикатор **MORE INFO**. Это означает, что доступно для просмотра гораздо больше информации, чем отображается на индикаторе. Нажать клавишу:



(клавиша со стрелкой вправо)

На индикаторе появится название используемого метода измерения напряжения переменного тока (SETACV RNDM). Для возврата мультиметра в состояние при включении питания нажать следующие клавиши:



## Число разрядов индикации

При отображении отсчетов пользователь может изменять число разрядов индикации. Состояние при включении питания устанавливает это значение на 7,5 десятичных разрядов, хотя разрешающая способность мультиметра составляет 8,5 разрядов. Для индикации всех 8,5 разрядов нажать следующие клавиши:



## Примечание

При задании числа разрядов индикации левый крайний разряд подразумевается (он называется 1/2 разряда).

Команда NDIG только маскирует разряды индикации, но не влияет на результаты, записываемые в память отсчетов или передаваемые по шине GPIB. Кроме того, нельзя увеличить число разрядов индикации свыше существующей разрешающей способности мультиметра.

## Повторный вызов

Чтобы заново не повторять процесс ввода команды, в мультиметре существует простая возможность повторного вызова последней из исполненных команд. Для этого нажать клавиши:



На индикаторе появится последняя из выполненных команд. Нельзя вызвать непосредственно исполняемые команды, такие как **Reset** (Сброс), **DCV** (измерение напряжения постоянного тока) или любые команды, содержащие код доступа к защите калибровки. Повторным нажатием на указанные выше клавиши можно вызвать все выполненные ранее команды. После нахождения среди них нужной команды, ее можно изменить (см. выше подраздел “Редактирование отображаемых данных”) и исполнить нажатием клавиши **Enter** (ввод).

## Клавиши, определяемые пользователем

Каждой клавише, определяемой пользователем, группы **USER** с обозначением **f0-f9** можно присвоить строку, состоящую из одной или нескольких команд. После того как строка будет присвоена одной из клавиш (максимальная длина строки - 40 символов), ее можно вывести на индикатор нажатием на эту клавишу. Эту строку можно исполнить, нажав на клавишу **Enter** (ввод).

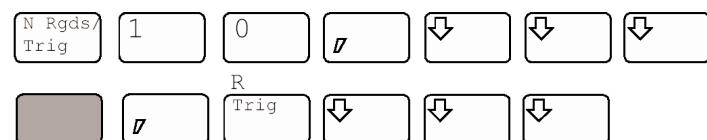
Клавиша **Def Key** позволяет назначить командную строку любой из клавиш, определяемой пользователем. Например, чтобы назначить команды **NRDGS 10,AUTO; TRIG SGL** (точка с запятой связывает несколько команд) клавише **f0**, нажать:



На индикаторе отображается:

**DEFKEY 0, "■"**

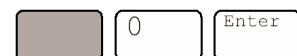
Теперь можно ввести командную строку, нажав следующие клавиши:



Чтобы запомнить эту строку (при этом строка не исполняется, а только присваивается клавише, определяемой пользователем), нажать клавишу:



Для вызова строки, назначенной клавише **f0**, и ее исполнения нажать:



Мультиметр возьмет 10 отсчетов и затем остановится.

Специальным свойством клавиатуры является возможность вызова строки, назначенной клавише, без нажатия на клавишу **Shift** (переключение регистров). Исключение составляет процесс ввода команды. Например, можно вызвать и исполнить строку, присвоенную клавише **f0**, нажав:

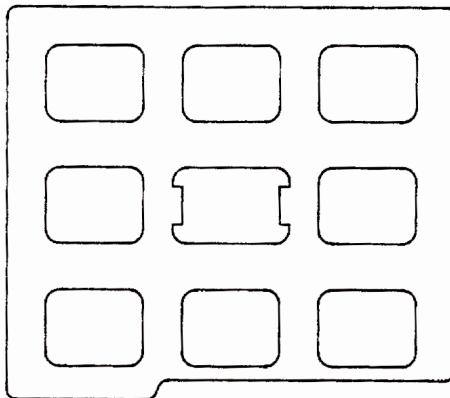


Клавишам, определяемым пользователем, могут быть назначены также команды из меню команд, за исключением непосредственно исполняемых команд (DCV, ACV, и так далее), доступ к которым должен выполняться только из меню. Определения клавиш, запомненные с передней панели, могут редактироваться с передней панели (определения клавиш, которые загружаются от внешнего контроллера, редактировать нельзя). Для редактирования нажать клавишу, определяемую пользователем, а затем при появлении строки на экране отредактировать ее, как описано в подразделе "Редактирование отображаемых данных" ранее в данном разделе.

После завершения редактирования строки ее можно исполнить нажатием клавиши **Enter** (неотредактированная строка все еще остается назначена клавише, определенной пользователем). Отредактированная строка не может быть переназначена клавише, определяемой пользователем. Если требуется изменить назначение этой клавиши, необходимо повторить описанные выше шаги.

## Установка трафарета клавиатуры

На рисунке 9 показан трафарет, устанавливаемый на клавиши, определяемые пользователем. Для идентификации команд, присвоенных каждой клавише, определяемой пользователем, на трафарете могут наноситься надписи, сделанные карандашом.



3458OPC: F. 2. 4

**Рисунок 9 - Трафарет клавиатуры (кодовый номер 03458-84303)**

Трафарет удерживается на поверхности с помощью двух ушек, которые закрепляют в воротничке, расположенным вокруг клавиши с цифрой 5. Для установки трафарета нужно вставить его левое ушко в левый край воротничка. Затем изогнуть трафарет, как показано на рисунке 10, и нажатием на правое ушко вставить его в воротничок.



Рисунок 10 - Установка трафарета на клавиатуру

## Работа при дистанционном управлении

В данном подразделе приводятся основные сведения, касающиеся управления мультиметром при дистанционном управлении. Рассматриваются вопросы считывания и изменения адреса GPIB, посылки команды мультиметру и вывода данных от мультиметра.

### Операторы ввода/вывода

Операторы, используемые для работы мультиметра при дистанционном управлении, зависят от компьютера и используемого в нем языка. Особенно необходима информация об операторах ввода/вывода используемого компьютера. Например, операторы ввода, используемые в языке BASIC серии 200/300 компании Hewlett-Packard, выглядят следующим образом:

ENTER или TRANSFER

А оператором вывода является:

OUTPUT

Из руководства по эксплуатации используемого компьютера необходимо выяснить, какие операторы ввода/вывода должны быть использованы. В примерах, приведенных в настоящем руководстве, использован язык BASIC для компьютера серии 200/300 компании Hewlett-Packard.

### Считывание адреса GPIB

Перед использованием мультиметра в режиме дистанционного управления необходимо определить его адрес GPIB ( заводская установка = 22). Для проверки адреса нажать клавиши:



Обычно индицируется:

**ADDRESS 22 ■**

На индикатор выводится адрес прибора. При посылке дистанционной команды этот адрес присоединяется к коду выборки интерфейса GPIB (обычно 7). Например, если код выборки интерфейса GPIB равен 7, а адрес прибора равен 22, то их комбинация даст значение 722.

### **Изменение адреса GPIB**

Каждый прибор, подключаемый к шине GPIB, должен иметь уникальный адрес. При необходимости изменить адрес мультиметра, нужно обратиться к команде ADDRESS из меню команд прибора (группа клавиш MENU). При этом на индикаторе отображается:

**ADDRESS ■**

Для ввода нового адреса (например, 15) нажать клавиши:

1      5      Enter

Адрес изменится на значение 15. При необходимости вернуться обратно к значению 22, необходимо повторить описанную выше процедуру (либо воспользоваться клавишей Recall), указав 22 взамен 15.

### **Посылка команды дистанционного управления**

Чтобы послать мультиметру команду дистанционного управления, необходимо включить в оператор вывода компьютера следующие параметры: код выборки интерфейса GPIB; адрес мультиметра и команду для мультиметра. Например, чтобы мультиметр издал звуковой сигнал, необходимо передать:

OUTPUT 722; "BEEP"

Отметим, что световые сигнализаторы **REM** и **LSTN** включены. Это означает, что мультиметр находится в режиме дистанционного управления и адресуется на прием (принимает команду).

### **Получение данных от мультиметра**

Мультиметр обладает способностью передавать результаты измерений (отсчеты) и ответы на команды запросов. В качестве примера рассмотрим, как мультиметр вырабатывает ответ на посылку команды запроса:

OUTPUT 722; "ID?"

При посылке дистанционной команды запроса на мультиметр ответ на индикатор не выводится в противоположность тому, как это происходит при исполнении команды с передней панели.

Взамен мультиметр посыпает ответ в свой выходной буфер.

Выходной буфер - это регистр, в котором хранятся либо ответ на запрос, либо одиночный отсчет до тех пор, пока они не будут считаны компьютером, либо обновлены. Чтобы вывести ответ из выходного буфера, необходимо воспользоваться оператором ввода компьютера. Например, с помощью следующей программы можно прочитать ответ и вывести его на печать:

```
10 Enter 722;A$  
20 PRINT A$  
30 END
```

Такой же способ позволяет получить и отсчеты (результаты измерения) от мультиметра. Всякий раз, когда мультиметр выполняет измерения, а память отсчетов не включена (память отсчетов рассмотрена в разделе 4), можно затребовать отсчет с помощью следующей программы:

```
10 Enter 722;A  
20 PRINT A  
30 END
```

### **Клавиша Local (возврат к режиму местного управления)**

В режиме дистанционного управления мультиметр не реагирует на нажатие клавиш передней панели. На режим дистанционного управления указывает включенное состояние сигнализатора **REM**. В этом режиме игнорируются все клавиши, за исключением клавиши **Local** (Местное). Для возврата к режиму местного управления нужно нажать на эту клавишу:



# **Раздел 3 Конфигурирование мультиметра**

---

Введение .....	47	Конфигурирование мультиметра для измерения отношений .....	70
Общие сведения о конфигурировании .....	47	Установка измерения отношений .....	71
Самотестирование .....	47	Использование памяти подпрограмм .....	71
Считывание регистров ошибок .....	48	Запоминание подпрограмм .....	71
Калибровка .....	48	Выполнение подпрограмм .....	72
Автоматическая калибровка .....	48	Приостановка выполнения подпрограмм .....	72
Выполнение автокалибровки .....	49	Вложенные подпрограммы .....	73
Рекомендации по проведению автокалибровки .....	49	Автозапуск подпрограмм .....	73
Выбор входных клемм .....	50	Сжатие подпрограмм .....	73
Обеспечение защиты .....	51	Удаление подпрограмм .....	74
Приостановка взятия отсчетов .....	51	Использование памяти состояний .....	74
Предустановка мультиметра .....	52	Запоминание состояний .....	74
Установка измерительных функций .....	53	Вызов состояний .....	74
Автоматическое переключение пределов .....	53	Удаление состояний .....	75
Установка предела измерения .....	54	Использование входного буфера .....	75
Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на постоянном токе или сопротивлений .....	54	Использование регистра статуса .....	75
Напряжение постоянного тока .....	54	Считывание регистра статуса .....	77
Постоянный ток .....	55	Прерывания .....	77
Сопротивление .....	56		
2-проводное измерение сопротивлений .....	57		
4-проводное измерение сопротивлений .....	57		
Конфигурирование АЦП .....	58		
Опорная частота .....	58		
Установка времени интегрирования .....	59		
Установка разрешающей способности .....	60		
Автоматическая коррекция нуля .....	61		
Компенсация смещения .....	62		
Фиксированное входное сопротивление .....	62		
Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на переменном токе .....	62		
Измерение напряжения переменного тока			
напряжения и суммы напряжений			
переменного и постоянного тока .....	62		
Синхронное преобразование выборок .....	63		
Аналоговое преобразование сигнала			
в среднеквадратическое значение .....	64		
Преобразование на основе метода			
случайных выборок .....	64		
Установка метода измерения			
напряжения переменного тока .....	64		
Измерение переменного тока и суммы			
постоянного и переменного тока .....	64		
Измерение частоты и периода .....	65		
Установка полосы пропускания .....	66		
Установка времени интегрирования .....	67		
Установка разрешающей способности .....	68		
Изменение установленного значения			
разрешающей способности .....	69		



## Введение

В этом разделе показано, как конфигурировать мультиметр для проведения всех видов измерений за исключением дискретизации<sup>1</sup>. В разделе также показано, как использовать подпрограммы и память состояний, входной буфер и регистр статуса. После освоения материала этого раздела по конфигурированию мультиметра можно перейти к разделу 4 для изучения порядка запуска измерений и передачи результатов в память отсчетов или выходной буфер шины GPIB. Ниже перечислены основные подразделы раздела 3.

- Общие сведения о конфигурировании
- Конфигурирование для проведения измерений на постоянном токе и измерения сопротивлений
- Конфигурирование для проведения измерений на переменном токе
- Конфигурирование для измерения отношений
- Использование памяти подпрограмм
- Использование памяти состояний
- Использование входного буфера
- Использование регистра статуса

## Общие сведения о конфигурировании

В этом подразделе рассмотрено самотестирование мультиметра и требования к калибровке, а также общие вопросы конфигурирования, относящиеся к применению большинства или всех измерительных функций.

### Самотестирование

Прежде чем сконфигурировать прибор для выполнения измерений, необходимо выполнить самотестирование, чтобы убедиться в работоспособности мультиметра. Самотестирование занимает по времени около 50 секунд. Для запуска самотестирования необходимо послать команду:

```
OUTPUT 722; "TEST"
```

Если самотестирование выполняется без ошибок, высока вероятность того, что мультиметр работоспособен. Принимая во внимание надлежащую калибровку, можно утверждать, что измерения будут правильными. Если, один или более тестов выполняются с ошибками, мультиметр устанавливает во вспомогательном регистре ошибок соответствующий разряд (разряды). При этом также устанавливается разряд 0 регистра ошибок, и включается сигнализатор **ERR**.

1. В этом разделе не рассматривается специальный процесс дискретизации, хотя большая часть информации, приведенная в подразделе “Общие сведения о конфигурировании”, относится именно к нему. Более подробная информация о процессе дискретизации приведена в разделе 5.

## Считывание регистров ошибок

В случае возникновения аппаратной ошибки мультиметр устанавливает разряд во вспомогательном регистре ошибок, а также устанавливает разряд 0 в регистре ошибок. При возникновении программной ошибки производится установка соответствующего разряда только в регистре ошибок.

Команда ERRSTR? при каждом исполнении считывает одну ошибку и затем сбрасывает соответствующий разряд. Если во вспомогательном регистре установлены один или более разрядов, то команда ERRSTR? считывает сначала этот регистр, прежде чем перейти к считыванию регистра ошибок. Команда ERRSTR? возвращает два ответа. Первый ответ представляет собой десятичное число, значение которого равно номеру самого младшего (с самым меньшим номером) установленного разряда. Второй ответ представляет собой сообщение (строку), разъясняющее эту ошибку (максимальное число символов в строке сообщения не более 200). После считывания команда ERRSTR? сбрасывает соответствующий разряд.

Следующая ниже программа является примером использования команды ERRSTR? для считывания всех ошибок, по одной ошибке за каждое исполнение команды. После считывания и сброса всех установленных разрядов или при отсутствии установленных разрядов в обоих регистрах команда ERRSTR? возвращает 0, "NO ERROR" (ошибок нет).

```
10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА  
20 DIM A$(200)             !НАЧИНАЕТСЯ С ЕДИНИЦЫ  
30 OUTPUT 722; "ERRSTR?"  !СТРОКА В 200 СИМВОЛОВ  
40 ENTER 722; A,A$        !СЧИТЫВАНИЕ СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКЕ  
50 PRINT A,A$              !ВВОДИТ ЧИСЛОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ  
60 IF A>0 THEN GOTO 30    !В А, А СТРОКУ В А$  
70 END                     !ПЕЧАТАЕТ ОТВЕТ  
                           !ПРОДОЛЖИТЬ, ЕСЛИ ЕСТЬ ЕЩЕ ОШИБКИ
```

Команды ERR? и AUXERR? возвращают десятичное значение суммы всех установленных разрядов регистра ошибок и вспомогательного регистра ошибок, соответственно.

## Калибровка

В мультиметре предусмотрены две разновидности калибровки: внешняя калибровка и автокалибровка. Внешняя калибровка включает в себя процедуру с использованием образцовых внешних источников. Для получения дополнительной информации относительно внешней калибровки необходимо обратиться к руководству по калибровке (*3458 Calibration Manual*).

Команда запроса CALNUM? возвращает число выполненных внешних калибровок мультиметра. Регулярная проверка этого числа позволяет осуществлять текущий контроль числа выполненных калибровок мультиметра. Текущее число калибровок считывает и выводит на индикатор следующая программа:

```
10 OUTPUT 722; "CALNUM?"  
20 ENTER 722;A  
30 PRINT A  
40 END
```

## Автоматическая калибровка

В мультиметре имеются четыре программы автокалибровки: DCV, AC, OHMS и ALL. Эти программы кратковременно улучшают точность для многих (или всех) измерительных функций, но не исключают необходимость проведения внешней калибровки мультиметра. Каждая программа калибровки влияет на следующие измерительные функции:

- Программа DCV улучшает все измерительные функции. Для ее выполнения требуется около 1 минуты.
- Программа AC вносит конкретные усовершенствования в процедуры измерения напряжений переменного и суммы переменного и постоянного тока, переменного и суммы переменного и постоянного токов, прямой дискретизации и дискретизации с прореживанием отсчетов (со связью по переменному или постоянному току), измерения частоты и периода. Для её выполнения требуется около 1 минуты.
- Программа OHMS вносит конкретные усовершенствования в процедуры 2- и 4-проводных схем измерения сопротивлений, а также измерения постоянного и переменного тока. Эта программа выполняется в течение 10 минут.
- Программа ALL улучшает все измерительные функции путем выполнения всех указанных выше программ. Эта программа выполняется приблизительно в течение 11 минут.

#### Примечание

При выполнении программы автокалибровки нельзя выполнять цикл выключения и включения напряжения питания или сброс мультиметра. Иначе мультиметр вырабатывает ошибку ACAL REQUIRED (требуется автокалибровка), поскольку большая часть или все калибровочные константы были стерты. Для устранения этой ошибки необходимо выполнить программу ALL.

Поскольку программа DCV влияет на все измерительные функции, ее следует выполнить перед выполнением программ автокалибровки AC и OHMS, либо выполнить программу ALL (см. второй пример, приведенный ниже).

#### Выполнение автокалибровки

В качестве примера рассмотрим измерение сопротивлений по 4-проводной схеме. Программа автокалибровки DCV улучшает кратковременную точность всех измерений, а программа автокалибровки OHMS улучшает качество измерения сопротивлений (и измерения токов). Следующая программа выполняет автокалибровку DCV, а затем автокалибровку OHMS.

```
10 OUTPUT 722; "ACAL DCV"  
20 OUTPUT 722; "ACAL OHMS"  
30 END
```

Если автокалибровка защищена (на заводе-изготовителе код доступа не устанавливается), то для ее выполнения требуется ввести код доступа. Для выполнения всех программ автокалибровки (первой выполняется DCV, затем OHMS и AC), необходимо послать команду:

```
OUTPUT 722; "ACAL ALL"
```

Перед выполнением автокалибровки необходимо отсоединить любые входные сигналы от входных клемм мультиметра. Подключенный сигнал может неблагоприятно повлиять на автокалибровку и последующие измерения.

#### Рекомендации по проведению автокалибровки

Для достижения предельной точности измерений рекомендуется выполнять программу автокалибровки ACAL ALL каждые 24 часа. Калибровку рекомендуется выполнять и в том случае, если температура мультиметра изменилась относительно температуры проведения внешней, либо автоматической калибровки более чем на  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Поверителю рекомендуется запомнить внутреннюю температуру прибора при проведении калибровки. Для этого необходимо использовать команду CALSTR.

Температура проведения калибровки может быть прочитана позднее командой CALSTR?. Следующий пример показывает использование команды TEMP? для контроля внутренней температуры мультиметра (в градусах Цельсия).

```
10 OUTPUT 722; "TEMP?"  
20 ENTER 722;A  
30 PRINT A  
40 END
```

Константы автокалибровки запоминаются в энергонезависимой памяти и не стираются при выключении питания прибора. Поэтому нет необходимости выполнять автокалибровку только потому, что было выключено, а затем включено питание прибора.

## Выбор входных клемм

Для присоединения измерительных проводников в мультиметре предусмотрены клеммы на передней и задней панелях прибора. Переключатель **Terminals** (клеммы) передней панели позволяет сделать выбор между двумя группами клемм. При утопленном положении переключателя (**Rear**) выбираются клеммы на задней панели, при нормальном положении переключателя (**Front**) - на передней панели. При дистанционном управлении выбор входных клемм не предусмотрен. Все примеры схем измерительных соединений, приведенные в этом разделе, показывают соединения только для клемм передней панели. Для выполнения соединений к клеммам задней панели необходимо просто соединить проводники с клеммами, имеющими ту же маркировку, что и клеммы передней панели. Для выполнения всех измерительных соединений рекомендуется использовать кабель с высоким сопротивлением изоляции и малыми диэлектрическими потерями.

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

**Демонтировать или устанавливать мультиметр, а также подключать к нему проводники разрешается только квалифицированному и обученному обслуживающему персоналу. При снятии крышек прибора, изменении положения переключателей напряжения сети питания или замене предохранителя предварительно необходимо отключить сетевой шнур.**

**Измерение высоких напряжений всегда связано с опасностью. Если входное напряжение превышает 42 вольта, то все входные клеммы вольтметра (как передней, так и задней панели) должны рассматриваться как источник опасности. Все входные клеммы должны рассматриваться как находящиеся под тем же самым напряжением, что и клемма, имеющая самый высокий потенциал.**

**Специалисты компании Agilent рекомендуют при выполнении соединений использовать маркировку для проводников, имеющих опасные значения напряжений. Маркировка должна быть выполнена по возможности как можно ближе к входным клеммам, и быть яркого цвета, например, красного или желтого. Надпись на маркировке о наличии высокого напряжения должна быть хорошо различимой.**

<b>Внимание</b>	<b>Входные клеммы, предназначенные для измерения тока (I), рассчитаны на пиковое значение <math>\pm 1,5</math> А при максимальном неразрушающем значении не более 1,25А СКЗ. Токовые клеммы защищены предохранителями. Допустимые значения входного напряжения приведены в таблице 9.</b>
-----------------	---

**Таблица 9 - Допустимые значения входного напряжения**

	Номинальное значение входного напряжения (пик.)	Макс. допустимое (не разрушающее) значение входного напряжения (пик.)
HI относительно входа LO	$\pm 1000$ В	$\pm 1200$ В
HI/LO $\Omega$ Sense относительно входа LO	$\pm 200$ В	$\pm 350$ В
HI относительно входа LO $\Omega$ Sense	$\pm 200$ В	$\pm 350$ В
Вход LO относительно экрана	$\pm 200$ В	$\pm 350$ В
Экран (Guard) относительно заземления	$\pm 500$ В	$\pm 1000$ В
Вход HI/LO, HI/LO $\Omega$ Sense или I относительно зажима заземления	$\pm 1000$ В	$\pm 1500$ В
Клеммы передней панели относительно клемм задней панели	$\pm 1000$ В	$\pm 1500$ В

**Мультиметр выйдет из строя при превышении любого максимально допустимого (неразрушающего) значения напряжения, приведенного в таблице 9.**

## **Обеспечение защиты**

В измерительных схемах в этом разделе показано соединение клеммы **Guard** (экран) с нулевым потенциалом измеряемого источника сигнала (защищенные измерения). Это соединение обеспечивает максимальное *эффективное подавление синфазного сигнала* (effective common mode rejection - ECMR) на входных клеммах мультиметра (передней или задней панели, выбираемых переключателем **Terminals**). При выполнении соединения предполагается, что переключатель **Guard** (экран) находится в нормальном состоянии **Open** (открыт). Для выполнения незащищенных измерений необходимо отжать переключатель **Guard** (в положение **TO LO**) и не соединять клемму **Guard** с измеряемым источником сигнала. В положении **TO LO** переключатель **Guard** производит внутреннее соединение клеммы **Guard** с низкотенциальной входной клеммой **LO Input**, выбранной переключателем **Terminals**. Такое соединение обеспечивает снижение влияния синфазного сигнала (ECMR). В технических характеристиках, приведенных в Приложении А, показаны значения ECMR для защищенных измерений. Для выполнения всех измерительных соединений рекомендуется использовать кабель с высоким сопротивлением изоляции и малыми диэлектрическими потерями.

## **Приостановка взятия отсчетов**

В состоянии при включении питания события подготовки запуска, запуска и замера установлены на AUTO (эти события детально обсуждаются в разделе 4). Это заставляет мультиметр непрерывно брать отсчеты. Перед конфигурированием мультиметра необходимо приостановить процесс взятия отсчетов. Приостановка взятия отсчетов уменьшает общее время конфигурирования и предотвращает возможность помещения в память отсчетов или выходной буфер GPIB нежелательных отсчетов. Приостановка может быть выполнена предустановкой мультиметра (см. ниже), либо установкой события подготовки запуска или события запуска в состояние HOLD (ПРИОСТАНОВКА), как указано ниже.

OUTPUT 722; "TARM HOLD"  
или  
OUTPUT 722; "TRIG HOLD"

После выполнения конфигурирования мультиметра можно разрешить выполнение измерений, изменив установки события подготовки запуска, либо события запуска из состояния HOLD в любое другое состояние (за дополнительной информацией о запуске измерений следует обратиться к разделу 2).

## Предустановка мультиметра

Команда PRESET NORM аналогична команде RESET, но она конфигурирует мультиметр таким образом, чтобы создать хорошие начальные условия для дистанционного управления. Команда RESET в основном используется при управлении с передней панели. Поэтому исполнение команды PRESET NORM в качестве первого шага при конфигурировании более предпочтительно, поскольку она устанавливает мультиметр в известное состояние и приостанавливает взятие отсчетов, устанавливая параметр события запуска на SYN (синхронный) командой TRIG SYN. В таблице 10 приведены команды, выполняемые командой PRESET NORM.

**Таблица 10 - Состояние, устанавливаемое в результате выполнения команды PRESET NORM**

Команда	Описание
ACBAND 20, 2E+6	Диапазон переменного тока от 20Гц до 2МГц
AZERO ON	Автокоррекция нуля включена
BEEP ON	Звуковой сигнал разрешен
DCV AUTO	Измерение напряжения постоянного тока, автоматическое переключение пределов
DELAY -1	Значение задержки по умолчанию
DISP ON	Индикатор включен
FIXEDZ OFF	Фиксация входного сопротивления запрещена
FSOURCE ACV	Источник для измерения частоты и периода - напряжение переменного тока
INBUF OFF	Входной буфер запрещен
LOCK OFF	Клавиатура мультиметра включена
MATH OFF	Математические операции в реальном времени запрещены
MEM OFF	Память отсчетов запрещена
MFORMAT SREAL	Формат запоминания отсчетов в памяти: с плавающей точкой, одинарной точности
MMATH OFF	Операции математической постобработки запрещены
NDIG 6	Число разрядов индикации - 6,5 десятичных разрядов
NPLC 1	Время интегрирования - 1 период частоты сети питания
NRDGS 1, AUTO	1 отсчет на запуск, событие запуска - автозапуск
OCOMP OFF	Компенсации смещения при измерении сопротивлений запрещена
OFORMAT ASCII	Формат вывода - ASCII
TARM AUTO	Событие подготовки запуска установлено на Auto
TIMER 1	Таймер установлен на интервал 1 с
TRIG SYN	Событие запуска установлено на SYN (синхронно)

**Все математические регистры устанавливаются на нулевые значения, за исключением:**

DEGREE = 20 REF=1 SCALE = 1 RES=50 PERC = 1

Возможно, что при попытке дистанционной предустановки мультиметр будет находиться в состоянии измерения, либо интерфейс GPIB будет в неактивном состоянии. В обоих случаях, мультиметр не будет реагировать на дистанционную команду. Правильным подходом в данном случае будет посылка команды Device Clear (очистить устройство) до предустановки мультиметра. Мультиметр немедленно отреагирует на команду Device Clear. Следующая программа посыпает команду Device Clear, а затем команду PRESET NORM.

```
10 CLEAR 722
20 OUTPUT 722; "PRESET NORM"
30 END
```

В дополнение к команде PRESET NORM в мультиметре имеются команды PRESET FAST (конфигурирует мультиметр для быстрых измерений и вывода результатов, рассматривается в разделе 4) и PRESET DIG (конфигурирует мультиметр для дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока, рассматривается в разделе 5).

## **Установка измерительных функций**

Первый параметр команды FUNC позволяет выбрать измерительную функцию. Например, для установки измерения напряжения постоянного тока, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "FUNC DCV"
```

Заголовок команды FUNC является необязательным и может быть опущен. Например, для той же самой установки измерения напряжения постоянного тока, можно просто послать:

```
OUTPUT 722; "DCV"
```

Во всех следующих примерах этого раздела используется сокращенная форма команд (без заголовка FUNC). В таблице 11 приводятся различные параметры измерительных функций, а также функции, устанавливаемые каждым параметром.

**Таблица 11 - Параметры измерительных функций**

<b>Параметр функции</b>	<b>Описание</b>
ACDCI	Устанавливает измерения переменного тока, открытый вход
ACDCV	Устанавливает измерения напряжения переменного тока, открытый вход
ACI	Устанавливает измерения переменного тока, закрытый вход
ACV	Устанавливает измерения напряжения переменного тока, закрытый вход
DCI	Устанавливает измерения постоянного тока
DCV	Устанавливает измерения напряжения постоянного тока
DSAC *	Прямая дискретизация, закрытый вход
DSDC *	Прямая дискретизация, открытый вход
FREQ	Устанавливает измерение частоты
OHM	Устанавливает 2-проводное измерение сопротивления
OHMF	Устанавливает 4-проводное измерение сопротивления
PER	Устанавливает измерение периода
SSAC *	Субдискретизация, закрытый вход
SSDC *	Субдискретизация, открытый вход

\* См. раздел 5 для получения дополнительной информации по дискретизации.

## **Автоматическое переключение пределов**

Если включена функция автоматического переключения пределов, то мультиметр оценивает входной сигнал перед каждым отсчетом (когда процесс взятия отсчетов запущен) и автоматически устанавливает правильный предел. Поскольку при автоматическом переключении пределов требуется предварительная оценка входного сигнала, измерения в этом случае выполняются медленнее, чем на фиксированном пределе. При включении питания, а также после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, функция автоматического переключения пределов включена. При измерении достаточно стабильного входного сигнала можно воспользоваться командой RANGE ONCE, которая позволяет функции автоматического переключения пределов установить требуемый предел при запуске измерений для первого отсчета, а затем запрещает эту функцию для последующих отсчетов. Это позволяет использовать преимущества функции автоматического переключения пределов при выборе предела и высокой скорости взятия отсчетов при последующем запрете этой функции. Для этого следует послать следующую команду:

```
OUTPUT 722; "ARANGE ONCE"
```

Теперь, после того как произведен запуск, мультиметр выберет правильный предел и затем запретит функцию автоматического переключения пределов. Если позже потребуется включить эту функцию, нужно послать команду:

```
OUTPUT 722; "ARANGE ON"
```

## Установка предела измерения

Для установки фиксированного предела используется первый параметр одной из следующих измерительных функций (ACV, DCV, ОНМ и так далее) или команда RANGE. Этот параметр называется *max.\_input* (*максимум входа*), так как он определяет максимум ожидаемой амплитуды входного сигнала (или максимального значения сопротивления при его измерениях). Затем мультиметр устанавливает нужный предел. При определении параметра *max.\_input* используется только абсолютное значение входного сигнала. Например, для того, чтобы установить режим измерения напряжения постоянного тока с максимальным значением минус 2,5 В, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "DCV 2.5"
```

В этом случае мультиметр установит предел 10 В постоянного тока. Чтобы установить другое значение параметра *max.\_input* (например, 15 В), не изменяя функцию измерения, послать:

```
OUTPUT 722; "RANGE 15"
```

В этом случае, мультиметр выберет предел 100 В.

---

### Примечание

При измерениях частоты и периода параметр *max.\_input* устанавливает максимальную амплитуду входного сигнала, а не диапазон частоты (Гц) или периода (с).

Режим автоматического переключения пределов устанавливается либо умолчанием (неопределением) параметра *max.\_input*, либо заданием параметра AUTO. Например, чтобы установить режим автоматического переключения пределов при использовании команды DCV нужно послать:

```
OUTPUT 722; "DCV"
```

## Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на постоянном токе или сопротивлений

В данном подразделе приводится порядок конфигурирования мультиметра для измерения напряжения постоянного тока, постоянного тока, 2- или 4-проводного измерения сопротивления.

### Напряжение постоянного тока

Измерение напряжения постоянного тока в мультиметре производится на любом из пяти пределов. В таблице 12 показаны все пределы измерения напряжения постоянного тока и значения отсчетов их полных шкал (что прямо показывает наибольшее число десятичных разрядов для предела). В таблице 12 показаны также максимальная разрешающая способность и входное сопротивление для каждого предела. Разрешающая способность - функция установленного времени интегрирования (подробнее см. ниже подраздел “Установка времени интегрирования”). На рисунке 11 показано подключение к входным клеммам для всех видов измерения напряжения. При включении питания, а также после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, устанавливается режим измерения напряжения постоянного тока. Измерение напряжения постоянного тока можно установить также, используя команду DCV.

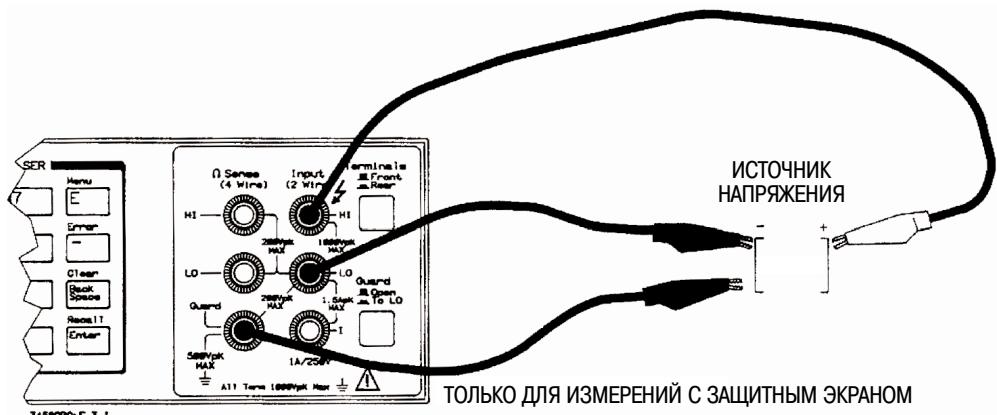
Например, чтобы установить измерение напряжения постоянного тока на пределе 1В, послать:

OUTPUT 722; "DCV 1"

**Таблица 12 - Пределы измерения напряжения постоянного тока**

Предел DCV	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Входное сопротивление
100 мВ	120,00000 мВ	10 нВ	>10 ГОм *
1 В	1,2000000 В	10 нВ	>10 ГОм *
10 В	12,0000000 В	100 нВ	>10 ГОм *
100 В	120,000000 В	1 мкВ	10 МОм
1000 В	1050,00000 В	10 мкВ	10 МОм

\* При выключенном фиксированном входном сопротивлении (FIXEDZ OFF). При FIXEDZ ON входное сопротивление фиксируется на значении 10 МОм. Подробнее см. ниже в подразделе “Фиксированное входное сопротивление”.



**Рисунок 11 - Подключения при измерении напряжения**

## Постоянный ток

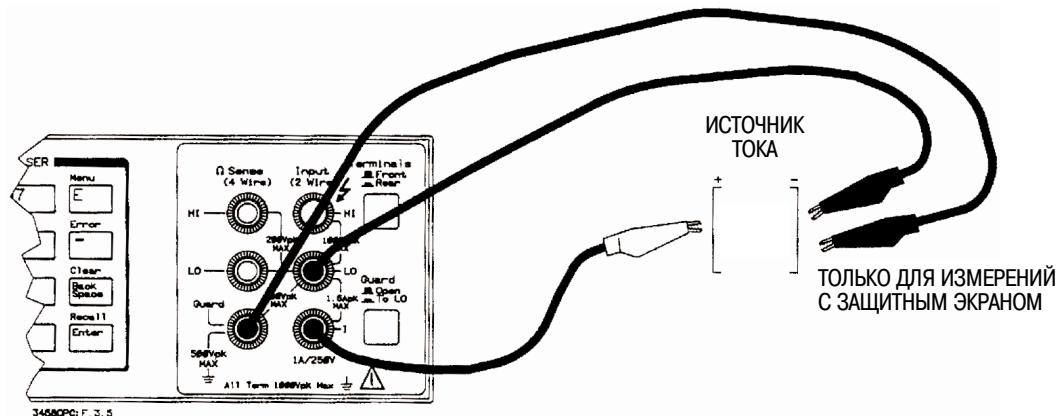
Измерение тока в мультиметре заключается в измерении напряжения на внутреннем шунтирующем резисторе между входными клеммами и вычислении значения тока (ток = напряжение/сопротивление). Клеммы измерения тока, расположенные на передней и задней панелях, защищены предохранителями номинала 1А, 250В. На рисунке 12 показано подключение входных клемм для всех видов измерения тока.

Измерение постоянного тока в мультиметре производится на любом из восьми пределов. В таблице 13 показаны все пределы измерения постоянного тока и значения отсчетов их полных шкал (что прямо показывает наибольшее число десятичных разрядов для каждого предела). В таблице 13 также указана максимальная разрешающая способность и сопротивление шунта для каждого предела. Разрешающая способность - функция установленного времени интегрирования (подробнее см. ниже подраздел “Установка времени интегрирования”). Для установки измерения постоянного тока используется команда DCI. Например, чтобы установить измерение постоянного тока на пределе 10 мкА, нужно послать:

OUTPUT 722; "DCI 10E-6"

**Таблица 13 - Пределы измерения постоянного тока**

Предел DCI	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Сопротивление шунта
100 нА	120,000 нА	1 пА	545,2 кОм
1 мкА	1,200000 мкА	1 пА	45,2 кОм
10 мкА	12,000000 мкА	1 пА	5,2 кОм
100 мкА	120,00000 мкА	10 пА	730 Ом
1 мА	1,2000000 мА	100 пА	100 Ом
10 мА	12,000000 мА	1 нА	10 Ом
100 мА	120,00000 мА	10 нА	1 Ом
1 А	1,0500000 А	100 нА	0,1 Ом



**Рисунок 12 - Подключения при измерении тока**

## Сопротивление

В мультиметре используется способ, заключающийся в измерении напряжения на измеряемом резисторе при протекании через него известного тока. Мультиметр производит измерение этого напряжения и вычисление неизвестного значения сопротивления (сопротивление = напряжение/ток). В таблице 14 приведены пределы измерения для 2- и 4-проводной схемы измерения, а также значения полной шкалы (отсчет, соответствующий значению полной шкалы, показывает максимальное число десятичных разрядов для каждого предела). В таблице 14 также показана максимальная разрешающая способность и значение измерительного тока для каждого предела. Разрешающая способность - функция установленного времени интегрирования (подробнее см. ниже подраздел “Установка времени интегрирования”).

**Таблица 14 - Пределы измерения сопротивления**

Предел ОНМ(F)	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Измерительный ток
10 Ом	12,00000 Ом	10 мкОм	10 мА
100 Ом	120,00000 Ом	10 мкОм	1 мА
1 кОм	1,2000000 кОм	100 мкОм	1 мА
10 кОм	12,000000 кОм	1 мОм	100 мкА
100 кОм	120,00000 кОм	10 мОм	50 мкА
1 МОм	1,2000000 МОм	100 мОм	5 мкА
10 МОм	12,000000 МОм	1 Ом	500 нА
100 МОм	120,00000 МОм	10 Ом	500 нА
1 ГОм	1,2000000 ГОм	100 Ом	500 нА

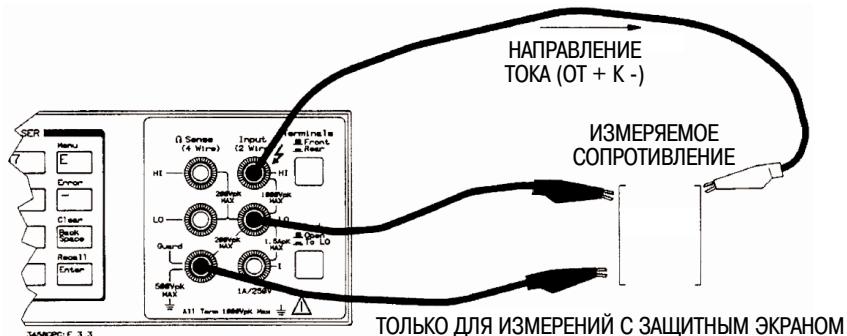
## **2-проводное измерение сопротивления**

Двухпроводная схема измерения наиболее часто применяется при измерении, когда сопротивление измерительных проводников намного меньше измеряемого сопротивления. Если сопротивление измерительных проводников превышает значение величины измеряемого сопротивления, то результаты будут неточными.

Предположим, например, что необходимо измерить сопротивление 1 Ом, удаленное от вольтметра на расстояние 10 футов (3 метра). Если для выполнения подключения используется медный провод 24-го калибра, то шестиметровый провод внесет в результат измерения вклад около 0,5 Ом. Таким образом при результате измерения 1,5 Ом погрешность составит около 50%. Кроме того, такие причины, как грязь в соединителях, перекрученные или дефектные проводники, высокая температура окружающей среды могут вызвать увеличение сопротивление соединений.

Уменьшить погрешность 2-проводного измерения сопротивлений можно с помощью математической операции NULL (подробнее об использовании операции NULL см. в разделе 4). На рисунке 13 показано подключение для 2-проводного измерения сопротивления. Для установки режима 2-проводного измерения сопротивления необходимо использовать команду ОНМ. Например, чтобы установить 2-проводное измерение сопротивления на пределе 1 кОм, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "ОНМ 1E3"
```

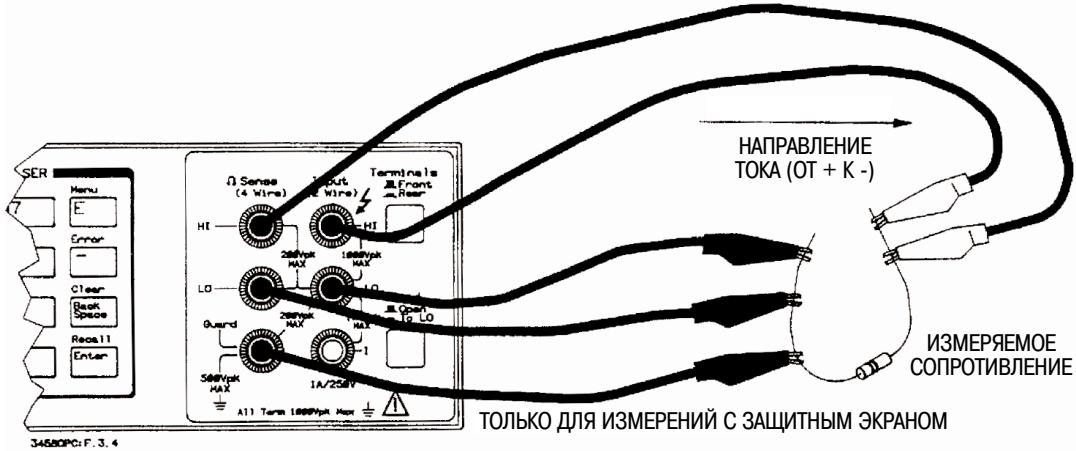


**Рисунок 13 - Подключения при 2-проводном измерении сопротивления**

## **4-проводное измерение сопротивления**

При 4-проводном измерении сопротивления устраняется погрешность измерения, связанная с сопротивлением измерительных проводников. При 2-проводной схеме измерение напряжения проводится на суммарном сопротивлении, составленном из измеряемого сопротивления и сопротивления измерительных проводников. При 4-проводном измерении сопротивления измерение напряжения производится не на суммарном, а только на измеряемом сопротивлении. Это особенно важно, когда сопротивление измерительных проводников превышает значение величины измеряемого сопротивления. На рисунке 14 показано подключение для 4-проводного измерения сопротивления. Для установки режима 4-проводного измерения сопротивления необходимо использовать команду ОНМФ. Например, чтобы установить 4-проводное измерение сопротивления на пределе 10 МОм, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "ОНМФ 10E6"
```



**Рисунок 14 - Подключения при 4-проводном измерении сопротивления**

## Конфигурирование АЦП

Конфигурирование АЦП позволяет установить скорость измерения, разрешающую способность, погрешность измерения, а также степень подавления помехи нормального вида<sup>1</sup> при измерении сопротивлений и напряжения постоянного тока. Факторами, влияющими на конфигурацию АЦП, являются: опорная частота, установленное время интегрирования и заданная разрешающая способность.

### Опорная частота

После включения питания мультиметр производит измерение частоты напряжения сети питания, округляет измеренное значение до 50 или 60 Гц и устанавливает *опорную* частоту АЦП на полученное значение. Для частоты сети питания 400 Гц в мультиметре в качестве *опорной частоты* используется 50 Гц, которая является субгармоникой частоты 400Гц. При измерении сопротивлений и напряжения постоянного тока достижение требуемого значения степени подавления помехи нормального вида (NMR) до уровня шума на частоте, равной опорной, возможно только для случая, когда время интегрирования  $\geq 1$  периода сети питания. Для получения дополнительных сведений необходимо обратиться к подразделу “Установка времени интегрирования”.

### Изменение опорной частоты

Для большинства режимов работы значение опорной частоты, полученное при включении мультиметра, позволяет получить превосходное значение NMR. Однако для получения максимально возможного значения NMR необходимо установить значение опорной частоты на точное значение частоты сети питания. Если частота сети питания подвержена дрейфу, то необходимо проводить периодическую коррекцию опорной частоты. Следующая команда позволяет измерить частоту сети питания и точно установить опорную частоту на измеренное значение. Следует отметить, что для частоты сети питания 400 Гц в мультиметре производится деление измеренного значения на 8. Полученное значение используется в качестве значения опорной частоты.

OUTPUT 722; "LFREQ LINE"

Команду LFREQ можно использовать для непосредственной установки опорной частоты. Обычно это полезно в случае, когда

- Подавление помехи нормального вида (NMR - normal mode rejection) – это способность мультиметра подавлять помехи на частоте сети питания при измерении сопротивлений или напряжения постоянного тока.

мультиметр питается от иного источника напряжения, чем измеряемое устройство. Например, предположим, что частота сети питания мультиметра составляет 60 Гц, а измеряемое устройство питается от сети частотой 50 Гц. При таких измерениях достигнуть высокого значения NMR можно установкой опорной частоты на значение 50 Гц следующей командой:

```
OUTPUT 722; "LFREQ 50"
```

Следует помнить, что при выключении/включения питания, либо при нажатии клавиши **Reset** передней панели, опорная частота снова вернется на округленное значение 50 или 60 Гц.

### Установка времени интегрирования

Время интегрирования - это время, в течение которого АЦП измеряет входной сигнал. При измерениях на постоянном токе или сопротивлений время интегрирования определяет скорость и погрешность измерения, максимальное число значащих десятичных разрядов и максимальное значение подавления помехи нормального вида (NMR) на опорной частоте. Для установки времени интегрирования в терминах *числа периодов сети питания* (*NPLC* - *Number of Power Line Cycles*) используется команда **NPLC**. Для непосредственной установки времени интегрирования в секундах, используется команда **APER**. Поскольку обе команды устанавливают время интегрирования, то исполнение любой из них отменяет время интегрирования, установленное предыдущей командой.

### Установка числа периодов сети питания

Мультиметр достигает степени подавления помехи нормального вида (NMR) до уровня шума на опорной частоте АЦП, когда время интегрирования  $\geq 1$  периода сети питания. Для установки времени интегрирования в терминах *числа периодов сети питания* (*PLC*), используется команда **NPLC**. Для определения времени интегрирования в мультиметре производится умножение установленного числа периодов сети питания (*PLC*) на значение периода опорной частоты АЦП (команда **LFREQ**). Например, период напряжения сети питания 50 Гц равен  $1/50 = 20$  мс. Если установлено 10 *PLC*, то время интегрирования составит 200 мс. При включении питания время интегрирования устанавливается на значение 10 *PLC*. После предустановки, выполненной командой **RESET NORM**, время интегрирования устанавливается на 1 *PLC*. Для установки времени интегрирования, при котором достигается наивысшая скорость измерения (но при наихудшей погрешности, наименьшей разрешающей способности и полном отсутствии подавления помехи нормального вида), необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "NPLC 0"
```

Для получения наилучшей точности измерения, самой высокой разрешающей способности и значения NMR = 80 дБ при измерениях на постоянном токе или сопротивления, но при этом самой низкой скорости измерения, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "NPLC 1000"
```

Дискретность установки времени интегрирования в значениях *PLC* для различных диапазонов составляет:

- 0-1 *PLC* (с шагом 0,000006 *PLC* для опорной частоты 60 Гц, или с шагом 0,000005 *PLC* для опорной частоты 50 Гц)
- 1-10 *PLC* с шагом 1 *PLC*
- 10-100 *PLC* с шагом 10 *PLC*

### Примечание

При времени интегрирования больше 10 *PLC* в мультиметре производится усреднение числа отсчетов, взятых со временем интегрирования в 10 *PLC*. Например, если установлено время интегрирования 60 *PLC*, то в мультиметре производится усреднение шести отсчетов, взятых через 10 *PLC*.

Широкий диапазон установок PLC обеспечивает гибкость при выборе скорости измерения, точности, разрешающей способности и величины подавления помехи нормального вида (NMR). Обычно выбирается время интегрирования, при котором обеспечивается достаточная скорость измерения с приемлемыми значениями разрешающей способности и NMR. В таблице технических характеристик в Приложении А показана зависимость разрешающей способности и NMR при измерениях на постоянном токе и сопротивлений от времени интегрирования.

#### Прямая установка времени интегрирования

При измерениях на постоянном токе и сопротивлений можно установить время интегрирования непосредственно в секундах, используя команду APER (апертура). Например, чтобы установить время интегрирования, равное 22 мс, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "APER.022"
```

#### Примечание

При использовании команды APER необходимо учесть, что в мультиметре при установке большого времени интегрирования усреднение отсчетов не производится, в противоположность тому, как это происходит при использовании команды NPLC. Например, если с помощью команды NPLC установлено время интегрирования, равное 60 PLC (это время интегрирования, равное 1 с, при частоте питающей сети 60 Гц), то мультиметр усредняет шесть отсчетов, взятых через 10 PLC. Если же установить время интегрирования, равное 1 с, с помощью команды APER, то мультиметр интегрирует единственный отсчет за секунду.

При использовании команды APER можно устанавливать время интегрирования от 500 нс до 1 с с шагом 100 нс. Команда APER наиболее часто используется при дискретизации определенной части сигнала (импульса, например) или при преобразовании в цифровую форму. Команду APER можно использовать также и для уменьшения влияния сигнала помехи определенной частоты во входном сигнале. Для этого нужно установить время интегрирования равным целому числу периодов сигнала, влияние которого необходимо ослабить. Например, для ослабления сигнала частотой 100 Гц (период = 10 мс), можно установить время интегрирования на значения 10 мс, 20 мс, 30 мс и так далее.

#### Установка разрешающей способности

Разрешающая способность является последним из параметров для команд измерительных функций (FUNC, ACV, DCV и так далее) или команды RANGE (диапазон)<sup>1</sup>. Этот параметр назван *%\_resolution* (разрешение в процентах) и определяется как процент от параметра *max\_input* (см. выше подраздел “Установка предела измерения”). В мультиметре для определения разрешающей способности измерения производится умножение установленного параметра *%\_resolution* на параметр *max\_input*. Для вычисления параметра *%\_resolution* используется следующая формула:

$$\%_{resolution} = (\text{фактическая разрешающая способность}/\text{max\_input}) \times 100$$

Например, если максимальное ожидаемое значение входного напряжения постоянного тока равно 10 В, и нужно его измерить с разрешением 1 мВ, то вычисления по формуле дают результат:

$$\%_{resolution} = (0,001/10) \times 100 = 0,01$$

По умолчанию параметр *%\_resolution* устанавливается на значение, определяемое временем интегрирования, заданном при последнем выполнении одной из команд APER или NPLC.

1. Разрешающую способность можно установить командой RES.

Для измерений на постоянном токе или измерении сопротивлений (и измерений на переменном токе в аналоговом виде) разрешающая способность определяется установленным временем интегрирования АЦП. При установке разрешающей способности производится косвенная установка и времени интегрирования. Поскольку команда APER или NPLC также устанавливает время интегрирования, то при установке разрешающей способности происходит взаимодействие следующего вида:

- При посылке команды APER или NPLC *до установки* разрешающей способности мультиметр выполняет команду, которая устанавливает большую разрешающую способность (большее время интегрирования).
- При посылке команд APER или NPLC *после установки* разрешающей способности, в мультиметре используется значение времени интегрирования, установленное командами APER или NPLC, а любое значение разрешающей способности, определенное ранее, игнорируется.

### Изменение установленного значения разрешающей способности

При проведении измерений на постоянном токе или сопротивлений можно изменить установленное значение разрешающей способности измерения, если недостаточно то значение, которое установлено командой APER или NPLC. Например, в следующем примере программы в строке 10 устанавливается время интегрирования 1 PLC, которое означает, что обеспечивается подавление NMR на уровне 60 дБ, и устанавливается разрешающая способность  $7\frac{1}{2}$  десятичных разрядов. Реальное разрешение на пределе измерения 10 В составит 1 мВ. Для указанной измерительной задачи требуется разрешение 100 нВ с параметром *max\_input*, установленным на 10 В. По формуле, приведенной выше, расчетное значение параметра *%\_resolution* составит 0,000001 (1E-6). Это значение устанавливается в строке 20.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1"  
20 OUTPUT 722;"DCV 10, 1E-6"  
30 END
```

### Автоматическая коррекция нуля

Функция автоматической коррекции нуля гарантирует, что любые внутренние ошибки смещения мультиметра будут исключены из дальнейших результатов измерений на постоянном токе или измерения сопротивлений. Функцией автоматической коррекции нуля можно управлять с помощью команды AZERO. После выполнения команды AZERO ON (автокоррекция включена) внутри вольтметра по завершении каждого измерения производится отключение входного сигнала от АЦП, и выполняется измерение (отсчет) уровня нуля, которое затем алгебраически вычитается из результатов предшествующего измерения. После выполнения команды AZERO OFF (автокоррекция выключена) или ONCE (однократно) мультиметр выполняет одно измерение уровня нуля, которое затем алгебраически вычитается из результата каждого последующего измерения. После выполнения команд AZERO OFF или AZERO ONCE мультиметр производит измерение уровня нуля сразу после первого события подготовки запуска для всех событий, за исключением команды подготовки внешнего запуска TARM EXT. В последнем случае измерение уровня нуля производится по исполнению команды TARM EXT (событие подготовки запуска обсуждается в разделе 4). Значение уровня нуля обновляется при изменении измерительной функции, предела или времени интегрирования. Это обновление происходит при возникновении события подготовки запуска или выполнении команды TARM EXT. При включении питания мультиметра или после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, параметр команды AZERO устанавливается в состояние ON (включено). Изменить установку можно посылкой команды:

```
OUTPUT 722;"AZERO OFF"
```

### Примечание

Для 4-проводных измерений сопротивлений команду AZERO ON следует оставить включенной. Если нужно запретить автоматическую коррекцию нуля (команды AZERO OFF или AZERO ONCE), то необходимо убедиться, что до запрета выполнены все измерительные соединения, и что сопротивление измерительных проводников не изменился. Если автоматическая коррекция уровня нуля была запрещена перед выполнением 4-проводных измерений, или если изменилось сопротивление измерительных проводников (например, при коммутации), то результаты 4-проводных измерений будут неточными.

## **Компенсация смещения**

Так как измерение сопротивления подразумевает измерение напряжения, наводимого на измеряемом сопротивлении, то на погрешность измерения будет влиять наличие любого внешнего напряжения (напряжения смещения). При разрешении компенсации смещения в мультиметре производится коррекция результатов измерения сопротивления за счет устранения эффектов напряжения смещения. Для проведения этой процедуры в мультиметре сначала измеряется входное напряжение при включенном источнике тока. Затем источник тока отключается и вновь производится измерение. Истинное наведенное напряжение определяется как разность между двумя измеренными напряжениями. Компенсация смещения может использоваться как для 2-, так и 4-проводной схемы. Компенсация смещения в мультиметре выполняется только для пределов от 10 Ом до 100 кОм; для других пределов не выполняется. При включении питания или после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, компенсация смещения запрещена. Для разрешения компенсации смещения, нужно послать:

OUTPUT 722 : "OCOMP ON"

Ряд максимальных значений напряжений смещения для компенсированных измерений сопротивлений приведен в приложении А “Технические характеристики”.

## **Фиксированное входное сопротивление**

При выполнении измерений напряжение постоянного тока в мультиметре возможна фиксация входного сопротивления за счет использования команды FIXEDZ. Это очень полезно для устранения влияния изменения входного сопротивления (вызываемого изменением пределов) на результаты измерения. В таблице 12 показано значение входного сопротивления при выполнении команды FIXEDZ OFF (фиксация выключена). При выполнении команды FIXEDZ ON (фиксация включена) входное сопротивление мультиметра остается постоянным, устанавливаясь на значение 10 МОм для всех пределов измерения напряжения постоянного тока. При включении питания или после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, фиксация сопротивления выключена. Для включения фиксации входного сопротивления, необходимо послать:

OUTPUT 722 ; "FIXEDZ ON"

Для запрета фиксации, передать:

OUTPUT 722 ; "FIXEDZ OFF"

## **Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на переменном токе**

В этом разделе рассматриваются вопросы конфигурирования мультиметра для измерения напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока, измерения переменного тока или суммы переменного и постоянного токов, измерения частоты и периода.

### **Измерение напряжения переменного тока и суммы напряжений переменного и постоянного тока**

Мультиметром выполняются измерения истинного среднего квадратического значения (СКЗ) напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока на основе трех методов измерения: аналогового преобразования сигнала в СКЗ, преобразования на основе случайных выборок и преобразования на основе синхронных выборок. При реализации каждого метода предусмотрены шесть пределов: 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В и 1000 В. Максимальная разрешающая способность на каждом пределе составляет  $6 \frac{1}{2}$  десятичных разрядов.

В таблице 15 показаны измерительные характеристики и указаны требования к сигналу для каждого метода измерения. На рисунке 11 показаны подсоединения к входным клеммам для всех видов измерения напряжений.

При измерении напряжения переменного тока мультиметр выполняет измерение только переменной составляющей входного сигнала. Для смешанных измерений напряжений постоянного и переменного тока, мультиметр выполняет измерение постоянной и

переменной составляющих в пределах диапазонов частот, приведенных в таблице 15. Необходимо отметить, что при измерении суммы напряжений переменного и постоянного тока, например, аналоговым методом преобразования сигнала, переменная составляющая частотой ниже 10 Гц не включается в результат измерения.

#### Примечание

При выполнении измерений в диапазонах 10 мВ и 100 мВ с применением любого из указанных выше методов измерения напряжения переменного тока возможно появления ошибок в результатах измерений, вызванных влиянием наводок (например, переходного процесса вызванного включением и выключением электромотора большой мощности). Для получения правильных результатов измерения на этих пределах необходимо убедиться в том, что близлежащее оборудование является электрически спокойным и, кроме того, для соединения необходимо использовать экранированные измерительные проводники.

**Таблица 15 - Методы измерения напряжения переменного тока и суммы напряжений переменного и постоянного тока**

Метод измерения ACV/ACDCV	Частотный диапазон	Наименьшая погрешность измерения	Требуемая периодичность сигнала	Скорость измер-я (отсчет/сек) Мин.	Макс.
Синхронный	от 1 Гц до 10 МГц	0,01%	да	0,025	10
Аналоговый	от 10 Гц до 2 МГц	0,03%	нет	0,8	50
Случайный	от 20 Гц до 10 МГц	0,10%	нет	0,025	45

#### Синхронное преобразование выборок

При синхронном преобразовании выборок производится вычисление истинного СКЗ на основе полученных выборок. При этом методе требуется, чтобы измеряемый сигнал был периодическим. При синхронных выборках достигается превосходная линейность и наименьшая погрешность среди указанных методов измерения. Синхронные выборки применяются для измерения периодических сигналов в диапазоне частот от 1 Гц до 10 МГц.

#### Некоторые замечания относительно метода синхронных выборок

- Для данного метода мультиметр использует по умолчанию для синхронизации выборок входного сигнала событие источника синхронизации по уровню (LEVEL). Если входной сигнал исчез при выполнении отсчета и не появился в течение определенного отрезка времени, то для продолжения измерения происходит изменение метода измерения на метод случайных выборок. Границы времени ожидания предварительно заданы установкой полосы пропускания напряжения переменного тока и обсуждаются ниже в этом разделе. Предотвратить изменение метода измерения можно командой SSRC. Кроме того, темп выборок можно задавать от сигнала синхронизации на соединителе внешнего запуска Ext Trig. Подробнее см. описание команды SSRC и примеры ее использования в разделе 6.
- При использовании источника синхронизации по уровню (LEVEL) возможный шум во входном сигнале может привести к ложному запуску по уровню и получению неточных отсчетов. Для получения точных отсчетов необходимо убедиться в том, что близлежащее оборудование является электрически спокойным и, кроме того, для соединения необходимо использовать экранированные измерительные проводники. Разрешение фильтрации по уровню (команда LFILTER ON) снижает чувствительность к шуму. Подробнее см. описание команды LFILTER в разделе 6.
- При синхронном взятии выборок входной сигнал всегда подается на открытый вход, независимо от установленной измерительной функции (ACV или ACDCV). При установке ACV постоянные составляющие математически вычитаются из результата. Это важно учитывать, поскольку комбинированные уровни напряжения постоянного и переменного тока могут создавать условие перегрузки, хотя одно напряжение переменного тока обычно к перегрузке не приводит.

## **Аналоговое преобразование сигнала в среднеквадратическое значение**

### **Преобразование на основе метода случайных выборок**

### **Установка метода измерения напряжения переменного тока**

### **Измерение переменного тока и суммы постоянного и переменного тока**

При аналоговом преобразовании сигнала в среднее квадратическое значение (СКЗ) производится прямое интегрирование входного сигнала. Этот режим устанавливается по умолчанию при включении питания. Метод хорошо работает при измерении сигналов в диапазоне частот от 10 Гц до 2 МГц и обеспечивает самые быстрые измерения из трех используемых в приборе методов измерения.

При преобразовании на основе метода случайных выборок выполняются многочисленные выборки входного сигнала для каждого отсчета. Выборки выполняются в случайному порядке по тактам внутреннего задающего генератора, а истинное СКЗ сигнала вычисляется на основе статистических формул. В отличие от метода с синхронным преобразованием отсчетов, при использовании метода случайных выборок не требуется периодического повторения входного сигнала, что делает его весьма удобным для решения таких прикладных задач, как измерение шумов в широком диапазоне частот. Этот метод имеет превосходную линейность, хорошую точность и особенно подходит для измерения сигналов низкого уровня ( $< 1/10$  полной шкалы). Полоса частот при измерении на основе метода случайных выборок составляет от 20 Гц до 10 МГц.

При включении питания в мультиметре устанавливается метод аналогового преобразования входного сигнала в СКЗ. В состоянии при включении питания измерения с использованием аналогового преобразования в СКЗ выполняются простым выбором измерения напряжения переменного (AC) или суммы переменного и постоянного (AC+DC) тока:

```
OUTPUT 722; "ACV" !ВЫБИРАЮТСЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ЗАКРЫТЫМ ВХОДОМ
```

или

```
OUTPUT 722; "ACDCV" !ВЫБИРАЮТСЯ ИЗМЕРЕНИЯ СУММЫ НАПРЯЖЕНИЙ  
ПЕРЕМ. И ПОСТ. ТОКА С ОТКРЫТЫМ ВХОДОМ
```

Метод измерения напряжения постоянного тока можно установить с помощью команды SETACV. Например, чтобы установить преобразование на основе метода случайных выборок, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "SETACV RNDM"
```

Чтобы установить преобразование с использованием метода синхронных выборок, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "SETACV SYNC"
```

Для возврата к методу аналогового преобразования СКЗ сигнала, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "SETACV ANA"
```

Установленный командой метод измерения напряжения переменного тока остается в силе, пока не выполнен цикл выключения/включения питания, сброс мультиметра или не установлен другой метод измерения. Всякий раз, когда устанавливается режим измерения напряжения переменного тока (AC), либо суммы напряжений переменного и постоянного тока (AC+DC) в качестве метода измерения будет использоваться последний из установленных.

При измерении тока в мультиметре используется способ, основанный на включении внутреннего шунтирующего резистора между входными клеммами, измерении напряжения на этом резисторе и вычислении тока (ток = напряжение/сопротивление). В отличие от измерения напряжения переменного тока (AC) или суммы напряжений переменного и постоянного тока (AC+DC) при измерениях тока используется только аналоговое преобразование (прямое интегрирование). Токовые входы передней и задней панели мультиметра защищены предохранителями 1 А, 250V. На рисунке 12 показано подключение клемм передней панели для всех видов измерений тока.

В мультиметре измерение переменного (AC) и суммы переменного и постоянного тока (AC+DC) производится на пяти пределах. При измерениях переменного тока мультиметр измеряет только переменную составляющую входного сигнала. При измерениях

суммы переменного и постоянного токов (AC+DC) в мультиметре измеряется составляющая постоянного тока и переменная составляющая, начиная с частоты 10 Гц. Следует обратить внимание на то, что при измерении суммы переменного и постоянного токов, любые составляющие переменного тока, частотой ниже 10 Гц в результат измерения не включаются. Максимальная разрешающая способность для измерений составляет  $6 \frac{1}{2}$  десятичных разрядов. В таблице 16 показаны все пределы измерения тока и значения отсчета полной шкалы, максимальная разрешающая способность, и используемый шунтирующий резистор. Разрешающая способность - функция установленного времени интегрирования. Подробнее см. ниже подраздел "Установка времени интегрирования". Для установки режима измерения переменного тока необходимо использовать команду ACI. Для измерения суммы переменного и постоянного токов используется команда ACDCI. Например, для измерения переменного тока на пределе 100 мА, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "ACI 100E-6"
```

Для измерения суммы переменного и постоянного токов на пределе 10 мА, нужно послать:

```
OUTPUT 722; "ACDCI 10E-3"
```

**Таблица 16 - Пределы и разрешающая способность при измерениях переменного (AC) и суммы переменного и постоянного (AC+DC) токов**

Предел	Отсчет полной шкалы преобразования	Максимальная разрешающая способность	Значение сопротивления шунтирующего резистора
100 мА	120,0000 мА	100 нА	730 Ом
1 мА	1,200000 мА	1 нА	100 Ом
10 мА	12,00000 мА	10 нА	10 Ом
100 мА	120,0000 мА	100 нА	1 Ом
1 А	1,050000 А	1 мкА	0,1 Ом

## Измерение частоты и периода

Счетчик, использующийся в мультиметре для измерения частоты и периода сигнала, воспринимает входной сигнал с входов измерения переменного напряжения или тока.

Максимальная разрешающая способность при измерении частоты и периода сигнала составляет 7 десятичных разрядов<sup>1</sup>. Подробнее см. ниже подраздел "Установка разрешающей способности".

Для установки режима измерения частоты используется команда FREQ, для измерения периода - команда PER. При измерении частоты или периода необходимо также указать, откуда поступает входной сигнал - от источника напряжения или источника тока, а также указать, при открытом или закрытом входе будет выполняться измерение. Эти установки выполняются с помощью команды FSOURCE (источник частоты). Значение по умолчанию или при включении питания - ACV. В таблице 17 показаны параметры команды FSOURCE, тип входа и измерительные возможности по каждому параметру. Схема соединений к входным клеммам для измерения частоты или периода источника напряжения показана на рисунке 11. Схема соединений к входным клеммам для измерения частоты или периода для источника тока также показана на рисунке 12.

### Примечание

При измерении частоты и периода команда LEVEL (уровень) влияет на установку значения нулевого порогового уровня и вида связи входного сигнала (открытый или закрытый вход). Подробнее см. описание команды LEVEL в разделе 6.

- Крайняя левая цифра, которая является  $1 \frac{1}{2}$  десятичного разряда для большинства функций измерения, при измерениях частоты и периода является полным разрядом (принимает все значения от 0 до 9).

**Таблица 17 - Параметры команды FSOURCE**

<b>Параметры FSOURCE</b>	<b>Определение</b>	<b>Измерительные возможности</b>	
		<b>Частота</b>	<b>Период</b>
ACV	Напряжение переменного тока, закрытый вход	от 1 Гц до 10 МГц	от 100 нс до 1 с
ACDCV	Напряжение переменного тока, открытый вход	от 1 Гц до 10 МГц	от 100 нс до 1 с
ACI	Переменный ток, закрытый вход	от 1 Гц до 100 кГц	от 10 мкс до 1 с
ACDCI	Переменный ток, открытый вход	от 1 Гц до 100 кГц	от 10 мкс до 1 с

Следующая программа конфигурирует мультиметр для измерения частоты источника напряжения на пределе 10 В. Входной сигнал подается на закрытый вход.

```
10 OUTPUT 722; "FREQ 10"
20 OUTPUT 722; "FSOURCE ACV"
30 END
```

Следующая программа конфигурирует мультиметр для измерения периода сигнала источника тока на пределе 10 мА. Входной сигнал подается на открытый вход.

```
10 OUTPUT 722; "PER 10E-3"
20 OUTPUT 722; "FSOURCE ACDCI"
30 END
```

#### **Примечание**

При измерении частоты или периода можно уменьшать влияние высокочастотного шума для частот выше 75 кГц включением фильтра уровня. Подробнее см. описание команды LFILTER (фильтр уровня) в разделе 6.

#### **Установка полосы пропускания**

Команда ACBAND устанавливает частотный спектр входного сигнала для измерений переменной (AC) и суммы переменной и постоянной (AC+DC) составляющих. Установка частотного спектра сигнала позволяет мультиметру выполнять более точные измерения, а также устанавливать конфигурацию для выполнения самых быстрых измерений. Первый параметр команды ACBAND устанавливает нижнее значение частоты полосы пропускания (значение при включении питания или после предустановки командой PRESET NORM составляет 20 Гц). Второй параметр устанавливает верхнее значение частоты полосы пропускания (значение при включении питания или после предустановки командой PRESET NORM составляет 2 МГц). Например, для установки частотного диапазона входного сигнала от 750 Гц до 2 кГц, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "ACBAND 750,2000"
```

Зависимость точностных характеристик и скоростей взятия отсчетов при измерениях на переменном токе от частотного спектра входного сигнала приведена в приложении А “Технические характеристики”.

#### **Примечание**

При синхронном методе измерения напряжений переменного тока и суммы напряжений переменного и постоянного тока параметр ширины полосы пропускания используется в мультиметре для вычисления значений тайм-аута и параметров выполнения выборки. Для измерений частоты или периода сигнала при включенном автоматическом переключении пределов параметры полосы частот используются для определения времени, необходимого для автоматического переключения пределов. Для этих измерений очень важно, чтобы установленная полоса частот (особенно нижнее значение частоты этой полосы) соответствовала бы частотному спектру входного сигнала.

## Установка времени интегрирования

Время интегрирования это период времени, за который АЦП выполняет измерение входного сигнала. При аналоговых измерениях на переменном токе время интегрирования определяет максимальное число десятичных цифр разрешающей способности и, наряду с установленной полосой частот, устанавливает скорость взятия отсчетов (время интегрирования также имеет небольшое влияние на точность аналогового измерения на переменном токе). Аналоговые измерения на переменном токе определяются как измерения напряжений переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока, выполняемые только методом аналогового преобразования (команда SETACV ANA), а также как измерения переменного тока или суммы переменного и постоянного токов. При увеличении времени интегрирования разрешающая способность и точность измерения увеличиваются, но скорость измерения уменьшается.

### Примечание

Время интегрирования не оказывает никакого влияния на измерения периода или частоты. При проведении измерений напряжения переменного тока с помощью методов синхронных и случайных выборок (SET ACV SYNC или SET ACV RNDM) время интегрирования АЦП выбирается автоматически, а мультиметр достигает установленной разрешающей способности (см. следующий подраздел "Установка разрешающей способности") за счет изменения числа выполняемых выборок.

Для аналоговых измерений на переменном токе время интегрирования можно устанавливать в терминах периодов напряжения сети питания (PLC), используя команду NPLC. Для установки времени интегрирования можно использовать команду APER, хотя эта команда прежде всего предназначена для измерений на постоянном токе (подробнее см. описание команды APER в разделе 6). Для определения времени интегрирования в мультиметре производится умножение установленного числа PLC на период опорной частоты АЦП (команда LFREQ). Например, период сети питания частотой 50 Гц составляет 20 мс. При установке 10 PLCs, время интегрирования составит 200 мс. В состоянии при включении питания время интегрирования установлено на 10 PLCs. После предустановки, выполненной командой PRESET NORM, время интегрирования устанавливается на 1 PLC. Чтобы установить время интегрирования, соответствующее выполнению самых быстрых измерений (но с самой низкой точностью и разрешающей способностью  $4\frac{1}{2}$  десятичных разрядов), нужно послать:

```
OUTPUT 722; "NPLC 0"
```

Для установки наивысшей точности и разрешающей способности  $6\frac{1}{2}$  десятичных разрядов (но при самом низком быстродействии) нужно послать:

```
OUTPUT 722; "NPLC 1000"
```

Дискретность установки времени интегрирования в значениях PLC для различных диапазонов составляет:

- 0 - 1 PLC (с шагом 0,000006 PLC для опорной частоты 60 Гц, или с шагом 0,000005 PLC для опорной частоты 50 Гц)
- 1 - 10 PLC с шагом 1 PLC
- 10 - 100 PLC с шагом 10 PLC

### Примечание

При времени интегрирования больше 10 PLC в мультиметре производится усреднение числа отсчетов, взятых со временем интегрирования в 10 PLC. Например, если установлено время интегрирования 60 PLC, то в мультиметре производится усреднение шести отсчетов, взятых через 10 PLC.

Обычно выбирается такое время интегрирования, которое обеспечивает достаточное быстродействие при одновременном поддержании приемлемых параметров его точности и разрешающей способности. В таблице 18 показаны зависимости между временем интегрирования и числом разрядов разрешающей способности для аналоговых измерений по переменному току в АЦП.

**Таблица 18 - Зависимости при выполнении аналоговых измерений по переменному току в АЦП**

Разрешающая способность (число десятичных разрядов)	Число периодов питающей сети (команда NPLC)	
	LFREQ = 60 Гц	LFREQ = 50 Гц
4,5	0 – 0,000030	0 – 0,000025
5,5	0,000036 – 0,000360	0,000030 – 0,000300
6,5	0,000366 – 1000	0,000305 – 1000

## Установка разрешающей способности

Разрешающая способность является последним из параметров для команд измерительных функций (FUNC, ACV, DCV и так далее) или команды RANGE (предел) <sup>1</sup>. Этот параметр назван *%\_resolution* (разрешение в процентах).

Для всех аналоговых измерений по переменному току (напряжения или тока) *%\_resolution* определяется как процент от параметра *max\_input* (максимальное значение входного сигнала) команды. Для определения разрешающей способности измерения мультиметр умножает заданный параметр *%\_resolution* на параметр *max\_input*. Для вычисления параметра *%\_resolution* используется формула:

$$\%_{resolution} = (\text{фактическая разрешающая способность}/\text{max\_input}) \times 100$$

Например, если максимальное ожидаемое значение входного напряжения переменного тока равно 10 В, и нужно его измерить с разрешением 1 мВ переменного тока, то вычисления по формуле дают результат:

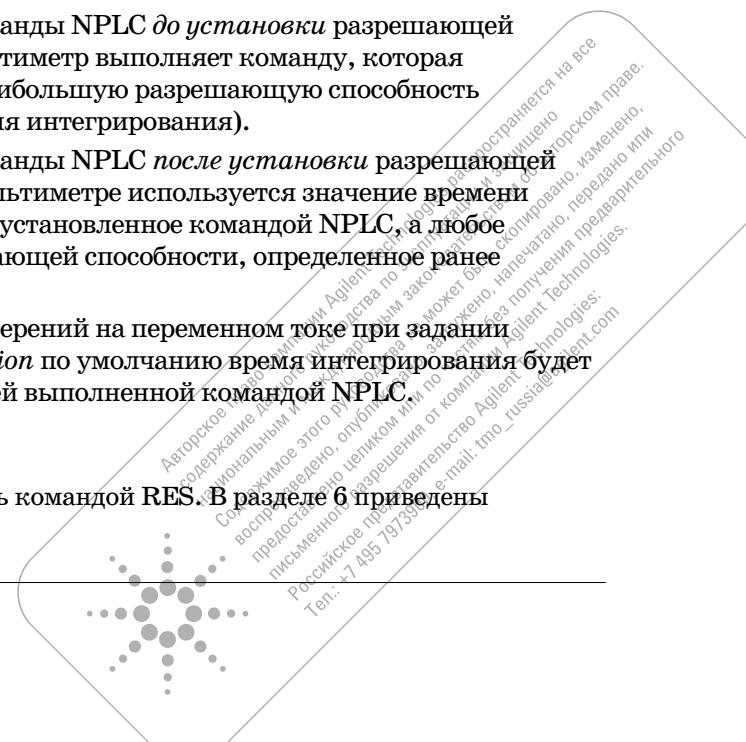
$$\%_{resolution} = (0,001/10) \times 100 = 0,01$$

Для аналоговых измерений на переменном токе разрешающая способность определяется временем интегрирования АЦП. При установке разрешающей способности производится фактически косвенная установка и времени интегрирования. Поскольку команда NPLC может также устанавливать время интегрирования, то при установке разрешающей способности происходит взаимодействие следующего вида:

- При посылке команды NPLC *до установки* разрешающей способности мультиметр выполняет команду, которая устанавливает наибольшую разрешающую способность (наибольшее время интегрирования).
- При посылке команды NPLC *после установки* разрешающей способности в мультиметре используется значение времени интегрирования, установленное командой NPLC, а любое значение разрешающей способности, определенное ранее, игнорируется.

Для аналоговых измерений на переменном токе при задании параметра *%\_resolution* по умолчанию время интегрирования будет определено последней выполненной командой NPLC.

- 
1. Разрешающую способность можно установить командой RES. В разделе 6 приведены примеры использования этой команды.



Для преобразований с использованием выборок напряжения переменного тока (ACV) или суммы напряжений переменного и постоянного тока (ACDCV) команда установки метода случайных выборок (SETACV RNDM) имеет фиксированную разрешающую способность  $4\frac{1}{2}$  десятичных разряда, которая не может быть изменена. Для метода синхронных выборок (SETACV SYNC) параметр *%\_resolution* составляет:  $0,001 = 7\frac{1}{2}$  десятичных разрядов;  $0,01 = 6\frac{1}{2}$  десятичных разрядов;  $0,1 = 5\frac{1}{2}$  десятичных разрядов;  $1 = 4\frac{1}{2}$  десятичных разряда.

**При измерениях частоты и периода** параметр *%\_resolution* устанавливает интервал временной селекции и число десятичных разрядов разрешающей способности, как указано в таблице 19. Например, следующая программа устанавливает режим измерения частоты входного напряжения на пределе 10 В. Параметр *%\_resolution* в строке 20 (. 00001) устанавливает временной селектор на 1 с и разрешающую способность на 7 десятичных разрядов.

```
10 OUTPUT 722; "FSOURCE ACV"
20 OUTPUT 722; "FREQ 10,.00001"
30 END
```

По умолчанию для измерений частоты (FREQ) или периода (PER) мультиметр устанавливает *%\_resolution* на значение 0,00001, которое устанавливает временной селектор на 1 с и разрешающую способность на 7 десятичных разрядов.

**Таблица 19 - Временной селектор и разрешающая способность при измерении частоты и периода**

Параметр <i>%_resolution</i>	Временной селектор	Разрешающая способность (десятичных разрядов)
0,00001	1 с	7
0,0001	100 мс	7
0,001	10 мс	6
0,01	1 мс	5
0,1	100 мкс	4

#### Изменение установленного значения разрешающей способности

При установке аналоговых измерений напряжения постоянного тока (ACV), суммы напряжений постоянного и переменного тока (ACDCV) командой SETACV, переменного тока (ACI) или постоянного тока (ACDCI) следует увеличивать разрешающую способность, если недостаточно значение, установленное командой NPLC. Например, в следующем примере программы в строке 10 устанавливается время интегрирования 0,0001 PLC, которое означает, что устанавливается разрешающая способность  $5\frac{1}{2}$  десятичных разрядов, что дает в результате разрешающую способность 100 мкВ на пределе 10 В. Для указанной задачи требуется разрешение 10 мкВ при максимальном входном сигнале 10 В. По формуле, приведенной выше, расчетное значение параметра *%\_resolution* составит 0,0001 (1E-4). Это значение устанавливается в строке 30. При такой разрешающей способности для взятия отсчета требуется около 40 секунд.

```
10 OUTPUT 722; "NPLC .0001"
20 OUTPUT 722; "SETACV ANA"
30 OUTPUT 722; "ACV 10,1E-4"
40 END
```

При установке метода синхронных выборок для измерения напряжения постоянного тока (ACV), суммы напряжений постоянного и переменного тока (ACDCV) командой SETACV SYNC, а также измерений частоты (FREQ) и периода (PER) установка разрешающей способности является единственным способом изменить фактическое разрешение прибора. Для этих измерений время интегрирования фиксировано, и взаимодействия между командой NPLC и параметром *%\_resolution* не происходит. В этом

случае мультиметр достигает установки нужной разрешающей способности за счет изменения числа выполняемых выборок. Если не устанавливать параметр `%_resolution`, то мультиметр по умолчанию установит его на значение на 0,01% для метода синхронных выборок, и на 0,4% для метода случайных выборок. Следующая программа устанавливает режим измерения напряжения переменного тока, использующий метод синхронных выборок. Ожидаемый максимум входного напряжения составляет 10 В, а значение 0,1 параметра `%_resolution` устанавливает разрешение  $5\frac{1}{2}$  десятичных разрядов, что приводит к фактической разрешающей способности 1 мВ.

```
10 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"
20 OUTPUT 722; "ACV 10, .1"
30 END
```

## Конфигурирование мультиметра для измерения отношений

При измерении отношений, мультиметр измеряет опорное напряжение постоянного тока, приложенное к клеммам **Ω Sense**, и напряжение сигнала, приложенное к входным клеммам **Input**. Отношение вычисляется по следующей формуле:

$$\text{Отношение} = \frac{\text{Напряжение сигнала}}{\text{Опорное напряжение постоянного тока}}$$

В качестве функций измерения напряжения могут использоваться: измерение напряжения постоянного тока (DC), напряжения переменного тока (AC), а также суммы напряжений переменного и постоянного тока (AC+DC). Для измерения напряжения переменного тока и суммы напряжений переменного и постоянного тока может использоваться любой из трех методов измерения (ANA, RNDM или SYNC). Измерительная функция опорного напряжения всегда устанавливает опорное напряжение постоянного тока с возможностью его измерения в пределах  $\pm 12$  В. На рисунке 15 показаныключения к клеммам передней панели для выполнения измерений отношений.

### Примечание

Клеммы **Ω Sense LO** и **Input LO** должны иметь общую точку. Допустимая максимальная разность потенциалов между указанными клеммами не должна превышать 0,25 В.

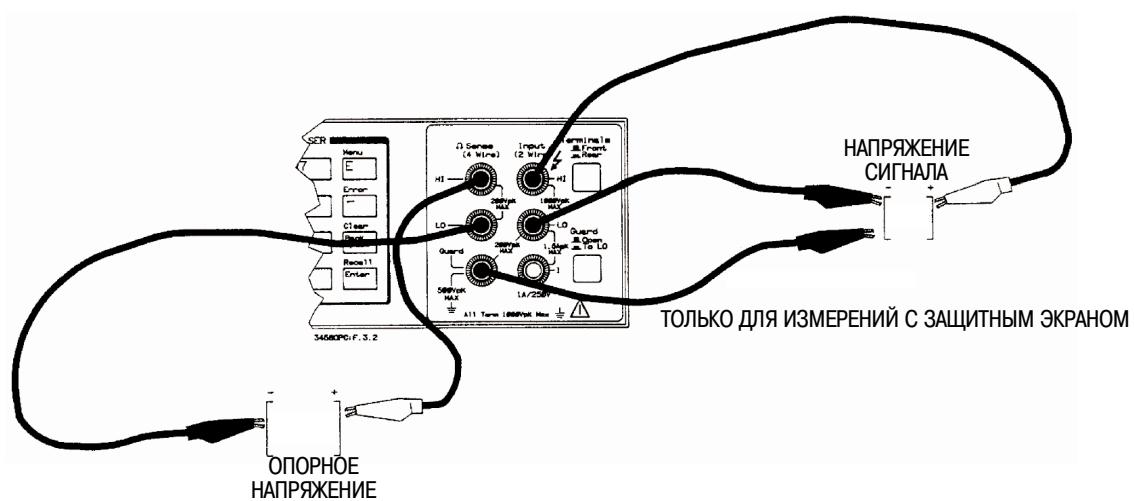


Рисунок 15 - Соединения при измерении отношений

## **Установка измерения отношений**

Чтобы установить режим измерения отношения, следует сначала выбрать измерительную функцию, необходимую для измерения сигнала (и метод измерения для измерения напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока) и затем с помощью команды RATIO разрешить измерение отношения. Например, следующая программа выполняет измерение отношения напряжения переменного тока (на пределе 10В) с использованием метода синхронных выборок:

```
10 OUTPUT 722; "ACV 10"  
20 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"  
30 OUTPUT 722; "RATIO ON"  
40 END
```

Для запрета измерения отношений необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "RATIO OFF"
```

При измерении отношений установленный предел измерения относится только к измерению напряжения сигнала приложенного к входным клеммам **Input**. Измерение опорного напряжения (клеммы **Ω Sense**) всегда установлено на автоматическое переключение пределов. Переключение пределов подробнее рассмотрено ранее в подразделе “Общие сведения о конфигурировании” этого раздела.

## **Использование памяти подпрограмм**

Мультиметр может запоминать строки команд в качестве подпрограмм. Это позволяет выполнять часто используемые строки команд и свести к минимуму использование шины и контроллера. Поскольку запомненные подпрограммы уже скомпилированы и готовы к исполнению, то мультиметр выполняет подпрограмму намного быстрее, чем выполняются эквивалентные команды, посланные через интерфейс GPIB. В мультиметре имеется память 14 К байт, которая используется для запоминания подпрограмм и состояний (последние рассмотрены позже). При переполнении памяти подпрограмм/состояний мультиметр генерирует ошибку *Memory Error* (ошибка памяти). Этой ошибке соответствует разряд 7 в регистре ошибок.

---

### **Примечание**

В регистре статуса выделен специальный бит завершения работы подпрограммы, который может использоваться для определения окончания выполнения подпрограммы. Подробнее см. ниже подраздел “Использование регистра статуса”.

---

### **Запоминание подпрограмм**

Для запоминания подпрограммы используют команды SUB и SUBEND. Команда SUB указывает на начало подпрограммы и ее имя для идентификации. Имя подпрограммы может содержать до 10 символов, которые могут быть все буквенно-цифровыми символами или комбинацией букв и цифр (символы ? и \_ также могут быть включены в имя подпрограммы). При использовании алфавитно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Алфавитные или алфавитно-цифровые имена подпрограмм не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также с именем запомненного состояния.

После ввода команды SUB ввести команды подпрограммы в нужном порядке их исполнения. Для указания конца подпрограммы использовать команду SUBEND. Все подпрограммы запоминаются в энергонезависимой памяти (не стираются при выключении питания), если подпрограмма не будет подвергнута сжатию (подробнее см. подраздел “Сжатие подпрограмм” ниже). Например, следующая программа, например, сохраняет команды, помещенные в строках с 20 по 60 в качестве подпрограммы с именем DCCUR1.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DCCUR1"
20 OUTPUT 722; "MEM FIFO"
30 OUTPUT 722; "TRIG HOLD"
40 OUTPUT 722; "DCI 1,.01"
50 OUTPUT 722; "NRDGS 5, AUTO"
60 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
70 OUTPUT 722; "SUBEND"
80 END
```

При создании новой подпрограммы с таким же именем, как у существующей подпрограммы, новая подпрограмма перезаписывает старую подпрограмму.

## Выполнение подпрограмм

Для выполнения запомненной подпрограммы необходимо послать команду CALL с указанием имени подпрограммы. Например, чтобы выполнить предшествующую подпрограмму, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "CALL DCCUR1"
```

### Примечание

Когда входной буфер (рассматривается ниже в данном разделе) выключен, мультиметр не освобождает шину GPIB вплоть до завершения подпрограммы или до получения команды PAUSE (пауза) (рассматривается ниже). Дополнительная информация об освобождении шины сразу после вызова подпрограммы приведена в подразделе “Использование входного буфера” этого раздела. Чтобы прервать выполнение подпрограммы, необходимо передать команду Device Clear (очистить устройство) шины GPIB .

С передней панели можно просмотреть все запомненные имена подпрограмм с помощью команды CALL и клавиш со стрелками вверх или вниз. После нахождения нужной подпрограммы нажать клавишу Enter для ее выполнения.

## Приостановка выполнения подпрограмм

Временно приостановить выполнение подпрограммы можно за счет включения в запомненную подпрограмму команды PAUSE (пауза). Выполнение подпрограммы в мультиметре основано на принципе последовательного исполнения команд. Когда встречается команда PAUSE, выполнение подпрограммы приостанавливается, и если подпрограмма вызывалась в режиме дистанционного управления, шина GPIB освобождается. Например, следующая программа содержит команду PAUSE строке 60.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 2"
20 OUTPUT 722; "MEM FIFO"
30 OUTPUT 722; "TRIG HOLD"
40 OUTPUT 722; "DCV 10"
50 OUTPUT 722; "NRDGS 5,AUTO"
60 OUTPUT 722; "PAUSE"
70 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 END
```

При вызове этой подпрограммы, команды будут выполняться до команды PAUSE, затем программа прекращает выполнение. Чтобы продолжить выполнения подпрограммы, послать:

```
OUTPUT 722; "CONT"
```

Кроме того, выполнение подпрограммы может быть возобновлено передачей по шине GPIB команды Group Execute Trigger (запуск группы). Это команда сама по себе не вызывает запуск измерения: она просто возобновляет работу подпрограммы.

## **Вложенные подпрограммы**

Подпрограмму можно использовать для вызова другой подпрограммы (вложенные подпрограммы). Например, при вызове следующей подпрограммы (команда CALL 1), выполняется 10 измерений напряжения постоянного тока, и затем вызывается предварительно сохраненная подпрограмма *DCCUR1*.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 1"
20 OUTPUT 722; "TRIG HOLD"
30 OUTPUT 722; "NRDGS 10,AUTO"
40 OUTPUT 722; "DCV 10"
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
60 OUTPUT 722; "CALL DCCUR1"
70 OUTPUT 722; "SUBEND"
80 END
```

Подпрограмма, содержащая команду PAUSE, не может быть вызвана из другой подпрограммы. Мультиметр позволяет разместить до 10 вложенных подпрограмм; то есть, подпрограмма 1 вызывает подпрограмму 2, которая вызывает подпрограмму 3, которая вызывает подпрограмму 4 и так далее до подпрограммы 10.

## **Автозапуск подпрограмм**

Если подпрограмме присвоено имя 0, эта подпрограмма будет выполняться каждый раз, когда мультиметр завершит выполнение последовательности при включении питания, или после сброса с использованием клавиши **Reset** лицевой панели. Это особенно полезно, когда требуется автоматически вернуть мультиметр к предыдущему состоянию после отказа питания. Всякий раз при обнаружении отказа питания мультиметр сохраняет текущее состояние как состояние 0 (сстояния обсуждаются позднее в этом разделе). Следующая ниже программа запоминает программу автозапуска, которая возвращает мультиметр к состоянию, которое было перед отказом питания, а также устанавливает опорную частоту АЦП на точное значение частоты сети питания. Подробнее см. выше подраздел “Изменение опорной частоты”.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 0"
20 OUTPUT 722; "RSTATE 0"
30 OUTPUT 722; "LFREQ LINE"
40 OUTPUT 722; "SUBEND"
50 END
```

Для вызова подпрограммы автозапуска без выключения/включения питания можно использовать команду CALL 0.

## **Сжатие подпрограмм**

При запоминании подпрограммы мультиметр сохраняет ее текст в коде ASCII в энергонезависимой памяти, а откомпилированную версию - в энергозависимой памяти. При вызове подпрограммы мультиметр выполняет откомпилированную версию (поэтому подпрограмма выполняется быстрее, чем аналогичные команды, посланные по шине). При выключении питания сохраняется только текст подпрограммы в коде ASCII. При восстановлении питания мультиметр использует текст ASCII для того, чтобы сгенерировать компилиированную подпрограмму. Для сжатия подпрограммы используется команда COMPRESS (сжать). При сжатии подпрограммы ее текст в коде ASCII удаляется из памяти, оставляя только скомпилированную версию в энергозависимой памяти. За счет этого увеличивается емкость свободной энергонезависимой памяти, но подпрограмма полностью из нее удаляется. При выключении питания, или нажатии клавиши **Reset** на передней панели вся запись подпрограммы будет стерта.

Следующий оператор сжимает предварительно запомненную подпрограмму с именем *DCCUR1*.

```
OUTPUT 722; "COMPRESS DCCUR1"
```

## **Удаление подпрограмм**

Команда DELSUB (удалить подпрограмму) удаляет определенную подпрограмму. Например, для удаления подпрограммы с именем *DCCUR1* необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "DELSUB DCCUR1"
```

Для удаления всех запомненных подпрограмм и состояний, необходимо использовать команду SCRATCH (стереть).

## **Использование памяти состояний**

Текущую конфигурацию мультиметра (измерительную функцию, предел, разрешающую способность, время интегрирования и так далее) можно запомнить в качестве конкретного состояния в памяти состояний. Подпрограммы, результаты измерения, содержимое некоторых математических регистров (подробнее см. описание команды SSTATE в разделе 6) не включаются в запомненное состояние. В случае потери питания мультиметр запоминает текущую конфигурацию в качестве состояния 0. Если пользователь запомнит состояние мультиметра в ячейке памяти 0, то это состояние будет перезаписано состоянием текущей конфигурации при выключении питания. В мультиметре для запоминания подпрограмм и состояний используется 14 Кбайт памяти. Каждое состояние занимает приблизительно 300 байт. Если в памяти отсутствуют подпрограммы, то мультиметр может запомнить до 46 состояний. При переполнении памяти подпрограмм/состояний мультиметр вырабатывает ошибку *Memory Error* (ошибка памяти). Этой ошибке соответствует разряд 7 в регистре ошибок.

## **Запоминание состояний**

Команда SSTATE запоминает текущее состояние мультиметра с соответствующим именем для идентификации. Имя состояния может содержать до 10 символов, которые могут быть все буквенные символами или комбинацией букв и цифр (символы ? и \_ также могут быть включены в имя подпрограммы). В качестве имени можно использовать также целые числа в диапазоне от 0 до 127 (в основном для управления с передней панели). При использовании алфавитно-цифрового имени первый символ должен быть буквой. Алфавитные или алфавитно-цифровые имена состояний не должны совпадать с названиями команд или параметров мультиметра, а также с именем запомненной подпрограммы. В случае использования целочисленного имени состояния мультиметр присоединяет к целому числу префикс *STATE* при запоминании состояния. Это отличает целочисленное имя состояния от целочисленного имени подпрограммы. Например, состояние, запомненное с именем 8, будет записано как *STATE8*. Состояние позже может быть вызвано с использованием либо имени 8, либо *STATE8*.

Все состояния запоминаются в энергонезависимой памяти (сохраняются при выключении питания). Мультиметр компилирует состояние по мере его запоминания. Это означает, что при вызове состояния из памяти мультиметр сконфигурирует себя намного быстрее, чем это бы выполнялось с помощью отдельных команд, необходимых для создания этого состояния. Чтобы запомнить текущее состояние мультиметра как состояние с именем *ACST1*, необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "SSTATE ACST1"
```

## **Вызов состояний**

Команда RSTATE (ВЫЗОВ СОСТОЯНИЯ) вызывает состояние из памяти и конфигурирует мультиметр в соответствии с вызванным состоянием. Например, чтобы вызвать состояние *ACST1* необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "RSTATE ACST1"
```

С передней панели можно просмотреть все запомненные имена состояний с помощью команды RSTATE и клавиш со стрелками вверх или вниз. После нахождения нужного состояния нажать клавишу **Enter** для его вызова.

## Удаление состояний

Для удаления одного запомненного состояния используется команда PURGE (очистка). Например, для удаления состояния *ACST1* послать:

```
OUTPUT 722; "PURGE ACST1"
```

Для удаления всех запомненных состояний и подпрограмм из памяти мультиметра можно использовать команду SCRATCH.

## Использование входного буфера

При включении питания или после предустановки, выполненной командой PRESET NORM, входной буфер блокирован. Это означает, что мультиметр должен обрабатывать каждую команду GPIB по отдельности и ожидать, пока она исполнится, прежде чем освободить шину GPIB или принять следующую команду. В большинстве случаев, контроллер должен ожидать освобождения шины, прежде чем он сможет продолжить передачу. За счет этого обеспечивается синхронизация работы контроллера и прибора. Это больше всего заметно на командах, которые требуют значительного времени для своего выполнения. Например, если выполняется полное самотестирование в режиме дистанционного управления (команда TEST), мультиметр не освободит шину GPIB до завершения самотестирования, что составит приблизительно 50 секунд.

При включенном входном буфере мультиметр временно запоминает команды в буфере и немедленно освобождает шину GPIB. Затем мультиметр извлекает команды из входного буфера одну за другой и выполняет их в полученном порядке. Это позволяет контроллеру производить другие операции, в то время как мультиметр выполняет команды. Следующая программа включает входной буфер перед выполнением команды TEST.

```
10 OUTPUT 722; "INBUF ON"  
20 OUTPUT 722; "TEST"  
30 END
```

Во входном буфере можно запомнить максимум 255 символов. Если послано больше символов, чем может быть запомнено во входном буфере, мультиметр не освободит шину до тех пор, пока в буфере не появится свободное пространство. Когда появится свободное пространство, оставшиеся символы запоминаются во входном буфере, и шина освобождается.

При использовании входного буфера может потребоваться узнать, все ли команды, запомненные в буфере, выполнены. В мультиметре эта информация обеспечивается установкой бита 4 (готовность к приему команд) в регистре статуса (обсуждается ниже). Если регистр статуса включен должным образом, то производится установка линии SRQ (запрос на обслуживание) шины GPIB в истинное состояние. Контроллер подтвердит это, если его предварительно запрограммировать на прием SRQ в качестве сигнала прерывания.

## Использование регистра статуса

Регистр статуса контролирует следующую информацию о состоянии мультиметра:

- Подпрограмма выполнена
- Верхний или нижний предел превышен
- Выполнена команда SRQ
- Питание включено
- Готовность к приему команд
- Ошибка
- Запрос на обслуживание
- Данные доступны

При возникновении одного из этих событий, производится установка соответствующего бита в регистре статуса. В приведенном ниже списке показано, что означает каждый бит в регистре статуса.

**Бит 0 (вес = 1) Подпрограмма выполнена** - запомненная подпрограмма выполнена.

**Бит 1 (вес = 2) Верхний или нижний предел превышен** - в одном или в нескольких результатах измерения превышено значение верхнего/нижнего пределов, установленных в математической операции допускового контроля. Использование этого бита распространяется как на реальноременные математические операции, так и на операции постобработки результатов (подробнее см. процедуру допускового контроля в разделе 4).

**Бит 2 (вес = 4) Выполнена команда SRQ** - выполнена команда SRQ (запрос на обслуживание) мультиметра.

**Бит 3 (вес = 8) Питание включено** - выполнена последовательность команд при включении питания.

**Бит 4 (вес = 16) Готовность к приему команд** - мультиметр завершил выполнение всех предыдущих команд и готов принять новые команды. При использовании команды TRIG SGL или TARM SGL для иницирования нескольких измерений (при выключенном входном буфере) этот бит можно использовать для контроля завершения взятия всех отсчетов.

**Бит 5 (вес = 32) Ошибка** - одна или большее число ошибок зарегистрировано в регистре ошибок/вспомогательном регистре ошибок. Подробнее см. выше в подразделе “Считывание регистров ошибок”.

---

**Примечание** Установку бита ошибки в регистре статуса какой-то конкретной или любой ошибкой можно запретить с помощью команды EMASK (разрешение маски). Подробнее см. описание команды EMASK в разделе 6.

---

**Бит 6 (вес = 64) Запрос на обслуживание** - запрошено обслуживание, и линия SRQ шины GPIB установлена в истинное состояние. Этот бит будет установлен, когда установлен любой другой бит регистра статуса, и эта установка линии SRQ разрешена командой RQS. Возможна ситуация, когда единственным установленным битом будет бит 6, например, когда какая-то ошибка установила какой-то бит в регистре ошибок, который, в свою очередь, установил бит 6. Позднее произошло считывание регистра ошибок, в результате которого бит ошибки был сброшен, но бит 6 остался установленным.

**Бит 7 (вес = 128) Данные доступны** - результат измерения или ответ на запрос доступен и находится в выходном буфере.

## **Считывание регистра статуса**

Команда запроса STB? считывает регистр статуса и возвращает результат, представляющий взвешенную сумму всех установленных битов. Команда STB? не сбрасывает регистр статуса. Следующая программа показывает пример использования команды STB? для считывания содержимого регистра статуса.

```
10 OUTPUT 722 ."STB?"  
20 ENTER 722; A  
30 PRINT A  
40 END
```

Предположим, например, что установлены бит 3 (вес = 8) и бит 7 (вес = 128). Эта программа вернет сумму значений двух весов (136).

Команда STB? никогда не обнаружит установку бита 4 (Готовность к приему команд), поскольку мультиметр занят обработкой команды STB? и, следовательно, не готов к приему новой команды. Если необходимо контролировать состояние этого бита готовности, то для считывания регистра статуса следует использовать команду Serial Poll (последовательный опрос) интерфейса GPIB. Если линия SRQ установлена истинной, то команда Serial Poll сбрасывает все биты регистра статуса \*. Линия SRQ также возвращается в ложное состояние, если бит 6 сброшен. Если линия SRQ при выполнении команды Serial Poll находится в ложном состоянии, то содержимое регистра не изменяется. Следующая программа показывает, как с помощью команды Serial Poll считать регистр статуса.

```
10 P=SPOLL(722)  
20 DISP P  
30 END
```

Для очистки регистра статуса <sup>1</sup> необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "CSB"
```

## **Прерывания**

Когда какой-либо бит регистра статуса установлен, и ему разрешено установить линию SRQ (командой RQS), мультиметр устанавливает линию SRQ шины GPIB в истинное состояние. Это может использоваться контроллером для прерывания текущей выполняемой операции, чтобы выяснить, какое обслуживание требуется мультиметру. Чтобы получить информацию о том, как следует программировать контроллер для обработки прерываний, следует обратиться к его техническому описанию.

Чтобы позволить любому биту регистра статуса устанавливать линию SRQ в истинное состояние, необходимо сначала разрешить этот разряд (эти разряды) с помощью команды RQS. Например, предположим, что некоторая прикладная задача требует прерывания, когда результат измерения вышел за верхний или нижний предел (бит 1), когда произошел цикл выключения-включения питания (бит 3) или когда возникает ошибка (бит 5). Десятичные эквиваленты этих битов, соответственно, 2, 8, и 32. Десятичная сумма равна 42. Чтобы дать возможность этим битам устанавливать линию SRQ, нужно передать:

```
OUTPUT 722; "RQS 42"
```

Теперь, как только произойдет одно из событий, связанных с битами 1, 3 или 5, оно установит бит 6 в регистре статуса и установит SRQ.

- 
1. Биты 4, 5 и 6 не будут сброшены, если условие (я), которые их установили, все еще существуют.

Следует обратить внимание, что биты регистра, которые не разрешены, тем не менее устанавливаются при возникновении соответствующих условий. Однако они не устанавливают бит 6 и не устанавливают SRQ в истинное состояние. Следующая программа - пример обработки прерываний, использующая HP BASIC для контроллеров серии 200/300.

```
10 !HI/LO LIMIT EXCEEDED,ERROR, POWER CYCLED INTERRUPT
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
30 OUTPUT 722; "CSB"
40 ON INTR 7 GOTO 90
50 ENABLE INTR 7;2
60 OUTPUT 722;"RQS 42;MATH PFAIL;SMATH MIN -5;SMATH MAX
5"
70 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"
80 GOTO 80
90 OUTPUT 722; "STB?"
100 ENTER 722;A
110 IF BINAND (A,2) THEN PRINT "HI/LO LIMIT EXCEEDED"
120 IF BINAND (A,8) THEN PRINT "POWER WAS CYCLED"
130 IF BINAND (A,32) THEN PRINT "ERROR OCCURRED"
140 END
```

В строке 20 производится предустановка мультиметра, которая приостанавливает запуск. В строке 30 производится очистка регистра статуса. Команда в строке 40 заставляет контроллер при возникновении прерывания перейти к строке 90. Страна 50 разрешает прерывания SRQ от шины GPIB. Страна 60 разрешает установку линии SRQ при превышении верхнего/нижнего предела, включении питания и установке битов ошибок. Кроме того, строка 60 разрешает выполнение реальноременной математической операции допуского контроля с установкой нижнего предела на значение минус 5 В, и верхнего - на значение плюс 5 В. В строке 70 устанавливается режим автоматического запуска измерения. Страна 80 заставляет контроллер ожидать прерывания. В строках с 90 по 130 считывается регистр статуса, и распечатываются условия, вызвавшие прерывание.

Введение . . . . .	81
Запуск измерений . . . . .	81
Событие подготовки запуска . . . . .	82
Событие запуска . . . . .	82
Событие замера . . . . .	82
Варианты выбора событий . . . . .	82
Непрерывное взятие отсчетов . . . . .	82
Взятие однократных отсчетов . . . . .	83
Взятие нескольких отсчетов . . . . .	83
Подготовка нескольких запусков . . . . .	84
Синхронное взятие отсчетов . . . . .	84
Выполнение отсчетов с заданным	
периодом . . . . .	85
Выполнение отсчетов с задержкой . . . . .	86
Задержки по умолчанию . . . . .	87
Внешний запуск . . . . .	87
Буферизация внешнего запуска . . . . .	88
Комбинирование событий . . . . .	88
Форматы отсчетов . . . . .	92
Формат ASCII . . . . .	92
Формат целочисленный одинарной и	
двойной точности . . . . .	92
Двоичный дополнительный код . . . . .	92
Формат вещественный одинарной	
точности (SREAL) . . . . .	93
Пример формата SREAL . . . . .	93
Формат вещественный двойной	
точности (DREAL) . . . . .	94
Использование памяти отсчетов . . . . .	94
Форматы запоминания отсчетов	
в памяти . . . . .	95
Индикация перегрузки . . . . .	96
Вызов отсчетов . . . . .	96
Использование номеров отсчетов . . . . .	96
Неявное считывание . . . . .	97
Пересылка отсчетов по шине GPIB . . . . .	98
Форматы вывода . . . . .	98
Индикация перегрузки . . . . .	99
Завершение вывода . . . . .	99
Использование формата вывода	
SINT или DINT . . . . .	99
Пример с форматом SINT . . . . .	99
Пример с форматом DINT . . . . .	100
Использование формата SREAL . . . . .	101
Использование формата DREAL . . . . .	101
Увеличение скорости взятия отсчетов . . . . .	102
Быстродействующий режим	
измерения . . . . .	102
Конфигурирование для высокой	
скорости взятия отсчетов . . . . .	103
Команда PRESET FAST . . . . .	103
Время интегрирования и	
разрешающая способность . . . . .	104
Установка условий запуска . . . . .	105
Время задержки . . . . .	105
Полоса пропускания при измерениях	
на переменном токе . . . . .	105
Компенсация смещения . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
постоянного тока . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения сопротивления . . . . .	105
Пример высокоскоростного	
измерения постоянного тока . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
синхронных выборок . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
случайных выборок . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения напряжения	
переменного тока методом	
аналогового преобразования . . . . .	106
Пример высокоскоростного	
измерения переменного тока . . . . .	107
Пример высокоскоростного	
измерения частоты (периода) . . . . .	107
Высокоскоростная пересылка	
отсчетов по шине GPIB . . . . .	107
Высокоскоростная пересылка	
отсчетов из памяти . . . . .	108
Определение скорости взятия отсчетов . . . . .	109
Сигнал EXTOUT . . . . .	110
Завершение взятия отсчетов . . . . .	112
Завершение взятия группы отсчетов . . . . .	113
Завершение ввода . . . . .	114
Сигнал апертуры . . . . .	114
Запрос на обслуживание . . . . .	114
Команда EXTOUT ONCE . . . . .	115
Математические операции . . . . .	116
Обработка в реальном времени	
и постобработка . . . . .	116
Включение математических операций . . . . .	116
Регистры математических операций . . . . .	117
Null (компенсация уровня нуля) . . . . .	117
SCALE (масштабирование) . . . . .	119
PERC (вычисление процента) . . . . .	120
DB (вычисление в дБ) . . . . .	120
DBM (вычисление в дБм) . . . . .	121
STAT (статистическая обработка) . . . . .	122
PFAIL (допусковый контроль) . . . . .	123
FILTER (фильтрация) . . . . .	124
RMS (среднее квадратическое значение) . . . . .	125
Измерение температуры . . . . .	125



## Введение

В этом разделе рассматриваются способы запуска измерений, форматы представления отсчетов, использование памяти отсчетов, и пересылки отсчетов через интерфейсную шину. В разделе также обсуждаются следующие вопросы: как увеличить скорость взятия отсчетов и скорость пересылки отсчетов по шине GPIB, как измерить скорость взятия отсчетов (скорость выполнения измерений), как использовать сигнал EXTOUT мультиметра, как использовать математические операции.

## Запуск измерений

Прежде чем мультиметр начнет выполнять взятие отсчетов, должны произойти три отдельных события, следующие в соответствующем порядке. Этими событиями являются: (1) событие подготовки запуска, (2) событие запуска и (3) событие замера. Субдискретизация (рассмотренная в разделе 5) и установка нескольких циклов подготовки запуска - единственное исключение в этой иерархии запуска. Как показано на рисунке 16, мультиметр начинает взятие заданных отсчетов, когда все три события происходят в перечисленном порядке. При включении питания мультиметр конфигурируется на автоматическое взятие отсчетов. Это означает, что все три события установлены на AUTO. Для большинства применений достаточно использовать только одно или два из этих событий, а остальные оставить установленными в состояние AUTO. В этом разделе описываются различные события, которые могут быть использованы для удовлетворения требований событий подготовки запуска, запуска и замера, а также приводятся примеры показывающие, как использовать эти события.

### Примечание

Примеры, приведенные в этом руководстве, предназначены для контроллеров серии Hewlett-Packard 200/300, использующие язык программирования BASIC. Предполагается, что интерфейс GPIB имеет код выборки 7 и адрес устройства 22. Эти два значения объединяются в адрес GPIB, равный 722. В некоторых примерах этого раздела отсчеты запоминаются в памяти, в то время как в других - пересылаются в контроллер. Место назначения отсчетов подробно рассмотрено ниже в подразделах "Использование памяти отсчетов" и "Пересылка отсчетов по шине GPIB".

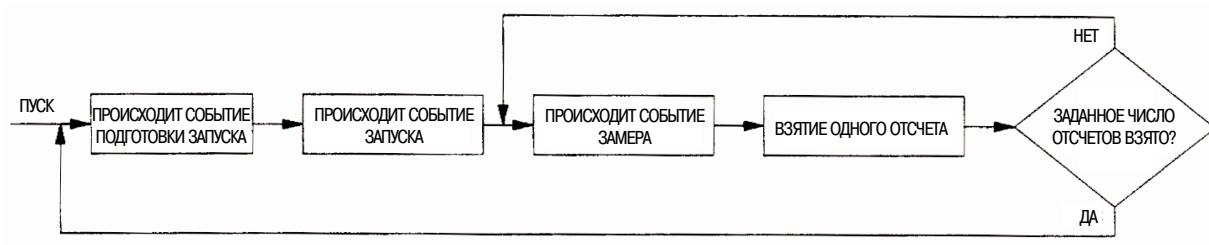


Рисунок 16 - Иерархия событий запуска

## **Событие подготовки запуска**

Когда происходит заданное событие подготовки запуска, оно “вводит” механизм запуска мультиметра. Другими словами, событие подготовки запуска разрешает последующее событие запуска. Событие подготовки запуска задается командой TARM.

## **Событие запуска**

При возникновении заданного события запуска (при этом событие подготовки запуска уже произошло) дается разрешение на выполнение замера. Событие запуска задается командой TRIG.

## **Событие замера**

Когда происходит событие замера (после того как уже произошли событие подготовки запуска и событие запуска), мультиметр выполняет взятие отсчета. Затем мультиметр будет выполнять по одному отсчету на каждое событие замера, пока не будет взято заданное число отсчетов. Число отсчетов на одно событие запуска задается первым параметром команды NRDGS (число отсчетов). Второй параметр этой команды задает событие (событие замера), которое инициирует взятие каждого отсчета.

## **Варианты выбора событий**

Существует разнообразные варианты выбора событий, которые используются в качестве событий подготовки запуска, запуска и замера. В таблице 20 указаны параметры событий и показано, с какими командами они применяются.

**Таблица 12 - Параметры событий**

Параметр события	Используется с командой TARM	Используется с командой TRIG	Используется с командой NRDGS	Описание события
AUTO (авто)	•	•	•	Происходит автоматически (всякий раз, когда требуется)
EXT (внешний)	•	•	•	Происходит по отрицательному перепаду на входе внешнего запуска мультиметра
HOLD (приостановить)	•	•		Приостанавливает измерения
LEVEL (уровень) <sup>1</sup>		•	•	Происходит при достижении входным сигналом заданного уровня на заданном склоне этого сигнала
LINE (питание) <sup>2</sup>		•	•	Происходит, когда напряжение сети питания пересекает значение 0 В
SGL (однократно)	•	•		Происходит один раз после приема команды TARM SGL или TRIG SGL. Затем измерение приостанавливается.
SYN (СИНХРО)	•	•	•	Происходит, когда выходной буфер мультиметра пуст, память отсчетов пуста либо не используется, а контроллер запрашивает данные
TIMER (ТАЙМЕР) <sup>2</sup>			•	Происходит автоматически по истечении установленного временного интервала между измерениями

1. Запуск по уровню (LEVEL) или событию замера может быть использован только при измерении напряжения постоянного тока или при дискретизации с прямым преобразованием.
2. События TIMER и LINE не могут быть использованы для измерения напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока с помощью методов синхронных или случайных выборок, а также при измерениях частоты и периода.

## **Непрерывное взятие отсчетов**

При включении питания события подготовки запуска, запуска и замера все установлены на AUTO. Это означает, что мультиметр будет непрерывно выполнять отсчеты. Обычно непрерывное взятие отсчетов должно быть приостановлено перед конфигурированием мультиметра с помощью команд TARM HOLD или TRIG HOLD, либо посредством установки мультиметра в одно из состояний PRESET (предустановка). См. подраздел “Приостановка взятия отсчетов” в разделе 3. После выполнения конфигурирования взятие отсчетов можно возобновить (в предположении, что другие события запуска не были изменены), послав:

```

OUTPUT 722; "TARM AUTO"
!Возобновляет взятие отсчетов, приостановленное командой TARM HOLD, PRESET FAST или PRESET DIG
либо
OUTPUT 722; "TRIG AUTO"
!Возобновляет взятие отсчетов, приостановленное командой TRIG NORM или PRESET NORM

```

## Взятие однократных отсчетов

В команде NRDGS определяется число отсчетов, выполняемых на каждое событие запуска и событие замера, которое инициирует взятие каждого отсчета. При включении питания, а также в состояниях, устанавливаемых после выполнения команд RESET, PRESET NORM, или PRESET FAST число отсчетов на запуск устанавливается на значение 1, событие запуска - на AUTO (NRDGS 1, АВТО). В любом из этих состояний можно инициировать однократный отсчет, выполнив команду TARM SGL или TRIG SGL (в зависимости от события, которое приостанавливает взятие отсчетов). Например, следующая программа сбрасывает мультиметр и приостанавливает взятие отсчетов, устанавливая событие подготовки запуска на HOLD.

После изменения конфигурации в строках 30-50 в строке 60 инициируется взятие однократного отсчета, который посыпается в контроллер и выводится на индикацию. После выполнения однократного отсчета событие подготовки запуска устанавливается на HOLD, приостанавливая дальнейшее взятие отсчетов.

10 OUTPUT 722; "RESET"	!СБРОС, ВСЕ СОБЫТИЯ ЗАПУСКА УСТАНОВЛЕНЫ НА AUTO
20 OUTPUT 722; "TARM HOLD"	!ПРИОСТАНОВКА ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722; "DCV 10"	!НАПРЯЖЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В
40 OUTPUT 722; "NPLC 1"	!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 1 PLC
50 OUTPUT 722; "AZERO OFF"	!АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ НУЛЯ ВЫКЛЮЧЕНА
60 OUTPUT 722; "TARM SGL"	!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОДНОГО ОТСЧЕТА
70 ENTER 722;A	!ВВОД ОТСЧЕТА
80 PRINT A	!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
90 END	

В состоянии, устанавливаемом командой PRESET NORM, взятие отсчетов приостановлено, поскольку событие запуска установлено на значение SYN (событие SYN будет рассмотрено в этом разделе ниже). В этом состоянии можно инициировать взятие однократного отсчета, используя команду TRIG SGL. Например, в следующей программе в строке 10 взятие отсчетов приостанавливается установкой события запуска на SYN. В строке 20 инициируется однократный отсчет, и его значение передается на контроллер и выводится на индикацию. После выполнения команды TRIG SGL событие запуска устанавливается на HOLD, приостанавливая дальнейшее взятие отсчетов.

10 OUTPUT 722; "PRESET NORM"	!TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1, AUTO
20 OUTPUT 722; "TRIG SGL"	!ИНИЦИРОВАНИЕ ОДНОКРАТНОГО ЗАПУСКА
30 ENTER 722;A	!ВВОД ОТСЧЕТА
40 PRINT A	!ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
50 END	

## Взятие нескольких отсчетов

Команду NRDGS можно использовать, чтобы задать взятие более одного отсчета на событие запуска. Например, следующая программа берет 10 отсчетов на одно событие запуска (один отсчет на одно событие замера) и пересыпает их в контроллер. В строке 40 включен входной буфер. Это сделано по той причине, что при выключенном входном буфере событие SGL (строка 60) захватит шину GPIB, пока не будет завершено взятие заданного числа отсчетов. Из-за этого строка 70 не перешлет в контроллер ни одного отсчета, кроме последнего. Разрешение входного буфера не позволит команде TRIG SGL захватить шину и обеспечит пересылку каждого отсчета по мере его готовности.

10 OPTION BASE 1	!НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(10)	!РАЗМЕР МАССИВА - 10 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM"	!TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE

```

40 OUTPUT 722;"INBUF ON"           !ВКЛЮЧЕНИЕ ВХОДНОГО БУФЕРА
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10, AUTO"    !10 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА - AUTO
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"          !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
70 ENTER 722;Rdgs(*)            !ВВОД ОТСЧЕТОВ
80 PRINT Rdgs(*)                !ИНДИКАЦИЯ ОТСЧЕТОВ
90 END

```

## Подготовка нескольких запусков

Второй параметр команды TARM позволяет задать несколько циклов подготовки запуска. Когда задано несколько циклов подготовки запуска, возникновение одного события подготовки запуска подготавливает мультиметр к запуску заданное число раз. Событием для нескольких циклов подготовки запуска должен быть параметр SGL. Такой режим заставляет мультиметр выполнять несколько групп отсчетов, как показано на рисунке 17.

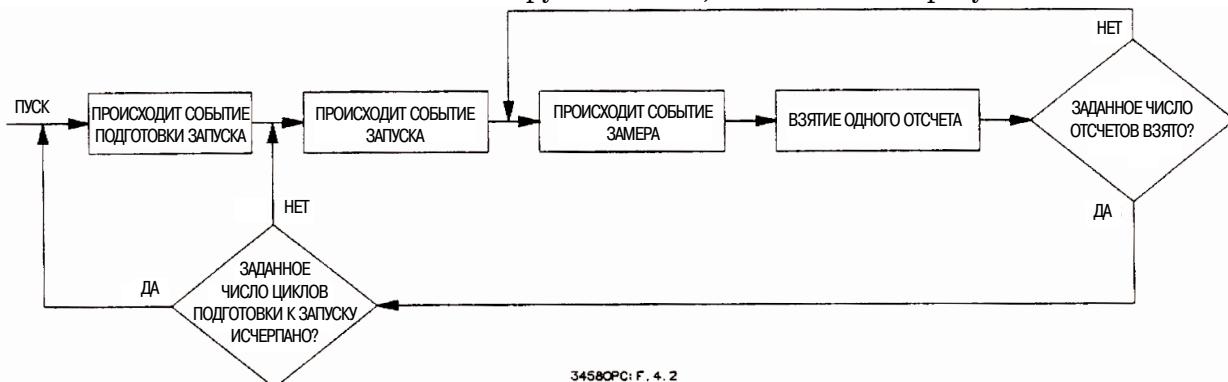


Рисунок 17 - Несколько циклов подготовки запуска

В следующей программе команда NRDGS устанавливает 10 отсчетов на одно событие запуска. Второй параметр команды TARM задает 5 циклов подготовки запуска. Эта программа запоминает 5 групп по десять отсчетов общим числом 50 отсчетов.

```

10 OPTION BASE 1                  !НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(50)                  !РАЗМЕР МАССИВА - 10 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"TARM HOLD"        !УДЕРЖИВАНИЕ СОБЫТИЯ ПОДГОТОВКИ ЗАПУСКА
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"        !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА - AUTO
60 OUTPUT 722;"INBUF ON"          !ВКЛЮЧЕНИЕ ВХОДНОГО БУФЕРА
70 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"    !10 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА - AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL,5"       !5 ЦИКЛОВ ПОДГОТОВКИ ЗАПУСКА
90 ENTER 722;Rdgs(*)            !ВВОД ОТСЧЕТОВ
100 PRINT Rdgs(*)                !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
110 END

```

## Синхронное взятие отсчетов

Синхронизировать работу мультиметра с работой контроллера можно установкой события подготовки запуска, события запуска и/или события замера в состояние синхронизации (SYN). Событие синхронизации происходит всякий раз, когда выходной буфер мультиметра пуст, память отсчетов выключена или пуста, а контроллер запрашивает данные. Это означает, что измерения производятся всякий раз, когда они необходимы контроллеру. Это очень важная функция дистанционного управления, особенно, когда мультиметр находится в режиме высокоскоростных измерений.

В режиме высокоскоростных измерений событие синхронизации гарантирует, что контроллер готов принимать отсчеты и не будет замедлять скорость их взятия мультиметром. Подробнее см. ниже подраздел "Высокоскоростной режим". В следующей программе команда PRESET NORM устанавливает событие запуска на SYN. В строке 40 задается взятие 15 отсчетов на синхронное событие запуска. В строке 50 запрашиваются данные от мультиметра. Такое состояние вполне подходит для синхронного события

запуска и инициирует взятие показаний. Необходимо отметить, что строка 50 запрашивает от мультиметра данные 15 раз. Когда задано несколько отсчетов, и в качестве события подготовки запуска или запуска используется SYN, мультиметр не распознает многократные запросы данных как результат многих отдельных событий SYN. То есть в этой программе событие запуска SYN происходит один раз, а не 15.

```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs (15)          ! РАЗМЕР МАССИВА - 15 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE, ПАМЯТЬ ВЫКЛ.
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,AUTO" ! 15 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА - AUTO
50 ENTER 722;Rdgs(*)      ! ГЕНЕРАЦИЯ СОБЫТИЯ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ
60 PRINT Rdgs(*)          ! ИНДИКАЦИЯ ОТСЧЕТОВ
70 END

```

В следующей программе синхронное событие используется в качестве события замера. Стока 60 запрашивает данные от мультиметра 15 раз. При использовании SYN в качестве события замера каждый запрос данных распознается как событие синхронизации SYN. Другими словами, в этой программе событие SYN происходит 15 раз.

```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs (15)          ! РАЗМЕР МАССИВА - 15 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,SYN" ! 15 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА - SYN
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"   ! СОБЫТИЕ ЗАПУСКА - AUTO
60 ENTER 722;Rdgs(*)      ! СОБЫТИЕ SYN, ВВОД КАЖДОГО ОТСЧЕТА
70 DISP Rdgs(*)           ! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END

```

## **Выполнение отсчетов с заданным периодом**

Когда берется несколько отсчетов на один сигнал запуска, то для установки заданного временного интервала между отсчетами можно воспользоваться событием замера TIMER (таймер). Этот интервал представляет собой время от начала одного отсчета до начала следующего. При использовании команды TIMER длительность интервала задается в секундах. Если установленное значение временного интервала меньше чем время, требуемое для выполнения отсчета, то мультиметр вырабатывает ошибку TRIG TOO FAST (слишком частый запуск). Следующая программа задает взятие 8 отсчетов на один запуск с интервалом 1 с между отсчетами (см. рисунок 18).

```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs (8)            ! РАЗМЕР МАССИВА - 8 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 8, TIMER" ! 8 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА - TIMER
50 OUTPUT 722;"TIMER 1"      ! ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА 1 С
60 ENTER 722;Rdgs(*)      ! СОБЫТИЕ SYN, ВВОД КАЖДОГО ОТСЧЕТА
70 PRINT Rdgs(*)           ! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END

```

Вместо команды NRDGS n, TIMER или команды TIMER можно использовать команду SWEEP. В команде SWEEP первый параметр определяет интервал между отсчетами, а второй - число отсчетов. Команды SWEEP и NRDGS являются взаимозаменяемыми: мультиметр использует ту из них, которая была задана последней в программе. Например, следующая программа также выполняет 8 отсчетов на один запуск с интервалом 1 с между измерениями. (см. рисунок 18).

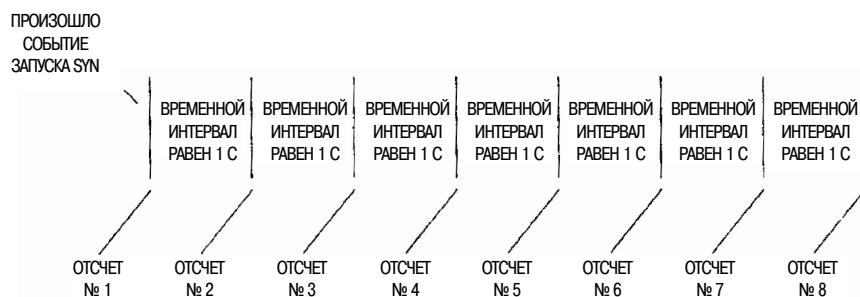
```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(8)            ! РАЗМЕР МАССИВА - 8 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"   ! ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ 1 С, 8 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
50 ENTER 722; Rdgs(*)     ! СОБЫТИЕ SYN, ВВОД КАЖДОГО ОТСЧЕТА
60 PRINT Rdgs(*)          ! ПЕЧАТЬ ПОКАЗАНИЙ
70 END

```

### Примечание

При использовании события замера TIMER или команды SWEEP автоматическое переключение пределов запрещено. Кроме того, нельзя использовать TIMER или SWEEP при измерении напряжения переменного тока (AC) или суммы напряжений постоянного и переменного тока (AC + DC) с использованием методов синхронных или случайных выборок (SETACV SYNC или RNDM), а также при измерении частоты или периода.



**Рисунок 18 - Временные интервалы, устанавливаемые командами TIMER или SWEEP**

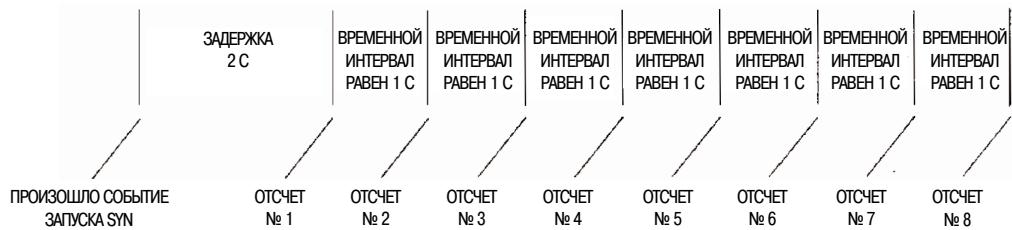
### Выполнение отсчетов с задержкой

Команда DELAY (задержка) позволяет задать временной интервал, вводимый между событием запуска и первым событием замера. Например, в следующей программе интервал задержки устанавливается на значение 2 с, а интервал между отсчетами устанавливается командой SWEEP на значение 1 с. В строке 40 устанавливается 8 отсчетов на одно событие запуска. На рисунке 19 показано, что задержка происходит между событием запуска (TRG SGL) и отсчетом. Временной интервал, устанавливаемый командой SWEEP, происходит после каждого последующего отсчета. В этом примере время, добавленное к полному времени измерения, составляет 9 секунд.

```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(8)            ! РАЗМЕР МАССИВА - 8 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"   ! ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ 1 С, 8 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"DELAY 2"    ! ЗАДЕРЖКА 2 С
60 ENTER 722; Rdgs(*)     ! ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 PRINT Rdgs(*)          ! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END

```



**Рисунок 19 - Результат выполнения команды DELAY с командой SWEEP (или TIMER)**

### Задержки по умолчанию

Если пользователь не определил значение задержки, мультиметр автоматически устанавливает время задержки на основании заданной измерительной функции, предела измерения, разрешающей способности, а при измерениях на переменном токе - и установленной полосы частот. Эта задержка является фактически временем установления, которое предшествует взятию отсчетов и гарантирует получение точных результатов. Значение задержки по умолчанию автоматически обновляется всякий раз, когда происходит изменение предела измерительной функции, разрешающей способности и полосы частот переменного тока. Однако как только пользователь сам установит значение времени задержки, ее значение останется неизменным до тех пор, пока не будет выполнена команда RESET или PRESET, либо не произойдет цикла выключения/включения питания прибора, либо пользователь не установит другое время задержки, либо параметр задержки не будет возвращен к значению по умолчанию (команда DELAY-1 возвращает время задержки к автоматически устанавливаемому значению). Приведенная ниже программа использует команду запроса DELAY?, чтобы узнать установленное время задержки после выполнения команды PRESET NORM.

```

10 OUTPUT 722; "PRESET NORM"
20 OUTPUT 722; "DELAY?"
30 ENTER 722; A$ 
40 PRINT A$ 
50 END

```

### Внешний запуск

Внешнее (EXT) событие позволяет запустить мультиметр от внешнего источника. Это событие может использоваться в качестве события подготовки запуска, события запуска и/или события замера. Событие EXT происходит по отрицательному перепаду TTL импульса, подаваемого на соединитель Ext Trig (внешний запуск), расположенныйный на задней панели мультиметра. Минимальная допустимая длительность импульса составляет 250 нс. Полоса частот схемы внешнего запуска составляет 5 МГц.

В приведенной ниже программе событие EXT используется как событие запуска. Событием замера является параметр AUTO; число отсчетов на событие запуска равно 1. При появлении отрицательного перепада на соединителе Ext Trig мультиметр выполняет взятие отсчета, который пересыпается в контроллер. Следующий отрицательный перепад инициирует следующий отсчет, который также пересыпается в контроллер. Эта последовательность продолжается, пока все 20 отсчетов не будут пересланы в контроллер.

10 OPTION BASE 1	! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)	! РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM"	! TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1, AUTO
50 OUTPUT 722; "TRIG EXT"	! ЗАПУСК ВЗЯТИЯ КАЖДОГО ОТСЧЕТА
60 ENTER 722; Rdgs(*)	! ВВОД ОТСЧЕТОВ
70 PRINT Rdgs(*)	! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
80 END	

В следующей программе EXT используется в качестве события замера. Событие запуска является синхронным (устанавливается командой PRESET NORM). Число отсчетов на событие запуска установлено равным 10. Когда контроллер выполняет строку 50 программы, происходит синхронное событие запуска, которое разрешает событие замера (EXT). При появлении отрицательного перепада сигнала на соединителе Ext Trig мультиметр выполняет один отсчет, который пересыпается в контроллер. Второй отрицательный перепад инициирует следующий отсчет, который также пересыпается в контроллер. Эта последовательность продолжается, пока все 10 отсчетов не будут пересланы в контроллер.

```
10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(10)          ! РАЗМЕР МАССИВА - 10 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 10,EXT" ! 10 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, ВНЕШНЕЕ СОБЫТИЕ ЗАМЕРА
50 ENTER 722;Rdgs(*)     ! ВВОД ОТСЧЕТОВ
60 PRINT Rdgs(*)         ! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
70 END
```

### Примечание

Ниже в подразделе “Сигнал EXTOUT” приведен пример, показывающий синхронизацию мультиметра с внешним коммутатором.

### Буферизация внешнего запуска

Буферизация запуска устраняет ошибку (TRIGGER TOO FAST) которая может возникнуть при использовании внешних (EXT) событий подготовки запуска, запуска, или замера. При выключенном буферизации любой внешний сигнал запуска, который происходит при выполнении измерения, вызывает появление ошибки TRIGGER TOO FAST (слишком частый запуск). В результате сигнал(ы) запуска игнорируется. При включенной буферизации первый внешний запуск, который происходит во время взятия отсчета, запоминается, и никаких ошибок не генерируется ни этим, ни последующими сигналами запуска. После завершения взятия отсчета запомненный запуск выполняет роль внешнего события EXT, если мультиметр так запрограммирован. Буферизация запуска полезна при использовании внешнего коммутатора, синхронизированного с выходным сигналом EXTOUT мультиметра, используя событие завершения ввода (ICOMP). Поскольку импульс ICOMP появляется каждый раз перед завершением очередного отсчета, этот сигнал позволит коммутатору подключить следующий канал, и выдать на мультиметр свой импульс подключения следующего канала (который используется для нового запуска мультиметра) еще до завершения предыдущего отсчета (подробнее см. ниже в подразделе “Завершение ввода”). При включении питания мультиметра буферизация запуска выключается. Чтобы включить буферизацию запуска, послать:

```
OUTPUT 722; "TBUFF ON"
```

Чтобы выключить буферизацию запуска, послать:

```
OUTPUT 722; "TBUFF OFF"
```

### Комбинирование событий

Для удовлетворения требованиям конкретных прикладных задач можно использовать различные сочетания событий подготовки запуска, запуска и замера. В таблице 21 показаны все возможные сочетания этих событий и описаны все результирующие последовательности запуска для каждого сочетания.

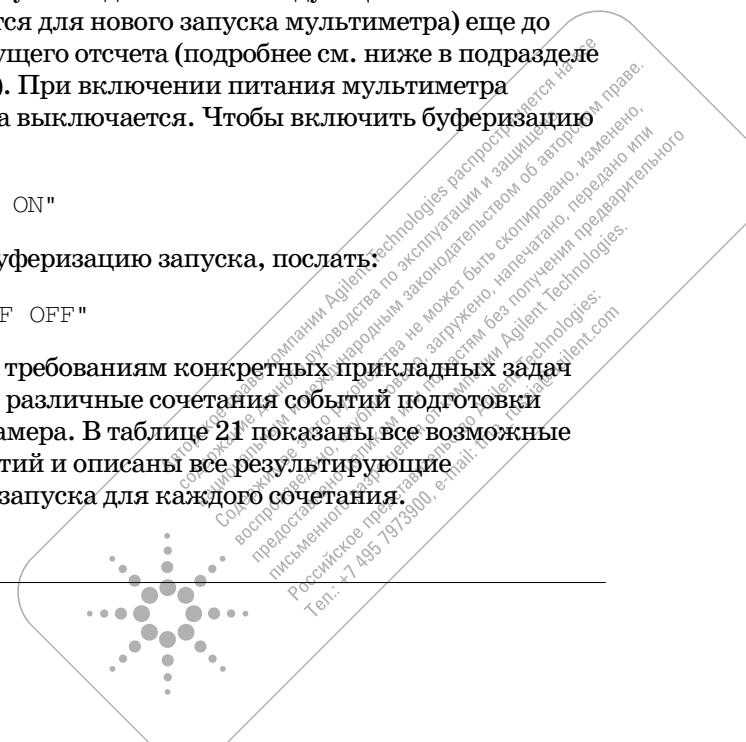


Таблица 21 - Комбинации событий

Событие подготовки запуска	Событие запуска	Событие замера <sup>4</sup>	Описание
AUTO	AUTO	Любое	Берется один отсчет на событие замера (если событие замера установлено на AUTO, то отсчеты берутся непрерывно)
AUTO	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
AUTO	EXT	SYN	Недопустимая комбинация
AUTO	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После появления события LEVEL (достижения установленного уровня) <sup>1</sup> выполняется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
AUTO	LEVEL	SYN, LINE	Недопустимая комбинация
AUTO	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	При пересечении напряжением питания уровня 0 В выполняется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
AUTO	LINE	SYN, LEVEL	Недопустимая комбинация
AUTO	SGL	Любое	После выполнения команды TRIG SGL выполняется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов. Затем событие запуска устанавливается на HOLD. При использовании SYN в качестве события замера входной буфер должен быть включен. В противном случае при посылке команды TRIG SGL предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).
AUTO	SYN	SYN	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> (оба события SYN выполняются) берется первый отсчет. Затем выполняется один отсчет на каждое событие SYN, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
AUTO	SYN	AUTO, EXT, LEVEL, LINE, TIMER	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> берется один отсчет на каждое событие замера, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	AUTO	Любое	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После появления двух отрицательных перепадов на входе <b>Ext Trig</b> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	EXT	SYN	Недопустимая комбинация
EXT	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> с последующим появлением события LEVEL <sup>1</sup> . Затем берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	LEVEL	SYN, LINE	Недопустимая комбинация

<sup>1</sup> Событие LEVEL (уровень запуска) происходит, когда входным сигналом достигнуто установленное значение на заданном склоне этого сигнала. Событие LEVEL или событие замера может применяться только для измерения напряжения постоянного тока или для измерения методом прямой дискретизации.

<sup>2</sup> Чтобы произошло событие SYN, выходной буфер должен быть пустым, а память отсчетов должна быть выключена (OFF) или пуста.

<sup>3</sup> Входной буфер должен быть включен или при посылке команды TARM SGL необходимо предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).

<sup>4</sup> Событие замера (sample event) - событие взятия одной выборки

Таблица 21 - Комбинации событий (продолжение)

Событие подготовки запуска	Событие запуска	Событие замера <sup>4</sup>	Описание
EXT	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> и последующего пересечения напряжением питания уровня 0 В берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	LINE	SYN, LEVEL	Недопустимая комбинация
EXT	SGL	Любое	Недопустимая комбинация
EXT	SYN	SYN	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> и последующего запроса данных контроллером <sup>2</sup> (удовлетворяющего оба события SYN) берется первый отсчет. Затем берется один отсчет на каждое событие SYN до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
EXT	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После появления отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> и последующего запроса данных контроллером <sup>2</sup> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
HOLD	Любое	Любое	Никаких отсчетов не берется, пока не изменится событие подготовки запуска.
AUTO, EXT SGL, SYN	HOLD	Любое	Никаких отсчетов не берется, пока не изменится событие запуска. При использовании в качестве события подготовки запуска SGL и в качестве события замера SYN должен быть включен входной буфер. В противном случае при посылке команды TARM SGL необходимо предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).
SGL	AUTO	Любое	После выполнения команды TARM SGL берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов. Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD. При использовании в качестве события замера SYN должен быть включен входной буфер. Иначе при посылке команды TARM SGL предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).
SGL	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL и последующего отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов. Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD.
SGL	EXT	SYN	Недопустимая комбинация
SGL	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL и последующего возникновения события LEVEL <sup>1</sup> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов. Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD.
SGL	LEVEL	SYN, LINE	Недопустимая комбинация
SGL	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После выполнения команды TARM SGL и последующего пересечения напряжением питания уровня 0 В берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов. Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD.
SGL	LINE	SYN, LEVEL	Недопустимая комбинация
SGL	SGL	Любое	Недопустимая комбинация

<sup>1</sup> Событие LEVEL (уровень запуска) происходит, когда входным сигналом достигнуто установленное значение на заданном склоне этого сигнала. Событие LEVEL или событие замера может применяться только для измерения напряжения постоянного тока или для измерения методом прямой дискретизации.

<sup>2</sup> Чтобы произошло событие SYN, выходной буфер должен быть пустым, а память отсчетов должна быть выключена (OFF) или пуста.

<sup>3</sup> Входной буфер должен быть включен или при посылке команды TARM SGL необходимо предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).

<sup>4</sup> Событие замера (sample event) - событие взятия одной выборки

Таблица 21 - Комбинации событий (продолжение)

Событие подготовки запуска	Событие запуска	Событие замера <sup>4</sup>	Описание
SGL	SYN	SYN	После выполнения команды TARM SGL и последующего запроса данных контроллером <sup>2</sup> (удовлетворяющего оба события SYN) берется первый отсчет. Затем берется один отсчет на каждое событие SYN до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов <sup>3</sup> . Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD.
SGL	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После выполнения команды TARM SGL и последующего запроса данных контроллером <sup>2</sup> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов <sup>3</sup> . Затем событие подготовки запуска устанавливается на HOLD.
SYN	AUTO	SYN	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> (удовлетворяющего оба события SYN) берется первый отсчет. Затем берется один отсчет на каждое событие SYN до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	AUTO	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	EXT	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> и последующего отрицательного перепада на входе <b>Ext Trig</b> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	EXT	SYN	Недопустимая комбинация
SYN	LEVEL	AUTO, EXT, TIMER, LEVEL	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> и последующего возникновения события LEVEL <sup>1</sup> берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	LEVEL	SYN, LINE	Недопустимая комбинация
SYN	LINE	AUTO, EXT, TIMER, LINE	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> и последующего пересечения напряжением питания уровня 0 В берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	LINE	SYN, LEVEL	Недопустимая комбинация
SYN	SGL	Любое	Недопустимая комбинация
SYN	SYN	SYN	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> удовлетворяются все три события и берется первый отсчет. Затем берется один отсчет на каждое событие SYN до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.
SYN	SYN	AUTO, EXT, TIMER, LINE, LEVEL	После запроса данных контроллером <sup>2</sup> оба события SYN удовлетворяются. Берется один отсчет на каждое событие замера до тех пор, пока не будет закончено взятие установленного числа отсчетов.

<sup>1</sup> Событие LEVEL (уровень запуска) происходит, когда входным сигналом достигнуто установленное значение на заданном склоне этого сигнала. Событие LEVEL или событие замера может применяться только для измерения напряжения постоянного тока или для измерения методом прямой дискретизации.

<sup>2</sup> Чтобы произошло событие SYN, выходной буфер должен быть пустым, а память отсчетов должна быть выключена (OFF) или пуста.

<sup>3</sup> Входной буфер должен быть включен или при посылке команды TARM SGL необходимо предусмотреть подавление кода CR LF (возврат каретки, перевод строки).

<sup>4</sup> Событие замера (sample event) - событие взятия одной выборки

# Форматы отсчетов

В данном подразделе рассматриваются форматы, которые могут быть использованы для запоминания отсчетов, а также их вывода по шине GPIB: текстовый (ASCII), целочисленный одинарной точности (SINT), целочисленный двойной точности (DINT), вещественный одинарной точности (SREAL), вещественный двойной точности (DREAL). Запоминание отсчетов в памяти рассматривается ниже в подразделе “Использование памяти отсчетов”. Вывод отсчетов по шине GPIB рассматривается ниже в подразделе “Пересылка отсчетов по шине GPIB”.

## Формат ASCII

В формате ASCII для представления отсчета используются 15 байтов в экспоненциальном виде и стандартные единицы измерения: вольты (В), амперы (А), омы (Ом), герцы (Гц) или секунды (с).

SD.DDDDDDDDESDD,

где

S = знак (– или +)

D = цифры от 0 до 9

E = разделитель мантиссы и показателя степени 10

## Формат целочисленный одинарной и двойной точности

В целочисленном формате одинарной точности (SINT) для представления отсчета используются 2 байта, а в целочисленном формате двойной точности (DINT) - 4 байта. Оба формата используют двоичный дополнительный код.

### Примечание

При использовании форматов SINT и DINT для запоминания в памяти или вывода в мультиметре применяется масштабирование отсчета. Коэффициент масштабирования зависит от вида измерения, предела, установки АЦП и включенных математических операций. Нельзя использовать форматы SINT и DINT для представления отсчетов измерения частоты или периода при включенной математической операции обработки результатов в реальном времени или постобработке (исключение составляют STAT и PFAIL), а также при установленном автоматическом переключении пределов.

### Двоичный дополнительный код

Двоичный дополнительный код позволяет представлять двоичные числа как в виде положительных, так и отрицательных целых чисел. В двоичном дополнительном коде производится изменение знака и, как следствие, - десятичного эквивалента старшего значащего бита (MSB). Когда старший значащий бит однобайтового числа в дополнительном коде установлен в “1”, значение этого бита равно  $1 \times -(2^7) = -128$ . Когда старший значащий бит установлен в “0”, его значение равно  $0 \times (2^7) = 0$ . Следует обратить внимание, что однобайтовое 8-битовое число в двоичном дополнительном коде принимает значения от -128 до 127, не от 0 до 255.

В следующем примере показано, как вычислить десятичный эквивалент числа в двоичном дополнительном коде:

10110101 10010110

Этот код эквивалентен следующему десятичному значению:

$$-(2^{15}) + 2^{13} + 2^{12} + 2^{10} + 2^8 + 2^7 + 2^4 + 2^2 + 2^1 = -19050$$

## **Формат вещественный одинарной точности (SREAL)**

Формат вещественного числа одинарной точности соответствует техническим требованиям стандарта IEEE-754. Запись числа в этом формате требует 32 битов (4 байта):

S EEE EEEE	E MMM MMMM	MMM MMMM	MMM MMMM
Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байт 3

где

S = знаковый бит (1 = отрицательное число, 0 = положительное);  
E = показатель степени с основанием 2 со смещением 127 (чтобы декодировать эти 8 бит, нужно из их десятичного эквивалента вычесть 127).

M = биты мантиссы (справа от запятой, отделяющей целую часть числа от дробной); подразумеваемый старший значащий бит (MSB) находится слева от запятой. Предполагается, что этот бит всегда равен “1”. Такая запись числа обеспечивает эффективную точность 24 бита со значением младшего значащего бита (самый правый), равного весу  $2^{-23}$ . Другой способ вычисления мантиссы состоит в преобразовании этих 24 битов (предполагается, что MSB имеет значение “1”) в целое число и последующем умножении этого числа на  $2^{-23}$ .

Значение числа в формате SREAL вычисляется следующим образом:

$$(-1)^S \times (\text{мантизса}) \times 2^{\text{(показатель степени)}}$$

### **Пример формата SREAL**

В примере производится вычисление десятичного эквивалента числа, представленного в формате SREAL:

SEEEEEEE	EMMMMMMM	MMMMMMMM	MMMMMMMM
10111011	11001000	01001000	10010000

Поскольку знаковый бит S равен “1”, это означает, что число отрицательное.

Показатель степени (01110111) вычисляется следующим образом:

$$2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 119$$

Поскольку показатель степени смещен на 127, то его истинное значение равно:

$$\text{Показатель степени} - 127 = 119 - 127 = -8$$

Мантисса [1.10010000100100010010000 (MSB предполагается равным “1”)] вычисляется следующим образом:

$$1 + 2^{-1} + 2^{-4} + 2^{-9} + 2^{-12} + 2^{-16} + 2^{-19} = 1,56471443177$$

Мантиссу можно вычислить, используя вместо отдельных битов значение байтов:

байт 1	байт 2	байт 3	=	байт 1	байт 2	байт 3
11001000	01001000	10010000	200	72	144	

$$\text{мантисса} = 200 \times 2^{-7} + 72 \times 2^{-15} + 144 \times 2^{-23} = 1,56471443177$$

или

$$\text{мантисса} = (200 \times 2^{16} + 72 \times 2^8 + 144) \times 2^{-23} = 1,56471443177$$

## **Формат вещественный двойной точности (DREAL)**

затем вычисляется значение SREAL:

$$-1 \times 2^{-8} \times 1,56471443177 = -6,1121657491E-3$$

Формат вещественного числа с одинарной точностью соответствует техническим требованиям стандарта IEEE-754. Запись числа в этом формате требует 64 битов (8 байтов) :

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байт 3
S EEEE EEEE	MMMM MMMM	MMMM MMMM	MMMM MMMM
Байт 4	Байт 5	Байт 6	Байт 7
MMMM MMMM	MMMM MMMM	MMMM MMMM	MMMM MMMM

где

S = знаковый бит (1 = отрицательное число, 0 = положительное);  
E = показатель степени с основанием 2 со смещением 1023 (чтобы декодировать эти 11 разрядов, нужно из их десятичного эквивалента вычесть 1023).

M = биты мантиссы (справа от запятой, отделяющей целую часть числа от дробной); подразумеваемый старший значащий бит (MSB) находится слева от запятой. Предполагается, что этот бит всегда равен "1". Такая запись числа обеспечивает эффективную точность 53 бита со значением младшего значащего бита (самый правый), равного весу  $2^{-52}$ . Другой способ вычисления мантиссы состоит в преобразовании этих 53 битов (предполагается, что MSB имеет значение "1") в целое число и последующем умножении этого числа на  $2^{-52}$ .

Значение числа в формате DREAL вычисляется следующим образом:  
 $(-1)^S \times (\text{мантизса}) \times 2^{(\text{показатель степени})}$

## **Использование памяти отсчетов**

Мультиметр запоминает отсчеты в памяти всякий раз, когда снимаются отсчеты, и память отсчетов включена. Память отсчетов имеет два режима: FIFO (first-in-first-out - первым вошел, первым вышел) и LIFO ((last-in-first-out - последним вошел, первым вышел). В режиме FIFO первый запомненный отсчет является и первым возвращаемым отсчетом при условии, что считывание отсчетов производится без указания их номеров (упомянутый метод считывания рассматривается ниже). При заполнении памяти отсчетов в режиме FIFO все запомненные данные остаются в неприкословенности, и новые отсчеты не запоминаются.

В режиме LIFO последний запомненный отсчет является первым возвращаемым отсчетом при условии, что считывание отсчетов производится без указания их номеров. При заполнении памяти отсчетов в режиме LIFO первые (самые старые) отсчеты заменяются новыми. Для включения памяти отсчетов и задания режима следует использовать команду MEM (при переопределении режима памяти отсчетов все ранее запомненные отсчеты стираются). Например, для задания режима LIFO памяти отсчетов необходимо послать команду:

```
OUTPUT 722; "MEM LIFO"
```

Теперь мультиметр включен для снятия отсчетов. После запоминания отсчетов память можно выключить и сохранить эти данные в неприкословенности с помощью команды:

```
OUTPUT 722; "MEM OFF"
```

Если необходимо возобновить предыдущий режим работы памяти для запоминания дополнительных данных без стирания уже

записанных данных, нужно послать следующую команду:

```
OUTPUT 722; "MEM CONT"
```

## Форматы запоминания отсчетов в памяти

Отсчеты могут быть запомнены в одном из пяти форматов: ASCII, целочисленном одинарной точности (SINT), целочисленном двойной точности (DINT), вещественном одинарной точности (SREAL), вещественном двойной точности (DREAL). Емкость памяти, требуемая при запоминании в каждом из форматов:

ASCII -	16 байтов на отсчет <sup>1</sup>
SINT -	2 байта на отсчет
DINT -	4 байта на отсчет
SREAL -	4 байта на отсчет
DREAL -	8 байтов на отсчет

Чтобы определить число отсчетов, которое может быть запомнено в определенном формате, нужно разделить емкость памяти отсчетов (первое значение, возвращаемое командой MSIZE?) на число байтов, необходимое для представления отсчета в этом формате.

- **Формат целочисленный одинарной (SINT) или двойной (DINT) точности.** Формат запоминания SINT следует использовать при проведении измерений с низкой разрешающей способностью (3,5 или 4,5 десятичных разряда). При этом на фиксированном пределе (автоматическое переключение пределов выключено) обеспечивается самая высокая скорость измерения. Поскольку для запоминания отсчета в формате SINT используются только 2 байта, при использовании этого формата можно запомнить показаний больше, чем в любом другом формате запоминания. Формат запоминания DINT следует использовать при проведении измерений с высокой разрешающей способностью (5,5 или более десятичных разрядов) и с самой высокой допустимой скоростью на фиксированном пределе.

### Примечание

При использовании форматов запоминания SINT и DINT в мультиметре применяется масштабирование отсчета. Коэффициент масштабирования зависит от конфигурации мультиметра (измерительная функция, предел, установки АЦП и включенные математические операции). При считывании отсчетов мультиметр вычисляет коэффициент масштабирования, используя данные текущей конфигурации. В случае изменения конфигурации после запоминания отсчетов при считывании может использоваться уже другой масштабный коэффициент, который даст неверные отсчеты. Поэтому очень важно, чтобы при считывании мультиметр был сконфигурирован так же, как при запоминании отсчетов. Нельзя использовать форматы SINT и DINT для представления отсчетов измерения частоты или периода при включенной математической операции обработки результатов в реальном времени или постобработке (исключение составляют STAT и PFAIL), а также при установленном автоматическом переключении пределов.

- **Формат вещественный одинарной (SREAL) или двойной (DREAL) точности.** В отличие от форматов SINT и DINT, отсчеты, запоминаемые в форматах SREAL и DREAL, не масштабируются и могут использоваться с любой измерительной функцией/конфигурацией мультиметра. Поскольку масштабирование не используется, форматы SREAL и DREAL идеальны, когда включены автоматическое переключение пределов и/или математическая функция. Формат SREAL следует использовать при измерениях с разрешающей способностью  $\leq 6,5$  десятичных разрядов, а формат DREAL - с разрешающей способностью  $> 6,5$  десятичных разрядов.

1. Для показания в формате ASCII в действительности требуется 15 байтов плюс 1 байт на каждый отсчет для нулевого символа (null character), который используется только для разделения запомненных отсчетов в формате ASCII.

- **ASCII.** Этот формат запоминания может использоваться с любой измерительной функцией/конфигурацией мультиметра. Поскольку в формате ASCII требуется наибольшее число байт для запоминания отсчета, его следует использовать только в случае, если форматом вывода является формат ASCII, скорость измерения не имеет значения, а число запоминаемых отсчетов не велико.

Формат запоминания отсчетов в памяти устанавливается командой MFORMAT (при включении питания и по умолчанию устанавливается формат SREAL). Например, чтобы установить целочисленный формат с одинарной точностью необходимо послать команду:

```
OUTPUT 722; "MFORMAT SINT"
```

#### **Индикация перегрузки**

Мультиметр индицирует условие перегрузки (при входном сигнале, превышающем возможность его измерения на установленном пределе) запоминанием в памяти отсчетов значения  $\pm 1E+38$  вместо отсчета. При вызове на индикатор значений перегрузки отображается  $\pm 1E+38$ . При пересылке значений перегрузки из памяти отсчетов в выходной буфер GPIB они преобразуются в числа перегрузки установленного формата вывода. Подробнее см. ниже подраздел “Пересылка отсчетов по шине GPIB”.

#### **Вызов отсчетов**

Отсчеты можно вызвать из памяти либо по номеру отсчета, либо с помощью метода, называемого “неявным считыванием”. Независимо от установленного формата запоминания, вызываемые отсчеты выводятся в формате, заданном командой OFORMAT (подробнее см. ниже подраздел “Пересылка отсчетов по шине GPIB”). Перед вызовом отсчетов может потребоваться определить число запомненных отсчетов. Это может быть сделано с помощью команды запроса MCOUNT? Следующая программа возвращает общее число запомненных отсчетов:

```
10 OUTPUT 722; "MCOUNT?"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END
```

#### **Использование номеров отсчетов**

Мультиметр присваивает номер каждому отсчету, запоминаемому в памяти отсчетов. Наименьший номер (1) присваивается самому последнему запомненному отсчету. Наибольший номер присваивается самому первому запомненному отсчету. Номера отсчетов всегда присваиваются таким образом, независимо от используемого режима (FIFO или LIFO) работы памяти. Команда RMEM позволяет использовать номера отсчетов для копирования отсчета или группы отсчетов из памяти в выходной буфер. Команда RMEM не разрушает содержимое памяти отсчетов; она просто копирует отсчеты в выходной буфер.

Команда RMEM выключает (OFF) память отсчетов. Это означает, что все ранее запомненные отсчеты остаются нетронутыми, а новые отсчеты не запоминаются. Первый параметр команды RMEM задает начальный отсчет. Второй параметр (число ) устанавливает число вызываемых отсчетов, начиная с начального отсчета. Третий параметр (запись) задает запись, из которой вызываются отсчеты. Записи соответствуют числу отсчетов, заданному в командах NRDGS или SWEEP. Например, если для NRDGS задано четыре отсчета, каждая запись в памяти отсчетов будет содержать четыре отсчета. Следующая программа задает 10 отсчетов на один запуск (NRDGS 10) и использует команду TARM SGL для взятия 8 групп из 10 отсчетов в каждой (подготовка нескольких запусков). В результате в память будет записано 80 отсчетов:

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"      !ПРИОСТАНОВКА ВЗЯТИЯ ОТЧЕТОВ
20 OUTPUT 722."DCV 1"          !ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТ. ТОКА, ПРЕДЕЛ 1 В
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
40 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"      !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА AUTO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"   !10 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL,8"      !ПОДГОТОВКА ЗАПУСКА 8 РАЗ
70 END

```

К запомненным отсчетам теперь можно обращаться либо по индивидуальному номеру отсчета (с 1 по 80), либо по номеру записи/номеру отсчета в записи (например, третий отсчет в записи номер два соответствует также индивидуальному номеру 13). Например, в следующей программе считывается и выводится на индикацию результат с номером 50 (31-й отсчет, взятый приведенной выше программой):

```

10 OUTPUT 722;"RMEM 50"        !ВЫЗОВ ОТСЧЕТА ПОД НОМЕРОМ 50
20 ENTER 722;A                 !ВВОД ОТСЧЕТА
30 PRINT A                      !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
40 END

```

Следующая программа использует первый параметр и параметр “число” для вызова и индикации отсчетов с номерами с 12 по 17 .

```

10 OPTION BASE 1                !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(6)                  !РАЗМЕР МАССИВА - 6 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"RMEM 12,6"        !ВЫЗОВ 6 ОТСЧЕТОВ, НАЧИНАЯ С #12
40 ENTER 722;Rdgs(*)           !ВВОД ОТСЧЕТОВ
50 PRINT Rdgs(*)                !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
60 END

```

При вызове отсчетов можно также использовать и номера записей. Наименьший номер записи мультиметр присваивает самой последней записи. Наибольший номер присваивается самой первой (самой старой) записи. Следующая программа возвращает третий и четвертый отсчеты в записи под номером шесть (соответственно, отсчеты с номерами 53 и 54).

```

10 OPTION BASE 1                !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(2)                  !РАЗМЕР МАССИВА - 2 ОТСЧЕТА
30 OUTPUT 722;"RMEM 3,2,6"        !ВЫЗОВ 3-ГО И 4-ГО ОТСЧЕТОВ ИЗ ЗАПИСИ #6
40 ENTER 722;Rdgs(*)           !ВВОД ОТСЧЕТОВ
50 PRINT Rdgs(*)                !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
60 END

```

При выполнении команды RMEM с передней панели после вызова отсчета по его номеру клавиши со стрелкой вверх и со стрелкой вниз можно использовать для просмотра остальных отсчетов, находящихся в памяти. Команда RMEM - это единственный способ вызова запомненных отсчетов с передней панели.

### **Неявное считывание**

Когда контроллер запрашивает данные от мультиметра, и его выходной буфер пуст, а память отсчетов включена, отсчет извлекается из памяти, помещается в выходной буфер и пересыпается в контроллер. Этот метод получил название метода неявного считывания запрашиваемых отсчетов. В отличие от команды RMEM, при неявном считывании происходит удаление отсчетов из памяти прибора. В режиме LIFO считывается (и удаляется) самый последний отсчет. В режиме FIFO считывается (и удаляется) самый первый отсчет. Следующая программа выполняет 200 отсчетов, помещает их в память отсчетов и использует неявное считывание для пересылки отсчетов в контроллер.

```

10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(200)          ! РАЗМЕР МАССИВА 200 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 200,AUTO" ! 200 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   ! ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"   ! ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
70 PAUSE                  ! ПРИОСТАНОВКА ИСПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ,
                           ! НАЖАТЬ CONTINUE ДЛЯ ПРОДОЛЖЕНИЯ
80 ENTER 722;Rdgs(*)      ! ВВОД ОТСЧЕТОВ
90 PRINT Rdgs(*)          ! ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
100 END

```

## Пересылка отсчетов по шине GPIB

В данном подразделе описаны форматы вывода отсчетов и способы их пересылки от мультиметра в контроллер.

### Форматы вывода

Мультиметр посыпает отсчеты в выходной буфер интерфейса GPIB по мере готовности этих отсчетов, когда память отсчетов выключена (команда MEM OFF). При включении питания, а также после исполнения команды RESET или любой из команд PRESET память отсчетов выключена. При пересылке используются указанные ниже пять форматов вывода с соответствующим числом байтов на отсчет.

ASCII -	15 байтов на отсчет
SINT -	2 байта на отсчет
DINT -	4 байта на отсчет
SREAL -	4 байта на отсчет
DREAL -	8 байтов на отсчет

- **ASCII.** Этот формат является наиболее часто используемым форматом вывода, поскольку отсчет, представленный в нем не требует масштабирования и специального преобразования данных при обработке в контроллере. Поскольку в формате ASCII требуется самое большое число байт на отсчет, его следует использовать только в том случае, когда скорость измерения не является важным фактором.

### Примечание

При использовании формата ASCII требуется два дополнительных байта для символов возврата каретки и перевода строки строки (cr, lf), завершающих передаваемую строку символов. Символы (cr, lf) используются только для формата ASCII и обычно завершают вывод каждого отсчета в формате ASCII. Однако при использовании формата ASCII для вывода нескольких отсчетов из памяти отсчетов с помощью команды RMEM в мультиметре в качестве разделителя отсчетов используется запятая (запятая = 1 байту). В этом случае символы cr, lf пересылаются только один раз после последнего отсчета вызываемой группы отсчетов. Запятые не используются при прямом выводе отсчетов на шину (память отсчетов выключена), при вызове показаний с использованием неявного считывания или при использовании другого формата вывода.

- **Формат целочисленный одинарной (SINT) или двойной (DINT) точности.** Формат SINT следует использовать при проведении измерений с низкой разрешающей способностью (3,5 или 4,5 десятичных разряда) на фиксированном пределе измерения (автоматическое переключение пределов выключено) с самой высокой допустимой скоростью. Поскольку в формате SINT для одного отсчета используются только 2 байта, при пересылке по шине GPIB достигается самая высокая скорость по сравнению с пересылкой отсчетов в любых других форматах. Формат DINT следует использовать при проведении измерений с высокой разрешающей способностью (5,5 или более десятичных разрядов) и с самой высокой допустимой скоростью на фиксированном пределе.

## Примечание

При использовании форматов запоминания/вывода SINT и DINT в мультиметре применяется масштабирование отсчетов. Коэффициент масштабирования зависит от конфигурации мультиметра (измерительная функция, предел, установки АЦП и включенные математические операции). Нельзя использовать форматы SINT и DINT для представления отсчетов измерения частоты или периода при включенной математической операции обработки результатов в реальном времени или при постобработке (исключение составляют STAT и PFAIL), а также при включенном автоматическом переключении пределов.

- **Формат вещественный одинарной (SREAL) или двойной (DREAL) точности.** В отличие от форматов SINT и DINT, отсчеты, выводимые в форматах SREAL и DREAL, не масштабируются и могут использоваться с любой измерительной функцией/конфигурацией мультиметра. Так как масштабирование не используется, форматы SREAL и DREAL идеальны, когда включены автоматическое переключение пределов и/или любая математическая функция. Дополнительное достоинство формата DREAL состоит в том, что контроллеру нет необходимости заниматься его преобразованием. Формат SREAL следует использовать при измерениях с разрешающей способностью  $\leq 6,5$  десятичных разрядов, а формат DREAL - с разрешающей способностью  $> 6,5$  десятичных разрядов.

Команда OFORMAT устанавливает формат вывода результатов (при включении питания и по умолчанию используемым форматом является ASCII). Например, чтобы установить формат целочисленный двойной точности необходимо послать команду:

```
OUTPUT 722; "OFORMAT DINT"
```

## Индикация перегрузки

Мультиметр индицирует условие перегрузки (при входном сигнале, превышающем возможность его измерения на установленном пределе) передачей наибольшего допустимого числа для конкретного установленного формата вывода, как указано ниже :

SINT: +32767 или -32768 (не масштабированные)

DINT: +2.147483647E+9 или -2.147483648E+9 (не масштабированные)

ASCII, SREAL, DREAL: +/-1.OE+38

## Завершение вывода

Вывод каждого отсчета на шину GPIB в формате ASCII обычно сопровождается символами *cr*, *lf* (возврат каретки, перевод строки). Символы *cr*, *lf* для большинства контроллеров указывают на завершение передачи. В любом другом формате вывод отсчетов не имеет символов *cr*, *lf* в конце строки. При использовании любого формата вывода для обозначения конца передачи можно использовать функцию EOI (конец передачи или идентификация) интерфейса GPIB. Подробнее о команде END см. в разделе 6.

## Использование формата вывода SINT или DINT

Команда ISCALE? возвращает масштабный коэффициент (в формате ASCII) при выводе отсчетов в форматах SINT или DINT. После считывания контроллером масштабного коэффициента, формат вывода возвращается к установленному формату SINT или DINT. Масштабный коэффициент можно считывать после того, как мультиметр сконфигурирован, но до запуска взятия отсчетов, либо после того, когда все отсчеты будут взяты и переданы в контроллер. Если отсчет находится в выходном буфере при выполнении команды ISCALE?, то он будет перезаписан значением масштабного коэффициента.

## Пример с форматом SINT

Приведенная ниже программа выводит 10 отсчетов в формате SINT, считывает значение масштабного коэффициента и умножает каждый отсчет на значение масштабного коэффициента. Результаты пересыпаются в контроллер с помощью оператора TRANSFER (это

особая команда в контроллерах серии Hewlett-Packard 200/300, использующих язык BASIC). Оператор TRANSFER обеспечивает самую быструю пересылку данных по шине GPIB, особенно при использовании режима прямого доступа в память (ПДП) интерфейса GPIB. Оператор TRANSFER следует использовать, когда скорость измерения/пересылки становится важна.

```

10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings   !ОПИСАНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ (ЦЕЛЫЕ ЧИСЛА)
30 INTEGER Int_rdgs (1: 10) BUFFER !СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА ДЛЯ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
40 REAL Rdgs(1:10)        !СОЗДАНИЕ МАССИВА ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ
50 Num_readings=10         !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 10
60 ASSIGN @Dvm TO 722      !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
80 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";Num_readings
85 !TARM AUTO, TRIG SYN, ФОРМАТ ВЫВОДА SINT, МИН. ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ
90 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ В МАССИВ
91 !ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ; ПОСКОЛЬКУ ФОРМАТ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ В КОМПЬЮТЕРЕ ТАКОЙ ЖЕ, КАК И
95 !SINT, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ЗДЕСЬ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ)
100OUTPUT @Dvm;"I SCALE?"    !ЗАПРОС МАСШТАБНОГО КОЭФФ-ТА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
110ENTER @Dvm;S              !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
120FOR I=1 TO Num_readings
130Rdgs(I)=Int_rdgs(I)       !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SINT
135 !В ВЕЩЕСТВЕННЫЙ (НЕОБХОДИМО ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ НА СЛЕД. СТРОКЕ)
140R=ABS(Rdgs(I))           !ИСПОЛЬЗОВАТЬ АБС. ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛН.
150IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛН., ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
160Rdgs(I)=Rdgs(I)*S        !УМНОЖЕНИЕ ОТСЧЕТА НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
170Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
180NEXT I
190END

```

### Пример с форматом DINT

Следующая программа подобна предыдущей за исключением того, что производится взятие 50 отсчетов и их пересылка в компьютер с использованием формата DINT:

```

10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings,l,J,K   !ОПИСАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30 Num_readings= 50          !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722         !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings] !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;FORMAT DINT;NRDGS";Num_readings
75 TARM AUTO, TRIG SYN,DCV 10V RANGE,DINT OUTPUT FORMAT,NRDGS 50,AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!SYN EVENT, TRANSFER READINGS
90 OUTPUT @Dvm;"1 SCALE?"     !ЗАПРОС МАСШТАБИРОВАНИЯ ДЛЯ DINT
100ENTER @Dvm;S              !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
110FOR I=1 TO Num_readings
120ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !ВВОД ОДНОГО 16-БИТНОГО СЛОВА В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ КОДЕ
121!В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K(# = СИМВОЛ ЗАВЕРШЕНИЯ ОПЕРАТОРА НЕ ТРЕБУЕТСЯ;
125!W = ВВОД ДАННЫХ В ВИДЕ 16-БИТНОГО ЦЕЛОГО ЧИСЛА В ДВОИЧНОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ КОДЕ)
130Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.* (K<0)) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ВЕЩЕСТВЕННОЕ ЧИСЛО
140R=ABS(Rdgs(I))           !ИСПОЛЬЗОВАТЬ АБС. ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛН.
150IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD" !ЕСЛИ ВОЗНИКЛО ПЕРЕПОЛНЕНИЕ, ПЕЧАТАТЬ СООБЩЕНИЕ
160Rdgs(I)=Rdgs(I)*S        !ПРИМЕНить МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
170Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !ОКРУГЛить ПРЕОБРАЗОВАННЫЙ ОТСЧЕТ
180PRINT Rdgs(I)            !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
190NEXT I
200END

```

## Использование формата SREAL

В следующей программе показано преобразование 10 отсчетов, выводимых в формате SREAL.

```
10 OPTION BASE 1                      !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings               !ОПИСАНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ
30 Num_readings=10                   !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 10
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !СОЗДАТЬ МАССИВ ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
50 ASSIGN @Dvm TO 722                 !НАЗНАЧИТЬ АДРЕС МУЛЬТИМЕТРА
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_readings] !НАЗНАЧИТЬ ИМЯ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SREAL;NRDGS";Num_readings
75 !TRIG SYN, ФОРМАТ ВЫВОДА SREAL, 1 PLC, DCV AUTORANGE, 10 ОТСЧЕТОВ
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT      !СОБЫТИЕ SYN; ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ
90 FOR I=1 TO Num_readings
100ENTER @Buffer USING "#,B";A,B,C,D !ВВОД ОДНОГО 8-БИТОВОГО БАЙТА В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ
101!(# =СИМВОЛ ЗАВЕРШЕНИЯ ОПЕРАТОРА НЕ ТРЕБУЕТСЯ, В = ВВОД ОДНОГО 8-БИТОВОГО БАЙТА
105!И ИНТЕРПРЕТИРОВАНИЕ КАК ЦЕЛОГО ЧИСЛА ОТ 0 ДО 255)
110S=1                                !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
120IF A>127 THEN S=-1                  !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
130IF A>127 THEN A=A-128                !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
140A=A*2- 127                          !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
150IF B>127 THEN A=A+1                  !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
160IF B<=127 THEN B=B+128                !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
170Rdgs(I)=S*(B*65536.+C*256.+D)*2^(A-23) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SREAL
180Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),7)           !ОКРУГЛЕНИЕ ОТСЧЕТА ДО 7 ДЕСЯТИЧНЫХ ЦИФР; ЭТО
181!НУЖНО СДЕЛАТЬ С ОТСЧЕТОМ В ФОРМАТЕ SREAL ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКРУГЛЕНИЯ ЛЮБЫХ ЗНАЧЕНИЙ
185!ДО 1.E+38 (БЕЗ ОКРУГЛЕНИЯ ЭТО ЗНАЧЕНИЕ МОЖЕТ БЫТЬ ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШЕ)
190IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN        !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ ПРОИЗОШЛО:
200PRINT "Overload Occurred"          !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
210ELSE                                !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ ОТСУТСТВУЕТ:
220PRINT Rdgs(I)                      !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТА
230END IF
240NEXT I
250END
```

## Использование формата DREAL

В следующей программе используется DREAL формат. Обратить внимание на то, что никаких дополнительных преобразований выполнять не требуется, поскольку формат DREAL используется контроллером как собственный внутренний формат данных (8 байт на слово).

```
10 OPTION BASE 1                      !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 REAL Rdgs(1:10) BUFFER            !СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА
30 ASSIGN @Dvm TO 722                 !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN @Rdgs TO BUFFER Rdgs(*)    !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
50 OUTPUT @Dvm;"1'PRESET NORM;NP1C 10;OFORMAT DREAL;NRDGS 10"
55 !TRIG SYN, 10 PLCS, DCV AUTORANGE, ФОРМАТ ВЫВОДА DREAL, 10 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК.
60 TRANSFER @Dvm TO @Rdgs;WAIT       !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ
70 FOR I=1 TO 10
80 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN      !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ ПРОИЗОШЛО:
90 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"        !ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛНЕНИИ
100ELSE                               !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ ОТСУТСТВУЕТ:
110Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)         !ОКРУГЛІТЬ ОТСЧЕТЫ
120PRINT Rdgs(I)                      !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
130END IF
140NEXT I
150END
```

В предыдущей программе для получения отсчетов от мультиметра использовалась команда TRANSFER. В следующей программе для пересылки отсчетов в компьютер используется оператор ENTER. Оператор ENTER проще в использовании, поскольку не требует

задания пути ввода/вывода, однако выполняется гораздо медленнее, чем оператор TRANSFER. Кроме того, при использовании оператора ENTER необходимо использовать команду FORMAT OFF, чтобы указать контроллеру на необходимость использования собственного внутреннего представления данных вместо ASCII.

```
10 OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 Num_readings=20         ! ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 20
30 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) ! СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСЧЕТОВ
40 ASSIGN @Dvm TO 722      ! НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT DREAL;NPLC 10;NRDGS";Num_readings
55 !TRIG SYN, DCV AUTORANGE, ФОРМАТ ВЫВОДА DREAL, 10 PLC, 20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
60 ASSIGN @Dvm;FORMAT OFF   ! ИСПОЛЬЗОВАТЬ СТРУКТУРУ ДАННЫХ 8 БАЙТ/СЛОВО
70 FOR I=1 TO Num_readings
80 ENTER @Dvm;Rdgs(I)       ! ВВОД КАЖДОГО ОТСЧЕТА
90 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN
100PRINT "OVERLOAD OCCURRED"
110ELSE
120Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(1),8)
130PRINT Rdgs(I)           ! ПЕЧАТАТЬ ОТСЧЕТЫ ДО 8 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
140END IF
150NEXT I                   ! ПЕЧАТАТЬ ОТСЧЕТОВ
160END
```

## Увеличение скорости взятия отсчетов

В данном подразделе рассматривается быстродействующий режим работы мультиметра и факторы, которые влияют на скорость взятия отсчетов. Приводятся примеры программ, которые показывают, как увеличить скорость взятия отсчетов, как переслать отсчеты с высокой скоростью непосредственно в контроллер, как выполнить с высокой скоростью пересылки из памяти отсчетов в контроллер, как определить скорость взятия отсчетов.

### Быстродействующий режим измерения

При измерении напряжения постоянного тока, постоянного тока, сопротивления по 2- или 4-проводной схеме, а также при измерениях с использованием методов прямой дискретизации и субдискретизации<sup>1</sup>, мультиметр входит в быстродействующий режим измерения, когда инициирован процесс взятия отсчетов, время интегрирования установлено менее 10 PLC, и исполнены следующие команды:

```
ARANGE OFF
DISP OFF
MATH OFF
MFORMAT SINT или DINT (требуется только при включенной памяти отсчетов)
OFORMAT SINT или DINT (требуется только при выключенной памяти отсчетов)
```

Когда отсчеты берутся в быстродействующем режиме измерения, мультиметр оказывается полностью вовлеченным в процесс измерения. Это означает что он не будет обрабатывать какие-либо команды до тех пор, пока не завершит взятие установленного числа отсчетов. Если в быстродействующем режиме измерения отсчеты пересылаются непосредственно в выходной буфер, мультиметр ожидает, пока каждый отсчет не будет считан из буфера, прежде чем поместить в выходной буфер следующий отсчет. Это гарантирует, что отсчеты не будут потеряны из-за ограниченного быстродействия

1. Подробнее по измерениям методами прямой дискретизации и субдискретизации см. раздел 5.

шины или контроллера. Когда мультиметр не работает в быстродействующем режиме, любой отсчет в выходном буфере будет перезаписан, когда будет доступен новый отсчет.

Если память отсчетов включена в режиме FIFO, и произошло ее заполнение в быстродействующем режиме, событие подготовки запуска устанавливается на HOLD. В результате взятие отсчетов останавливается, и мультиметр выходит из быстродействующего режима измерения. После считывания некоторых или всех отсчетов из памяти, измерения можно возобновить, изменив событие подготовки запуска (командой TARM). Если память отсчетов становится полной в режиме LIFO, самые первые (самые старые) отсчеты заменяются самыми последними (самыми новыми), независимо от того, находится мультиметр в быстродействующем режиме измерения или нет.

#### Примечание

В быстродействующем режиме измерения входной буфер временно выключается, пока отсчеты не будут взяты. Кроме того, если было задано END ALWAYS (устанавливает режим конца передачи EOI интерфейса GPIB), режим EOI изменится на END ON на время, пока берутся отсчеты. После завершения взятия отсчетов режим входного буфера, а также режим EOI возвращаются к ранее сделанным установкам.

В быстродействующем режиме измерения мультиметр будет реагировать только на команду CLEAR (очистить) интерфейса GPIB. Если по какой-либо причине необходимо вывести мультиметр из быстродействующего режима измерения, следует послать команду:

CLEAR 722

Команда CLEAR приостанавливает измерения, выводя мультиметр из быстродействующего режима. Подробнее о команде CLEAR интерфейса GPIB см. приложение B.

### Конфигурирование для высокой скорости взятия отсчетов

Команда PRESET FAST выполняет серию команд, которые конфигурируют мультиметр для высокой скорости взятия отсчетов. Кроме того, на скорость взятия отсчетов влияют время интегрирования и/или разрешающая способность, установка времени задержки запуска, полоса пропускания (только при измерениях на переменном токе) и режим компенсации смещения (только при измерениях сопротивления).

#### Примечание

В дополнение к командам, описанным в данном разделе, команда DEFEAT (отмена) может использоваться для увеличения производительности посредством выключения алгоритма защиты входа мультиметра и некоторых алгоритмов проверки синтаксиса и ошибок. При выключении этих алгоритмов, мультиметр может изменить измерительную конфигурацию быстрее, чем когда они включены. Подробнее о команде DEFEAT, а также о мерах предосторожности при ее использовании см. раздел 6.

### Команда PRESET FAST

Команда PRESET FAST (предустановка для высокой скорости взятия отсчетов) выключает многие функции, которые снижают скорость взятия отсчетов и конфигурирует мультиметр для быстрой пересылки отсчетов в память и по GPIB. В таблице 22 указаны команды, вызываемые командой PRESET FAST и влияющие на скоростные характеристики, а также причины для выполнения каждой из этих команд.

**Таблица 22 - Команды, вызываемые к исполнению PRESET FAST**

<b>Команда</b>	<b>Причина выполнения</b>
DCV 10	Устанавливает измерение напряжения постоянного тока на пределе 10 В. Автоматическое переключение пределов выключено, поскольку в этом режиме мультиметр перед каждым отсчетом производит оценку входного сигнала и требует больше времени для взятия отсчета, чем на фиксированном пределе. Недостатком фиксированного предела является низкое разрешение при измерении сигналов, значение которых меньше 10% значения полной шкалы, а также возможность возникновения перегрузки, если сигнал превысит значение полной шкалы.
AZERO OFF	При включенной автокоррекции нуля измерение уровня нуля выполняется после взятия каждого отсчета (только для измерений на постоянном токе). Выполнение автокоррекции нуля приводит к увеличению времени для взятия отсчета.
DISP OFF	Время, необходимое для обновления отсчета на индикаторе, замедляет скорость взятия отсчетов.
MATH OFF	Любая включенная математическая операция, выполняемая в реальном времени, снижает скорость взятия отсчетов. При необходимости выполнения математических операций над отсчетами следует использовать операции математической постобработки (команда MMATH). Подробнее см. ниже подраздел "Математические операции".
MFORMAT DINT	Отсчеты от АЦП поступают в формате SINT или DINT (это зависит от установленной разрешающей способности; * в конфигурации, устанавливаемой командой PRESET FAST, АЦП использует формат DINT). Для наиболее быстрой пересылки отсчетов в память отсчетов формат памяти (команда MFORMAT) должен совпадать с форматом АЦП, чтобы никакого преобразования не требовалось. Подробнее об использовании форматов SINT и DINT см. выше в подразделе "Форматы отсчетов".
OFORMAT DINT	Отсчеты от АЦП поступают в формате SINT или DINT (это зависит от установленной разрешающей способности; * в конфигурации, устанавливаемой командой PRESET FAST, АЦП использует формат DINT). Для наиболее быстрой пересылки отсчетов в выходной буфер формат вывода (команда OFORMAT) должен совпадать с форматом АЦП, чтобы никакого преобразования не требовалось. Кроме того, если формат вывода совпадает с форматом памяти отсчетов, никакого преобразования не потребуется для вызова показаний из памяти. Для считывания значения масштабного коэффициента при использовании формата вывода SINT или DINT следует использовать команду ISCALE?. Подробнее об использовании форматов SINT и DINT см. выше в подразделе "Форматы отсчетов".

\* При выполнении прямой дискретизации используемый формат зависит от амплитуды входного сигнала. Подробнее см. раздел 5.

## **Время интегрирования и разрешающая способность**

**Измерения на постоянном токе, измерения сопротивлений и аналоговые измерения на переменном токе.** Установленное значение времени интегрирования и/или разрешающей способности оказывает основное влияние на скорость взятия отсчетов при следующих измерениях: напряжения постоянного тока, постоянного тока, сопротивлений по 2- или 4-проводным схеме, переменного тока или суммы переменного и постоянного токов, напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока (только если используется метод, устанавливаемый командой SETACV ANA). Чем больше время интегрирования (или больше разрешающая способность), тем меньше скорость взятия отсчетов. Технические характеристики в приложении А показывают зависимость скорости взятия отсчетов от времени интегрирования для каждого из этих видов измерения.

**Измерения напряжения переменного тока с использованием дискретизации.** При измерении напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока с помощью команды SETACV SYNC или SETACV RNDM значение времени интегрирования становится фиксированным и не может быть изменено. Для этих измерений основное влияние на скорость

взятия отсчетов оказывает заданная разрешающая способность. Технические характеристики в приложении А показывают зависимость скорости взятия отсчетов от разрешающей способности при измерениях на переменном токе с использованием методов дискретизации.

**Измерения частоты или периода.** Время интегрирования не влияет на измерения частоты или периода. Для этого вида измерений основное влияние на скорость взятия отсчетов имеет установленная разрешающая способность (которая задает временной интервал счета). Технические характеристики в приложении А показывают зависимость скорости взятия отсчетов при измерениях частоты или периода от установленной разрешающей способности.

### Установка условий запуска

Для установки самой быстрой конфигурации запуска установить событие подготовки запуска, событие запуска и событие замера на AUTO. Можно также использовать событие замера TIMER (или команду SWEEP). Скорость взятия отсчетов является обратной величиной временного интервала, задаваемого командой TIMER или SWEEP, если не вырабатывается ошибка TRIGGER TOO FAST (запуск слишком быстрый).

### Время задержки

При нормальной работе мультиметр автоматически устанавливает время задержки на основании заданной измерительной функции, предела измерения, разрешающей способности, а при измерении напряжения переменного тока, и установленной полосы частот. Время задержка является фактически временем установления, которое вводится перед первым отсчетом и обеспечивает получение точных отсчетов. Наибольшее влияние задержка, вводимая по умолчанию, оказывает на скорость взятия отсчетов при измерениях на переменном токе с использованием аналогового метода, а минимальное - при измерениях напряжения переменного тока с использованием методов дискретизации и при измерениях на постоянном токе. Достичь большей скорости взятия отсчетов при выполнении аналоговых измерений на переменном токе можно, задав время задержки меньше, чем его значение по умолчанию. Однако, полученное при этом время установления может оказаться недостаточным для выполнения точных измерений.

### Полоса пропускания при измерениях на переменном токе

Для выполнения измерений на переменном токе с максимальной скоростью нужно установить полосу пропускания (команда ACBAND), соответствующую частотному спектру входного сигнала. Технические характеристики в приложении А показывают зависимость скорости взятия отсчетов при измерениях на переменном токе от частотных составляющих входного сигнала.

### Компенсация смещения

При выполнении измерений сопротивлений по 2- и 4-проводной схеме с включенной компенсацией смещения мультиметр измеряет напряжение смещения перед каждым отсчетом сопротивления. Это требует больше времени, чем при выключенной компенсации смещения (команда OCOMP OFF).

### Пример высокоскоростного измерения напряжения постоянного тока

В следующей программе показано измерение напряжения постоянного тока с максимально возможной скоростью (> 100000 отсчетов в секунду). Отсчеты запоминаются в памяти отсчетов.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"           !DCV, ПРЕДЕЛ 10В, TARM SYN, TRIG AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"            !САМОЕ БОЛЬШОЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ,
25                                         !ДОПУСТИМОЕ ДЛЯ >100000 ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"          !ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"              !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO"     !10000 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"              !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
70 END
```

### Пример высокоскоростного измерения сопротивления

В следующей программе показано измерение сопротивления по 2-проводной схеме с максимально возможной скоростью (> 100000 отсчетов в секунду). Для 4-четырехпроводной схемы следует команду ОНМ в строке 50 заменить на команду ОНМФ. Отсчеты запоминаются в памяти отсчетов.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"
25
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
50 OUTPUT 722;"OHM 100E3"
60 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO"
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"
80 END

```

!DCV, ПРЕДЕЛ 10В, TARM SYN, TRIG AUTO  
!САМОЕ БОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ,  
!ДОПУСТИМОЕ ДЛЯ >100000 ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ  
!2-ПРОВ. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ПРЕДЕЛ 100 кОМ  
!10000 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения постоянного тока**

В следующей программе показано измерение постоянного тока с максимально возможной скоростью.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"
25
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
50 OUTPUT 722;"DCI 100E-3"
60 OUTPUT 722;"NRDGS 5000,AUTO"
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"
80 END

```

!DCV, ПРЕДЕЛ 10В, TARM SYN, TRIG AUTO  
!САМОЕ БОЛЬШЕЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ, ДОПУСТИМОЕ  
!ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ  
!ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 100 мА  
!5000 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения напряжения переменного тока методом синхронных выборок**

В следующей программе показано измерение напряжения переменного тока методом синхронных выборок с максимально возможной скоростью (приблизительно 10 отсчетов в секунду). Эта программа может быть использована и для измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока при замене в строке 50 команды ACV на команду ACDCV.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"
50 OUTPUT 722;"ACV 10,2"
60 OUTPUT 722;"ACBAND 5E3,8E3"
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20, AUTO"
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"
90 END

```

!TARM SYN, TRIG AUTO  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ  
!МЕТОД СИНХР. ВЫБОРОК ИЗМ-Я НАПР-Я ПЕРЕМ-ГО ТОКА  
!ИЗМ-Е НАПР-Я ПЕРЕМ-ГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В, РАЗР. 2%  
!ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ОТ 5 кГц ДО 8 кГц  
!20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения напряжения переменного тока методом случайных выборок**

В следующей программе показано измерение напряжения постоянного тока методом случайных выборок с максимально возможной скоростью (приблизительно 45 отсчетов в секунду). Эта программа может быть использована и для измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока при замене в строке 50 команды ACV на команду ACDCV.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"SETACV RNDM"
50 OUTPUT 722;"ACV 10,6"
60 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"
90 END

```

!TARM SYN, TRIG AUTO  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ  
!МЕТОД СЛУЧ. ВЫБОРОК ИЗМ-Я НАПР-Я ПЕРЕМ-ГО ТОКА  
!ИЗМ-Е НАПР-Я ПЕРЕМ-ГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В, РАЗР. 6%  
!ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ОТ 10 кГц ДО 20 кГц  
!100 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения напряжения переменного тока методом аналогового преобразования**

В следующей программе показано измерение напряжения переменного тока методом аналогового преобразования с высокой скоростью. Эта программа использует время задержки по умолчанию. Уменьшив время задержки, можно увеличить скорость взятия отсчетов. Однако полученное при этом время установления может оказаться недостаточным для выполнения точных измерений. Задав меньшее значение времени интегрирования в строке 60, можно также получить скорость взятия отсчетов большую указанной в технических характеристиках. Эта программа может быть использована и при измерении суммы напряжений переменного и постоянного тока при замене в строке 50 команды ACV на команду ACDCV.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"

```

!TARM SYN, TRIG AUTO  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT

```

30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
50 OUTPUT 722;"ACV 10"
60 OUTPUT 722;"NPLC 0.1"
70 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
80 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"
90 OUTPUT 722;"TARM SGL"
100 END

```

!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
 !МЕТОД АНАЛ. ПРЕОБР-Я ИЗМ-Я НАПР-Я ПЕРЕМ-ГО ТОКА  
 !ИЗМ-Е НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В  
 !ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 0,1 PLC  
 !ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ОТ 10 кГц ДО 20 кГц  
 !100 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
 !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения переменного тока**

В следующей программе показано измерение переменного тока с высокой скоростью. Эта программа использует время задержки по умолчанию. Уменьшив время задержки, можно увеличить скорость взятия отсчетов. Однако полученное при этом время установления может оказаться недостаточным для выполнения точных измерений. Задав меньшее значение времени интегрирования в строке 50, можно также получить скорость взятия отсчетов больше указанной в технических характеристиках. Эта программа может быть использована и при измерении суммы переменного и постоянного тока при замене в строке 40 команды ACI на команду ACDCI.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"ACI 100E-3"
50 OUTPUT 722;"NPLC 0.1"
60 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"
90 END

```

!TARM SYN, TRIG AUTO  
 !ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
 !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
 !ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 100 мА  
 !ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 0,1 PLC  
 !ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ОТ 10 кГц ДО 20 кГц  
 !100 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
 !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Пример высокоскоростного измерения частоты (периода)**

В следующей программе показано измерение частоты с высокой скоростью. Эта программа может быть использована и для измерения периода при замене в строке 40 команды FREQ на команду PER.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SREAL"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"FREQ 10, .1"
45
50 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
60 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"
80 END

```

!TARM SYN, TRIG AUTO  
 !ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SREAL  
 !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
 !ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ, ПРЕДЕЛ 10 В, ВРЕМЕННОЙ  
 !ИНТЕРВАЛ СЧЕТА 100 мкС  
 !ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ОТ 10 кГц ДО 20 кГц  
 !100 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO  
 !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ

### **Высокоскоростная пересылка отсчетов по шине GPIB**

Конфигурирование формата вывода (команда OFORMAT) в соответствии с форматом, используемым АЦП (SINT или DINT), обеспечивает самую быструю пересылку отсчетов в контроллер, поскольку в мультиметре не требуется никаких преобразований форматов. Для быстрых измерений с низкой разрешающей способностью (3,5 или 4,5 десятичных разряда), выполняемых на фиксированном пределе, следует использовать формат SINT. Поскольку формат SINT использует только 2 байта на отсчет, то ряд отсчетов можно переслать по шине в формате SINT быстрее, чем в любом другом формате. Для максимально быстрой пересылки отсчетов с высокой разрешающей способностью (5,5 и более десятичных разрядов), выполненных на фиксированном пределе, следует использовать формат DINT.

Мультиметр способен брать отсчеты и пересыпать их в контроллер со скоростью более 100000 отсчетов в секунду. При использовании формата SINT на такой скорости взятия отсчетов шина GPIB и контроллер должны быть способны пересыпать данные со скоростью более 200000 отсчетов в секунду. Контроллерам серии Hewlett-Packard 200/300 для этого требуется наличие платы управления прямым доступом к памяти (DMA). Кроме того, должны быть удалены устройства, замедляющие работу шины GPIB, а кабели максимально укорочены.

Следующая программа выполняет пересылку отсчетов непосредственно в контроллер с максимально возможной скоростью. Программа конфигурирует мультиметр для взятия отсчетов с максимальной скоростью более 1000000 отсчетов в секунду. Отсчеты выводятся в формате SINT. Если шина или контроллер не смогут пересылать отсчеты со скоростью более 2000000 отсчетов в секунду, то скорость взятия отсчетов будет ниже. Причина состоит в том, что в быстродействующем режиме измерения мультиметр не поместит следующий отсчет в выходной буфер, пока из него не будет считан предыдущий отсчет. В программе для запуска взятия отсчетов используется событие подготовки запуска SYN (может быть также использована команда TRIG SYN). Синхронизация по событию SYN очень важна для быстродействующего режима, поскольку гарантирует, что контроллер будет готов принять первый отсчет, выводимый мультиметром. Оператор TRANSFER (строка 120) выполняет событие SYN и обеспечивает самый быстрый способ пересылки показаний по шине GPIB, особенно при использовании интерфейса GPIB с каналом прямого доступа к памяти (DMA).

```

10 OPTION BASE 1
20 INTEGER Num_readings
30 INTEGER Int_rdgs (1: 30000) BUFFER !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
40 REAL Rdgs(1:30000)           !ОПИСАНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ
50 Num_readings=30000            !СОЗДАНИЕ МАССИВА БУФЕРА ДЛЯ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
60 ASSIGN @Dvm TO 722           !СОЗДАНИЕ МАССИВА ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 30000
80 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"   !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90 OUTPUT @Dvm; "APER 1.4E-6"    !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"  !ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 1,4 мКС
110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings !ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
115                                     !30000 ПОКАЗАНИЙ/ЗАПУСК, AUTO
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ В МАССИВ
121 !ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ; ПОСКОЛЬКУ ФОРМАТ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ КОМПЬЮТЕРА ТАКОЙ ЖЕ, КАК И SINT,
125 !НИКАКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ЗДЕСЬ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"       !ЗАПРОС МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm;S                !ВВОД ЗНАЧЕНИЯ МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
150 FOR I=1 TO Num_readings
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)         !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SINT
165!В ВЕЩЕСТВЕННЫЙ (НЕОБХОДИМО ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ НА СЛЕД. СТРОКЕ)
170 R=ABS(Rdgs(I))             !ИСПОЛЬЗОВАТЬ АБС. ЗНАЧ. ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛН.
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛН., ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛН.
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S          !УМНОЖЕНИЕ ОТСЧЕТА НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)  !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
210 NEXT I
220 END

```

## Высокоскоростная пересылка отсчетов из памяти

Конфигурирование формата памяти отсчетов (команда MFORMAT) в соответствии с форматом вывода (команда OFORMAT) обеспечивает самую быструю пересылку отсчетов из памяти отсчетов в контроллер, поскольку в этом случае не требуется никаких преобразований при вызове отсчетов из памяти. Для быстрых измерений с низкой разрешающей способностью (3,5 или 4,5 десятичных разряда), выполняемых на фиксированном пределе, следует использовать формат SINT. Поскольку формат SINT использует только 2 байта на отсчет, то ряд отсчетов можно запомнить в памяти и переслать по шине, используя формат SINT быстрее, чем в любом другом формате. Для максимально быстрой пересылки отсчетов с высокой разрешающей способностью (5,5 и более десятичных разрядов), взятых на фиксированном пределе, следует использовать формат DINT. Если включено автоматическое переключение пределов, и важна скорость пересылки, следует использовать формат SREAL (6,5 десятичных разрядов или меньше) или формат DREAL (7,5 или 8,5 десятичных разрядов). Выключение индикатора и любых математических операций также ускоряет пересылку отсчетов из памяти в контроллер.

Следующая программа является примером пересылки отсчетов из памяти отсчетов в контроллер с максимально возможной скоростью. Программа запоминает 5000 отсчетов в памяти отсчетов, используя формат SINT. Отсчетычитываются из памяти, используя неявное считывание, и пересылаются в контроллер (в формате SINT) с помощью оператора TRANSFER (строка 130). После этого контроллер считывает масштабный коэффициент, умножает на него каждый отсчет и запоминает скорректированные таким образом отсчеты в массиве *Rdgs*.

```

10 OPTION BASE 1                                !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 INTEGER Num_readings                         !ОПИСАНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ
30 INTEGER Int_rdgs (1: 30000) BUFFER          !СОЗДАНИЕ МАССИВА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ БУФЕРА
40 REAL Rdgs(1:30000)                          !СОЗДАНИЕ МАССИВА ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ
50 Num_readings=30000                           !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 30000
60 ASSIGN @Dvm TO 722                           !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)        !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
80 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"                  !TARM SYN,TRIG AUTO, DCV 10V
90 OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"                   !ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 1,4 мкс
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"                !ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings        !30000 ПОКАЗАНИЙ/ЗАПУСК, AUTO
115                                         !СОБЫТИЕ ЗАМЕРА (ЗНАЧЕНИЕ ПО УМОЛЧАНИЮ)
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT          !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ В МАССИВ
121 !ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ; ПОСКОЛЬКУ ФОРМАТ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ КОМПЬЮТЕРА ТАКОЙ ЖЕ, КАК И SINT,
125 !НИКАКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ЗДЕСЬ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"                    !ЗАПРОС МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140 ENTER @Dvm;S                             !ВВОД ЗНАЧЕНИЯ МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
150 FOR I=1 TO Num_readings                  !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА SINT
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)                      !ВЕЩЕСТВЕННЫЙ (НЕОБХОДИМО ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ НА СЛЕД. СТРОКЕ)
165!В ВЕЩЕСТВЕННЫЙ (НЕОБХОДИМО ПРЕДОТВРАТИТЬ ВОЗМОЖНОЕ ПЕРЕПОЛНЕНИЕ НА СЛЕД. СТРОКЕ)
170 R=ABS(Rdgs(I))                           !ИСПОЛЬЗОВАТЬ АБС. ЗНАЧ. ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕПОЛН.
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"           !ЕСЛИ ПЕРЕПОЛН., ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕПОЛН.
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S                       !УМНОЖЕНИЕ ОТСЧЕТА НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)               !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
210 NEXT I
220 END

```

### Определение скорости взятия отсчетов

При использовании события замера TIMER или команды SWEEP скорость взятия отсчетов является обратной величиной заданного временного интервала между отсчетами (предполагается, что ошибка TRIGGER TOO FAST (запуск слишком быстрый) не возникает). Например, если заданный интервал для события TIMER равен 1E-4, то скорость взятия отсчетов будет равна  $1/1E-4 = 10000$  отсчетов в секунду. При использовании другого события замера скорость взятия отсчетов можно определить, установив большое число отсчетов на один запуск и разрешив командой EXTOOUT RCOMP формирование выходного импульса после взятия каждого отсчета. Затем, соединив выходной соединитель **Ext Out** мультиметра с выходом электронного частотометра, можно считать с индикатора частотометра скорость взятия отсчетов, выраженную в отсчетах в секунду.

Другой метод использует контроллер для подсчета времени, необходимого, чтобы взять заданное число отсчетов, инициированных командами TARM SGL или TRIG SGL. При выключенном входном буфере (INBUF OFF) событие SGL не освобождает шину GPIB до завершения взятия отсчетов. Это значит, что время, требуемое для выполнения команды TARM SGL или TRIG SGL и есть полное время измерения. Например, следующая программа запоминает отсчеты в памяти отсчетов, измеряет время, необходимое для взятия 10000 отсчетов, инициированных командой TARM SGL, делит полное время на 10000 и отображает значение скорости в отсчетах в секунду. Команда TIMEDATE (строки 90 и 110) применяется в компьютерах серии Hewlett-Packard 200/300, использующих язык BASIC. При применении компьютера другого типа, необходимо уточнить в его руководстве по эксплуатации порядок использования таймера.

```

10 REAL Num_readings           !СОЗДАНИЕ МАССИВА
20 Num_readings=10000          !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 10000
30 ASSIGN @Dvm to 722          !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"   !DCV, ПРЕДЕЛ 10 В, ФОРМАТ ПАМЯТИ DINT,
45 !ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ, TARM SYN, TRIG AUTO
50 OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"         !МИН. ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ (500 нс)
60 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"      !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
70 OUTPUT @Dvm;"MFORMAT SINT"    !ФОРМАТ ПАМЯТИ SINT
80 OUTPUT @Dvm;"NRDGS"; Num_readings , "AUTO"   !10000 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК,
85                           !СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO
90 TO=TIMEDATE                 !ПУСК ТАЙМЕРА
100 OUTPUT @Dvm;"TARM SGL"       !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
110 T1=TIMEDATE                 !ОСТАНОВКА ТАЙМЕРА
120 PRINT "Readings per second = ";Num_readings/(T1-T0)   !ПЕЧАТЬ ЧИСЛА ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ
125
130 END

```

При пересылке нескольких отсчетов по шине без использования памяти отсчетов, можно использовать в качестве события подготовки запуска или события запуска событие SYN (синхронный), при котором также происходит захват шины GPIB до завершения взятия всех отсчетов и их пересылки, и хронометрировать время выполнения оператора TRANSFER или ENTER. Этот показано в приведенной ниже программе (событие подготовки запуска SYN задается командой PRESET FAST в строке 50).

```

10 REAL Num_readings           !СОЗДАНИЕ МАССИВА
20 Num_readings=10000          !ЧИСЛО ОТСЧЕТОВ = 10000
30 ASSIGN @Dvm to 722          !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
40 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
50 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"   !DCV ПРЕДЕЛ 10 В, ФОРМАТ ВЫВОДА DINT,
55                           !TARM SYN, TRIG AUTO
60 OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"         !МИНИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ
70 OUTPUT @Dvm;"OFORMAT SINT"    !ФОРМАТ ВЫВОДА SINT
80 OUTPUT @Dvm; "NRDGS "; Num_readings, "AUTO"
85 !300000 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА AUTO
90 TO=TIMEDATE                 !НАЧАЛО ХРОНОМЕТРИРОВАНИЯ ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
100 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT   !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ
110 T1=TIMEDATE                 !ОСТАНОВКА ХРОНОМЕТРИРОВАНИЯ ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
120 PRINT "READINGS PER SECOND = 11;Num_readings/(T1/T0)   !ПЕЧАТЬ ЧИСЛА ОТСЧЕТОВ В СЕКУНДУ
125
130 END

```

---

<b>Примечание</b>	Время, необходимое для считывания масштабного коэффициента (который нужен для преобразования отсчетов, выводимых в формате SINT), в приведенной выше программе не учитывается.
-------------------	--

---

## Сигнал EXTOOUT

Мультиметр можно запрограммировать на выдачу ТТЛ-совместимого сигнала на соединителе Ext Out в следующих случаях: когда происходит установленное событие в АЦП, когда мультиметр устанавливает сигнал запроса обслуживания по соответствующей линии интерфейса GPIB или при выполнении команды EXTOOUT ONCE. Этот сигнал может использоваться для синхронизации внешнего оборудования от мультиметра. Первый параметр команды EXTOOUT ONCE определяет событие, которое вызывает появление сигнала, а второй параметр - определяет полярность сигнала: NEG - отрицательная, POS - положительная.

Сигнал на соединителе Ext Out может вырабатываться при возникновении следующих событий:

- завершение взятия отсчета
- завершение взятия группы отсчетов
- завершение ввода
- сигнал апертуры
- запрос на обслуживание
- выполнение команды EXTOUT ONCE

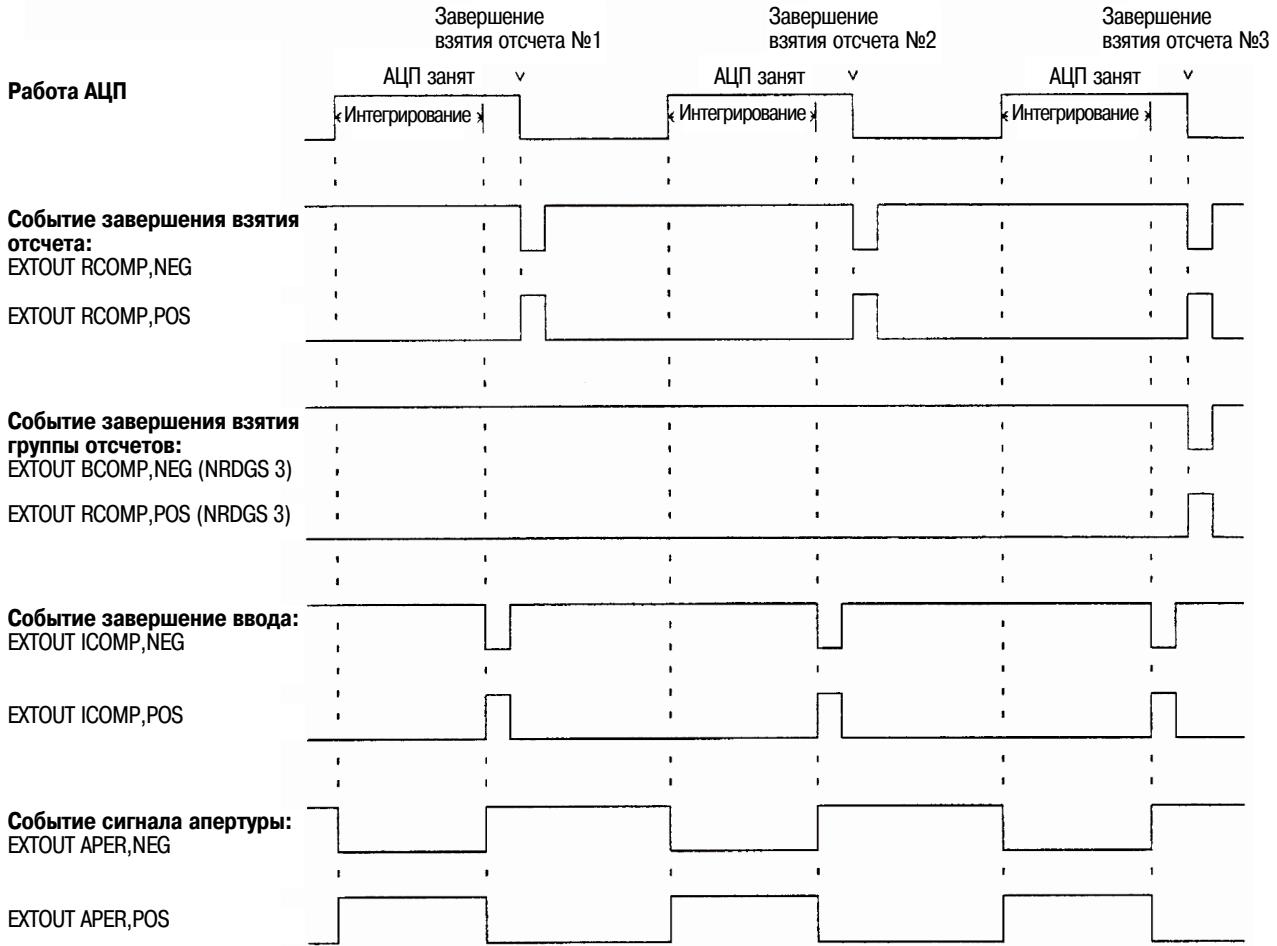
Большинство этих событий непосредственно связаны с работой АЦП. На рисунке 20 показана эта взаимосвязь.

---

**Примечание**

Временные интервалы на рисунке 20 приведены только для иллюстрации. Они не являются фактическими временными интервалами, вырабатываемыми мультиметром.

---



**Рисунок 20 - Взаимосвязь событий и работы АЦП**

### **Завершение взятия отсчета**

Когда это установлено, по событию завершения взятия отсчета (RCOMP) вырабатывается импульс длительностью 1 мкс, который следует после каждого отсчета для любой измерительной функции. При измерении напряжения переменного тока с использованием метода дискретизации SETACV SYNC или RNDM импульс выводится после каждого вычисленного отсчета, а не после каждого замера в процессе измерения. Этот импульс может быть использован для синхронизации внешнего коммутатора с мультиметром для выполнения по одному отсчету на каждый канал.

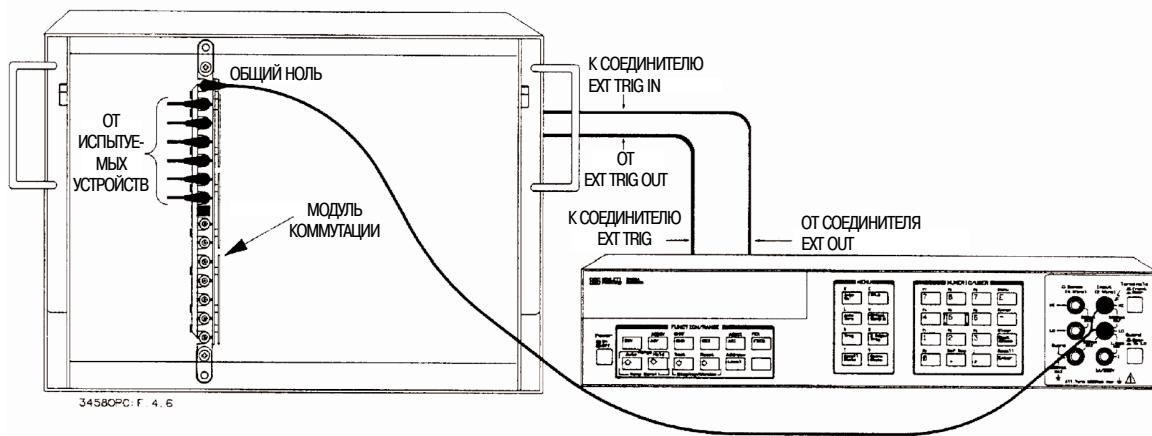
В следующей программе событие RCOMP используется для синхронизации мультиметра и коммутатора (в примере используется устройство тестирования/коммутации 3235 с модулем коммутации в гнезде 200). Схема измерения показана на рисунке 21. Коммутатор запрограммирован на вывод отрицательного импульса после замыкания каждого канала (строка 60). Этот импульс поступает на соединитель Ext Trig мультиметра и запускает взятие отсчета. После завершения взятия отсчета выходной сигнал мультиметра EXTOUT вызывает переключение коммутатора на следующий канал. При замыкании канала вырабатывается сигнал, который, в свою очередь, запускает взятие следующего отсчета. Эта последовательность повторяется до тех пор, пока не будут опрошены все 6 каналов. Отсчеты запоминаются в памяти отсчетов мультиметра.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"
40 OUTPUT 722;"EXTOUT RCOMP, NEG"
45
50 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"
55
60 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"
70 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"
75
80 END

!DCV,NRDGS 1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
!СОБЫТИЕ RCOMP НА ВЫХОДЕ EXTOUT, ОТРИЦАТ. ИМПУЛЬС
!ТТЛ, КОНФИГУРИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО КОММУТАТОРА
!ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ КОММУТАТОРА НА СЛЕДУЮЩИЙ КАНАЛ
!ПО СИГНАЛУ EXTOUT МУЛЬТИМЕТРА
!ОТРИЦАТ. ИМПУЛЬС ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАМЫКАНИЯ КАНАЛА
!ОПРОС КАНАЛОВ 01 - 06 КОММУТАТОРА В ГНЕЗДЕ 200
!И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ К КАНАЛУ 01, НАЧАЛУ ОПРОСА

```



**Рисунок 21 - Использование внешнего коммутатора**

### Завершение взятия группы отсчетов

Когда это установлено, по событию завершения взятия группы отсчетов (BCOMP) вырабатывается импульс длительностью 1 мкс, который следует после завершения взятия группы отсчетов. Число отсчетов в группе устанавливается командами NRDGS или SWEEP. В случае выполнения для каждого канала коммутатора нескольких отсчетов сигнал BCOMP может быть использован для синхронизации внешнего коммутатора и мультиметра. Следующая программа подобна предыдущей, за исключением того, что в ней используется событие BCOMP и выполняется взятие 15 отсчетов на каждом канале коммутатора. Соединения аппаратуры для этого примера показаны на рисунке 21.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"
40 OUTPUT 722;"EXTOUT BCOMP, NEG"
45
50 OUTPUT 722;"NRDGS 15, AUTO"
55
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"
65
70 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"
80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"
85
90 END

!DCV,NRDGS 1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
!СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
!СОБЫТИЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ВЗЯТИЯ ГРУППЫ ОТСЧЕТОВ,
!ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ИСПУЛЬС TTL
!15 ОТСЧЕТОВ НА КАНАЛ
!КОНФИГУРИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО КОММУТАТОРА
!ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ КОММУТАТОРА НА СЛЕДУЮЩИЙ КАНАЛ
!ПО СИГНАЛУ МУЛЬТИМЕТРА EXTOUT
!ВЫВОД ОТРИЦАТ. ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАМЫКАНИЯ
!ОПРОС КАНАЛОВ 01 - 06 КОММУТАТОРА В ГНЕЗДЕ 200
!И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ К КАНАЛУ 01, НАЧАЛУ ОПРОСА

```

## Завершение ввода

Событие ICOMP (завершение ввода) аналогично событию завершения взятия отсчета (RCOMP) в том, что вырабатывается импульс длительностью 1 мкс для каждого отсчета. Однако импульс по событию ICOMP возникает после того, как АЦП завершит интегрирование входного сигнала, но до того, как завершится взятие отсчета (см. рисунок 20). Событие ICOMP можно использовать для синхронизации внешнего коммутатора в случае выполнения по одному отсчету для каждого канала. Это событие особенно полезно при использовании медленного (релейного) коммутатора. Поскольку событие ICOMP происходит до завершения взятия отсчета, оно переключит коммутатор на следующий канал раньше, чем это сделало бы событие RCOMP. В следующей программе событие ICOMP используется для выполнения по одному измерению на каждом из шести каналов коммутатора. Заметим, что в строке 40 включается буферизация запуска. Это предотвращает выработку в мультиметре ошибки TRIGGER TOO FAST в том случае, когда сигнал замыкания следующего канала коммутатора появится прежде завершения взятия текущего отсчета. Соединения аппаратуры для этого примера показаны на рисунке 21.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"           !DCV,NRDGS 1,AUTO, TARM AUTO, TRIG SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"              !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"             !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА = ВНЕШНЕЕ
40 OUTPUT 722;"TBUFF ON"            !ВКЛЮЧЕНИЕ БУФЕРИЗАЦИИ ЗАПУСКА
50 OUTPUT 722 "EXTOUT ICOMP,NEG"    !СОБЫТИЕ ICOMP НА ВЫХОДЕ EXTOUT, ОТРИЦАТ. ИМПУЛЬС
55                                         !ТТЛ, КОНФИГУРИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО КОММУТАТОРА
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"         !ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ КОММУТАТОРА НА СЛЕДУЮЩИЙ КАНАЛ
65                                         !ПО СИГНАЛУ МУЛЬТИМЕТРА EXTOUT
70 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"        !ВЫВОД ОТРИЦАТ. ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ КАЖДОГО ЗАМЫКАНИЯ
80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"       !ОПРОС КАНАЛОВ 01 - 06 КОММУТАТОРА В ГНЭЗДЕ 200
85                                         !И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ К КАНАЛУ 01, НАЧАЛУ ОПРОСА
90 END
```

## Сигнал апертуры

Когда это установлено, событие сигнала апертуры (APER) выводит сигнал, указывающий, когда АЦП измеряет входной сигнал. В дополнение к тому, что этот сигнал показывает отрезок времени, в течение которого выполняется измерение, сигнал апертуры возникает также во время любых измерений, связанных с автокоррекцией нуля и автоматическим переключением пределов. Этот сигнал может использоваться для синхронизации внешнего коммутационного оборудования с мультиметром. Например, чтобы обеспечить при проведении прецизионных измерений отсутствие электрических помех в окружающей среде, может оказаться необходимым приостановить работу внешнего коммутационного оборудования, когда АЦП выполняет интегрирование при взятии каждого отсчета. Это можно сделать, если разрешить возникновение события APER и запрограммировать выполнение внешней коммутации только тогда, когда сигнал апертуры указывает, что АЦП не выполняет интегрирование входного сигнала. Стока программы, приведенная ниже, разрешает формирование сигнала положительной полярности по событию APER (см. рисунок 20).

```
OUTPUT 722;"EXTOUT APER,POS"
```

## Запрос на обслуживание

Когда это установлено, по событию запроса на обслуживание (SRQ) вырабатывается импульс длительностью 1 мкс всякий раз, когда мультиметр устанавливает запрос на обслуживание нашине GPIB. Это событие может использоваться, чтобы указать внешнему оборудованию (особенно тому, которое не может быть подключено к интерфейснойшине GPIB), что произошло одно или несколько установленных событий, которые выработали запрос на обслуживание (подробнее о запросах на обслуживание см. подраздел “Использование регистра статуса” в разделе 3).

## Примечание

Когда событие статуса устанавливает бит SRQ в регистре статуса, этот бит остается в этом состоянии до тех пор, пока не будет очищен, например, командой CSB. Когда задано, импульс EXTOOUT SRQ появляется, как только возникает любое событие статуса, которому разрешено устанавливать линию SRQ (команда RQS). Импульс EXTOOUT SRQ необязательно возникает тогда, когда устанавливается разряд SRQ; он возникает, как только происходит событие статуса, которому разрешено устанавливать SRQ.

Следующая программа использует событие SRQ для синхронизации мультиметра и внешнего оборудования. Эта программа загружает подпрограмму в мультиметр. Когда подпрограмма вызывается контроллером (строка 120), она конфигурирует мультиметр для прецизионных измерений температуры с использованием термистора 10 кОм. После вызова и исполнения подпрограммы в регистре статуса устанавливается разряд 0 (запомненная подпрограмма выполнена). Это вызывает установку линии SRQ интерфейса GPIB (разрешено в строке 30) и появление импульса на соединителе **Ext Out** (задано в строке 40). Этот импульс сигнализирует внешнему оборудованию, что мультиметр сконфигурирован и готов к проведению измерений.

```
10 OUTPUT 722;"SUB EXTSRQ"
20 OUTPUT 722;-"PRESET NORM"
30 OUTPUT 722;"RQS 1"
40 OUTPUT 722;"EXTOUT SRQ,POS"
50 OUTPUT 722;"OHMF 10E3"
60 OUTPUT 722;"NPLC 100"
70 OUTPUT 722;"OCOMP ON"
80 OUTPUT 722;"TRIG EXT"
90 OUTPUT 722;"MATH CTHRM10K"
100 OUTPUT 722;"CSB"
110 OUTPUT 722;"SUBEND"
120 OUTPUT 722;"CALL EXTSRQ"
130 END
```

!ЗАПОМИНАНИЕ ПОДПРОГРАММЫ ПОД ИМЕНЕМ "EXTSRQ"
!PRESET,TRIG SYN, TARM AUTO, NRDGS 1,AUTO
!РАЗРЕШЕНИЕ БИТА "ПОДПРОГРАММА ВЫПОЛНЕНА"
!СОБЫТИЕ SRQ EXTOOUT, ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС
!2-ПРОВОД. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ПРЕДЕЛ 10 кОм
!ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 100 PLC
!ВКЛЮЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ СМЕЩЕНИЯ
!СОБЫТИЕ ВНЕШНЕГО ЗАПУСКА
!ВКЛЮЧЕНИЕ МАТЕМ. ОПЕРАЦИИ С ТЕРМИСТОРОМ 10 кОм
!ОЧИСТКА РЕГИСТРА СТАТУСА
!КОНЕЦ ПОДПРОГРАММЫ
!ВЫЗОВ ПОДПРОГРАММЫ

## Команда EXTOOUT ONCE

Выполнение команды EXTOOUT ONCE вызывает появление однократного импульса длительностью 1 мкс на соединителе **Ext Out** мультиметра. После выполнения команды EXTOOUT ONCE режим возвращается в состояние OFF (выключено), и сигнал EXTOOUT выключается. Как показано в следующей программе, команду EXTOOUT ONCE полезно использовать в подпрограммах, чтобы сообщить внешнему оборудованию о завершении этой подпрограммы или ее фрагмента.

```
10 OUTPUT 722;"SUB EXTONCE"
20 OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"
25
30 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"
70 OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"
75
80 OUTPUT 722;"OCOMP ON"
90 OUTPUT 722;"OHM 1E3"
100 OUTPUT 722;"NRDGS 40"
110 OUTPUT 722;"TARM SGL"
120 OUTPUT 722;"SUBEND"
130 OUTPUT 722;"CALL EXTONCE"
140END
```

!ЗАПОМНИТЬ ПОДПРОГРАММУ ПОД ИМЕНЕМ "EXTONCE"
!УКАЗАНИЕ ВНЕШНЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ ПЕРЕКЛЮЧИТЬСЯ НА
!СИГНАЛ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
!БЫСТРОЕ ВЗЯТИЕ ОТСЧЕТОВ, TARM SYN, TRIG AUTO"
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
!20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
!ЗАПУСК 20 ОТСЧЕТОВ
!УКАЗАНИЕ ВНЕШНЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ ПЕРЕКЛЮЧИТЬСЯ НА
!ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ
!ВКЛЮЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ СМЕЩЕНИЯ
!2-ПРОВОД. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ПРЕДЕЛ 1 кОм
!40 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
!ЗАПУСК 40 ОТСЧЕТОВ
!КОНЕЦ ПОДПРОГРАММЫ
!ВЫЗОВ ПОДПРОГРАММЫ

# Математические операции

Каждая математическая операция выполняет определенные математические действия над каждым отсчетом и/или запоминает данные в виде последовательности отсчетов. Мультиметр может выполнять следующие операции: NULL (компенсация уровня нуля), SCALE (масштабирование), Percent (вычисление процента), DB (вычисление в дБ), DBM (вычисление в дБм), FILTER (фильтрация), RMS (вычисление среднего квадратического значения (СКЗ)) или температурно-зависимые математические операции над отсчетами. Математические операции статистики и допускового контроля не изменяют отсчетов, а запоминают информацию, основанную на этих отсчетах. В данном подразделе описывается, как включать или выключать математические операции и подробно обсуждается каждая из них.

## Обработка в реальном времени и постобработка

Математические операции могут выполняться в реальном времени, либо как постобработка. При включении математической операции в реальном времени она будет выполняться над каждым отсчетом сразу после того, как отсчет будет взят. Затем результат может быть запомнен в памяти отсчетов, либо выведен по шине GPIB. При включении математической операции для постобработки (исключение составляют STAT и PFAIL) она выполняется над каждым отсчетом, как только он будет считан (и удален) или скопирован из памяти отсчетов на индикатор или в выходной буфер GPIB (содержимое памяти отсчетов не изменяется математическими операциями постобработки). Математические операции STAT и PFAIL при постобработке выполняются над отсчетами в памяти немедленно после выполнения команды MMATH. Для операций статистической обработки результаты запоминаются в регистрах статистики. Для операций допускового контроля отсчет, выходящий за пределы устанавливает бит 1 в регистре статуса и выводит на индикатор сообщение FAILED HIGH или FAILED LOW, в зависимости от того, верхний или нижний предел был превышен.

## Включение математических операций

Чтобы включить математическую операцию следует послать команду MATH (для реального времени) или команду MMATH (для постобработки) с последующим параметром операции (DB, DBM, FILTER, NULL, PERC, PFAIL, RMS, SCALE, STAT или один из температурно-зависимых параметров, список которых приведен ниже в подразделе “Измерение температуры”). После включения математической операции она остается в этом состоянии, пока не будет выключена, либо не произойдет цикл выключения-включения питания, либо не исполнится команда RESET, либо одна из команд PRESET. Например, для включения операции коррекции уровня нуля (NULL) необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "MATH NULL"           ! ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
или  
OUTPUT 722; "MMATH NULL"          ! ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
```

Одновременно может быть включено не более двух математических операций. Операции выполняются над каждым отсчетом в порядке, указанном в команде. Например, для включения операций NULL и SCALE необходимо послать:

```
OUTPUT 722; "MATH NULL, SCALE"    ! ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ NULL И SCALE В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
или  
OUTPUT 722; "MMATH NULL, SCALE"   ! ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ NULL И SCALE В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
```

Для выключения всех математических операций послать:

```
OUTPUT 722; "MATH OFF"           ! ВЫКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ МАТЕМ. ОПЕРАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
или  
OUTPUT 722; "MMATH OFF"          ! ВЫКЛЮЧЕНИЕ ВСЕХ МАТЕМ. ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
```

Позднее можно снова включить те операции, которые были выключены командами MATH OFF или MMATH OFF. Для повторного включения одной математической операции (если ранее были включены две математических операции, то повторно будет включена только первая них) послать:

```

OUTPUT 722; "MATH CONT"           !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ОДНОЙ ОПЕРАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
или
OUTPUT 722; "MMATH CONT"          !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ОДНОЙ ОПЕРАЦИИ В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАВОТКИ

Для повторного включения двух ранее включенных
математических операций, послать:

OUTPUT 722; "MATH CONT,CONT"      !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ДВУХ ОПЕРАЦИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
или
OUTPUT 722; "MMATH CONT,CONT"     !ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ДВУХ ОПЕРАЦИЙ В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАВОТКИ

```

## **Регистры математических операций**

В таблице 23 показаны регистры, используемые для математических операций в реальном времени или режиме постобработки.

**Таблица 23 - Регистры математических операций**

Название регистра	Содержимое регистра
DEGREE	Постоянная времени для операций FILTER и RMS
LOWER	Наименьшее значение отсчета при исполнении операции STATS
MAX	Верхний предел для операции допускового контроля PFAIL
MEAN	Среднее значение отсчетов при исполнении операции STATS
MIN	Нижний предел для операции допускового контроля PFAIL
NSAMP	Число выборок при исполнении операции STATS
OFFSET	Вычитаемое в операциях NULL и SCALE
PERC	Значение в процентах для операции PERC
REF	Опорное значение при вычислениях дБ в операции DB
RES	Опорный импеданс при вычислениях дБм в операции DBM
SCALE	Делитель в операции SCALE
SDEV	Стандартное отклонение в операции STATS
UPPER	Наибольшее значение отсчета при исполнении операции STATS
PFAILNUM	Число отсчетов, прошедших допусковый контроль в операции PFAIL до того, как встретился отсчет, вышедший за заданные пределы

В любой из регистров математических операций (за исключением SDEV) с помощью команды SMATH может быть записано некоторое значение. Например, для того, чтобы записать значение 22 в регистр DEGREE, послать:

```
OUTPUT 722; "SMATH DEGREE,22"
```

Для считывания содержимого любого регистра математических операций используется команда RMATH. Например, следующая программа считывает и выводит на печать значение из регистра RES:

```

10 OUTPUT 722; "RMATH RES"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END

```

## **NULL (компенсация уровня нуля)**

Операция NULL вычитает значение из каждого отсчета (следующего за первым отсчетом) в соответствии с формулой:

результат = отсчет - OFFSET

где

OFFSET - значение, запомненное в регистре OFFSET (обычно это первый отсчет);

Отсчет - любой отсчет, следующий за первым.

Если операция NULL включена, то результат первого отсчета (при обработке в реальном времени) или результат первого отсчета, считанный из памяти (при постобработке) запоминается в регистре OFFSET. Значение этого отсчета затем вычитается из всех последующих отсчетов. Если не требуется принимать

первый отсчет в качестве значения уровня нуля, то в регистр OFFSET с помощью команды SMATH может быть записано другое значение. Однако чтобы изменить значение этого регистра, необходимо дождаться взятия первого отсчета (при обработке в реальном времени) или его считывания (при постобработке).

Типичным применением операции NULL является ее использование для получения более точных 2-проводных измерений сопротивления. Для этого нужно установить режим 2-проводного измерения сопротивления (команда ОНМ) и соединить накоротко концы измерительных проводников. Затем включить операцию NULL. Первый взятый отсчет (измерение сопротивления проводов) запоминается в регистре OFFSET. Затем измерительные проводники подсоединяются к измеряемому неизвестному сопротивлению. После этого мультиметр будет вычитать значение в регистре OFFSET из всех последующих отсчетов до тех пор, пока операция NULL не будет выключена. Этот метод не так точен, как 4-проводное измерение сопротивления, поскольку значение сопротивления соединенных вместе измерительных проводников, вероятно, не будет тем же самым при их подсоединении к измеряемому резистору. Кроме того, сопротивление измерительных проводников измеряется только один раз для всей серии измерений, в то время как их сопротивление может изменяться.

В следующей программе операция NULL выполняется в реальном времени для 20 отсчетов. После выполнения команды NULL в строке 50 производится запуск взятия первого отсчета. Значение регистра OFFSET затем изменяется на значение 3,05. Запуск взятия 20 отсчетов производится в строке 90, и из каждого отсчета вычитается значение 3,05.

```
10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)          !РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MATH NULL"   !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !ЗАПУСК 1 ОТСЧЕТА, ЗАПОМИНАНИЕ В РЕГИСТРЕ OFFSET
60 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05" !ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 3.05 В РЕГИСТРЕ OFFSET
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"     !20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
80 OUTPUT 722;"TRIG SYN"    !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА SYN
90 ENTER 722;Rdgs(*)       !СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ С КОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ
100 PRINT Rdgs(*)          !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ С КОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ
110 END
```

В следующей программе операция NULL выполняется в режиме постобработки 20 отсчетов. После выполнения команды MMATH NULL 21 отсчет запоминается в памяти отчетов в режиме FIFO. В строке 80 вызывается первый отсчет, который запоминается в регистре OFFSET. Содержимое регистра OFFSET затем изменяется на значение 3,05. Затем 20 оставшихся отсчетов вызываются из памяти, и над каждым из них выполняется операция NULL.

```
10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)          !РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"    !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"MMATH NULL"   !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
60 OUTPUT 722;"NRDGS 21"     !21 ОТСЧЕТ/ЗАПУСК
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
80 ENTER 722;A              !ВЫЗОВ ПЕРВОГО ОТСЧЕТА С ПОМОЩЬЮ НЕЯВНОГО СЧИТЫВАНИЯ
90 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05" !ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 3.05 В РЕГИСТР OFFSET
100 ENTER 722;Rdgs(*)        !ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ, ИСПОЛЬЗУЯ НЕЯВНОЕ СЧИТЫВАНИЕ,
105                           !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ NULL НАД КАКДЫМ ОТСЧЕТОМ
110 PRINT Rdgs(*)          !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ С КОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ
120 END
```

## **SCALE (масштабирование)**

Операция SCALE модифицирует значение каждого отсчета, вычитая из него значение смещения и деля полученный результат на масштабный коэффициент по следующей формуле:

$$\text{результат} = (\text{отсчет} - \text{OFFSET})/\text{SCALE}$$

где

отсчет - любой отсчет;

OFFSET - значение, запомненное в регистре OFFSET (значение по умолчанию равно 0; необходимо отметить, что в отличие от операции NULL результат первого отсчета не запоминается в регистре OFFSET); SCALE - значение, запомненное в регистре SCALE (значение по умолчанию равно 1.).

Необходимо отметить, что значения по умолчанию не влияют на отсчет (поскольку вычитается 0 и делится на 1). Изменить значения, запомненные в регистрах SCALE и OFFSET, можно с помощью команды SMATH.

В следующей программе используется операция SCALE в режиме реального времени, которая делит каждый из 20 отсчетов на 2. Значение по умолчанию 0 в регистре OFFSET оставлено без изменений, поэтому перед масштабированием отсчетов вычитание не выполняется.

```
10 OPTION BASE 1          !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)          !РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"MATH SCALE" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ SCALE В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
60 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2" !ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 2 В РЕГИСТР SCALE
70 ENTER 722;Rdgs(*)      !СОБЫТИЕ SYN, ВВОД МАСШТАБИРОВАННЫХ ОТСЧЕТОВ
80 PRINT Rdgs(*)          !ПЕЧАТЬ МАСШТАБИРОВАННЫХ ОТСЧЕТОВ
90 END
```

В следующей программе используется операция SCALE в режиме постобработки, при которой из каждого отсчета вычитается 1, а затем результат делится на 2.

```
10 OPTION BASE 1          !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Rdgs(20)          !РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
60 OUTPUT 722;"MMATH SCALE" !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ SCALE В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
70 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET 1" !ЗАПИСЬ 1 В РЕГИСТР OFFSET
80 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2" !ЗАПИСЬ 2 В РЕГИСТР SCALE
90 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
100 ENTER 722;Rdgs(*) ! !ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ, ИСПОЛЬЗУЯ НЕЯВНОЕ СЧИТЫВАНИЕ,
105                           !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ SCALE НАД КАКДЫМ ОТСЧЕТОМ
110 PRINT Rdgs(*)          !ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ
120 END
```

## **PERC** **(вычисление процента)**

Математическая операция PERC определяет разность в процентах между каждым отсчетом и значением в регистре PERC по следующей формуле:

$$\text{результат} = ((\text{отсчет} - \text{PERC})/\text{PERC}) \times 100$$

где

отсчет - любой отсчет;

PERC - значение, запомненное в регистре PERC (при включении питания это значение = 1).

Математическая операция PERC может использоваться для определения отклонения (в процентах) между идеальным и измеренным значениями. Например, в следующей программе определяется в процентах ошибка измерения напряжения постоянного тока 10 В. В строке 60 в регистр PERC производится ввод идеального значения (10). В строке 70 производится запуск взятия 20 отсчетов. Если отсчет равен точно 10 В, возвращаемое значение равно 0. Если отсчет равен, например, 10,1 В, возвращаемое значение равно:

$$\text{результат} = ((10,1 - 10)/10) \times 100 = 0,01 \times 100 = 1$$

```
10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Perc(20)            !РАЗМЕР МАССИВА ДЛЯ 20 ОТКЛОНЕНИЙ В ПРОЦЕНТАХ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"    !20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
50 OUTPUT 722;"MATH PERC"   !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
60 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10" !ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 10 В РЕГИСТР PERC
70 ENTER 722;Perc(*)       !СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТКЛОНЕНИЯ В ПРОЦЕНТАХ
80 PRINT Perc(*)           !ПЕЧАТЬ ЗНАЧЕНИЙ ОТКЛОНЕНИЯ В ПРОЦЕНТАХ
90 END
```

Следующая программа подобна предыдущей, за исключением того, что операция PERC используется в режиме постобработки.

```
10 OPTION BASE 1           !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20 DIM Perc(20)            !РАЗМЕР МАССИВА ДЛЯ 20 ОТКЛОНЕНИЙ В ПРОЦЕНТАХ
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"    !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"    !20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
60 OUTPUT 722;"MMATH PERC"   !ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ
70 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10" !ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 10 В РЕГИСТР PERC
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"     !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
90 ENTER 722;Perc(*)        !ВЫЗОВ ОТСЧЕТОВ, ИСПОЛЬЗУЯ НЕЯВНОЕ СЧИТЫВАНИЕ,
95                           !ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PERC
100 PRINT Perc(*)           !ПЕЧАТЬ ЗНАЧЕНИЙ ОТКЛОНЕНИЯ В ПРОЦЕНТАХ
110 END
```

## **DB** **(вычисление в дБ)**

Математическая операция DB вычисляет отношение в децибелах по следующей формуле:

$$\text{результат} = 20 \times \log_{10} (\text{отсчет}/\text{REF})$$

где

отсчет - любой отсчет;

REF - значение в регистре REF (по умолчанию равно 1).

Значение в регистре REF можно изменить командой SMATH.

В следующей программе операция DB используется для вычисления коэффициент передачи усилителя по напряжению. В строке 40 запоминается значение входного напряжения усилителя (0,1 В) в регистре REF . Измеряется выходное напряжение и вычисляется коэффициент передачи усилителя.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"ACV"
25
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
40 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1"
50 OUTPUT 722;"MATH DB"
60 ENTER 722;A
70 PRINT A
80 END

```

!ПРЕСЕТ, НРДГС 1, АУТО, ДСВ 10, ТРИГ СИН  
!ИЗМЕРЕНИЕ ЕАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА,  
!АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ  
!МЕТОД АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
!ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 0.1 В РЕГИСТРе REF  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DB  
!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DB

Например, если входное напряжение равно 0,1 В, а выходное напряжение равно 10В, то коэффициент передачи равен;

$$20 \times \log_{10} (10/0,1) = 20 \times \log_{10} 100 = 40 \text{ дБ}$$

Следующая программа подобна предыдущей, за исключением того, что операция DB используется в режиме постобработки.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"ACV"
25
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
50 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1"
60 OUTPUT 722;"MMATH DB"
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"
80 ENTER 722;A
85
90 PRINT A
100 END

```

!ПРЕСЕТ, НРДГС 1, АУТО, ДСВ 10, ТРИГ СИН  
!ИЗМЕРЕНИЕ ЕАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА,  
!АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ  
!МЕТОД АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
!ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 0.1 В РЕГИСТРе REF  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ  
!ВЫЗОВ ОТСЧЕТА, ИСПОЛЬЗУЯ НЕЯВНОЕ СЧИТЫВАНИЕ,  
!ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DB  
!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DB

## **DBM (вычисление в дБм)**

Математическая операция DBM позволяет вычислить мощность, выделяемую на некотором резисторе по отношению к уровню мощности в 1 мВт, по следующей формуле:

$$\text{результат} = 10 \times \log_{10} (\text{отсчет}^2 / \text{RES} / 1 \text{ мВт})$$

где

отсчет - любой отсчет напряжения;

RES - значение сопротивления, запомненное в регистре RES (значение по умолчанию равно 50);

Значение в регистре RES можно изменить командой SMATH.

В следующей программе операция DB в реальном времени используется для вычисления мощности, подаваемой на громкоговоритель. В строке 40 в регистре RES запоминается значение входного сопротивления громкоговорителя (например, 8 Ом). Измеряется входное напряжение громкоговорителя и затем выполняется операция DBM.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"ACV"
25
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
40 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"
50 OUTPUT 722;"MATH DBM"
60 ENTER 722;A
70 PRINT A
80 END

```

!ПРЕСЕТ, НРДГС 1, АУТО, ДСВ 10, ТРИГ СИН  
!ИЗМЕРЕНИЕ ЕАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА,  
!АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ  
!МЕТОД АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
!ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 8 В РЕГИСТРе RES  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
!СОБЫТИЕ SYN, ВВОД РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DBM  
!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DBM

Например, при входном напряжении 10 В, мощность равна:

$$10 \times \log_{10} (10^2 / 8 / 1 \text{ мВт}) = 40,97 \text{ дБм}$$

Следующая программа подобна предыдущей, за исключением того, что операция DBM используется в режиме постобработки.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"ACV"
25
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
50 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"
60 OUTPUT 722;"MMATH DBM"
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"
80 ENTER 722;A
85
90 PRINT A
100 END

```

!PRESET,NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN  
!ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА,  
!АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ  
!МЕТОД АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
!ЗАПИСЬ ЗНАЧЕНИЯ 8 В РЕГИСТР RES  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ  
!ВЫЗОВ ОТСЧЕТА, ИСПОЛЬЗУЯ НЕЯВНОЕ СЧИТЫВАНИЕ,  
!ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ DBM  
!ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ DBM

## **STAT (статистическая обработка)**

Математическая операция STAT выполняет вычисления пяти статистических параметров. Эти параметры запоминаются в пяти регистрах математических операций мультиметра. Вычисляются следующие параметры: стандартное отклонение, среднее значение, число отсчетов, наибольший отсчет, наименьший отсчет. В таблице 24 приведены регистры, используемые операцией STAT, и их содержимое. Содержимое любого регистра может быть считано командой RMATH.

**Таблица 22. - Регистры математической операции STAT**

Регистр	Запомненный результат
SDEV	Стандартное отклонение
MEAN	Среднее значение отсчетов
NSAMP	Число отсчетов в группе измерений
UPPER	Наибольший отсчет в данной группе измерений
LOWER	Наименьший отсчет в данной группе измерений

В следующей программе операция STAT используется для вычисления пяти статистических параметров, выполняемых в реальном времени по 20 отсчетам измерения напряжения постоянного тока. После того, как отсчеты взяты и переданы в контроллер, производится считывание значения стандартного отклонения.

```

10 OPTION BASE 1
20 DIM Rdgs(20)
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"
50 OUTPUT 722;"MATH STAT"
60 ENTER 722 Rdgs(*)
70 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"
80 ENTER 722;S
90 PRINT S
100 END

```

!НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1  
!РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТСЧЕТОВ  
!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN  
!20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ STAT В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
!СОБЫТИЙ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ  
!СЧИТЫВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ  
!ВВОД СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ  
!ПЕЧАТЬ СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ

Следующая программа выполняет операцию STAT в режиме постобработки над 20 отсчетами, запомненными в памяти. Операция STAT в режиме постобработки - это пакетная операция. Это означает, что нет необходимости извлекать отсчеты из памяти для ее выполнения. Кроме того, перед включением статистической постобработки отсчеты должны быть запомнены в памяти, иначе возникнет ошибка MEMORY ERROR (ошибка памяти).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
30 OUTPUT 722;"NRDGS 20"
40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"
50 OUTPUT 722;"MMATH STAT"
60 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"
70 ENTER 722;S
80 PRINT S
90 END

```

!PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN  
!ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO  
!20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК  
!ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ  
!ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАЦИИ STAT В РЕЖИМЕ ПОСТОБРАБОТКИ  
!СЧИТЫВАНИЕ СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ  
!ВВОД СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ  
!ПЕЧАТЬ СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ

## PFAIL (допусковый контроль)

Математическая операция PFAIL проверяет каждый отсчет на соответствие пределам, записанным в регистрах MAX и MIN. При выходе за границы установленных пределов в регистре статуса происходит установка бита HI/LO LIMIT. Кроме того, число отсчетов, прошедших допусковый контроль до того, как встретился отсчет, вышедший за пределы, запоминается в регистре PFAILNUM. Значение по умолчанию для регистров MAX и MIN равно 0. В любом из регистров это значение можно изменить командой SMATH.

В следующей программе используется функция PFAIL, выполняемая в реальном времени, которая проверяет результаты 20 отсчетов измерения напряжения постоянного тока относительно верхнего и нижнего пределов, равных 11 В и 9 В, соответственно. После запуска взятия отсчетов проверяется бит HI/LO LIMIT (бит 2). Если один или более отсчетов выйдут за установленные пределы, запрашивается регистр PFAILNUM и считывается его содержимое.

```
10 OPTION BASE 1
20 DIM Rdgs(20)
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM"
40 OUTPUT 722;"MATH PFAIL"
50 OUTPUT 722;"SMATH MIN 9"
60 OUTPUT 722;"SMATH MAX 11"
70 OUTPUT 722;"CSB"
80 OUTPUT 722;"RQS 2"
90 OUTPUT 722;"NRDGS 20"
100 ENTER 722;Rdgs(*)
110 OUTPUT 722; "STB?"
120 ENTER 722;A
130 IF BINAND(A,2) THEN
140 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST FAILED"
150 OUTPUT 722; "RMATH PFAILNUM"
160 ENTER 722;B
170 PRINT "NUMBER OF READINGS THAT PASSED BEFORE FAILURE WERE";B
175
180 ELSE
190 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST PASSED"
200 END IF
210 END
```

! НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
 ! РАЗМЕР МАССИВА - 20 ОТЧЕТОВ
 ! PRESET, NRDGS 1,AUTO, DCV 10, TRIG SYN
 ! ВКЛЮЧЕНИЕ ОПЕРАЦИИ PFAIL В ПЕРЕДНЯМ ВРЕМЕНИ
 ! НИЖНИЙ ПРЕДЕЛ = 9 В
 ! ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ = 11 В
 ! ОЧИСТКА РЕГИСТРА СТАТУСА
 ! РАЗРЕШЕНИЕ БИТА HI/LO РЕГИСТРА СТАТУСА
 ! 20 ОТСЧЕТОВ/ЗАПУСК
 ! СОБЫТИЕ SYN, ВВОД ОТСЧЕТОВ
 ! ЗАПРОС УСТАНОВЛЕННЫХ БИТОВ В РЕГИСТРЕ СТАТУСА
 ! ВВОД ОТВЕТА НА ЗАПРОС
 ! ЕСЛИ БИТ 2 УСТАНОВЛЕН:
 ! ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ ОБ ОШИБКЕ
 ! ЗАПРОС СОДЕРЖИМОГО РЕГИСТРА PFAILNUM
 ! ВВОД ОТВЕТА НА ЗАПРОС
 ! ПЕЧАТЬ СОДЕРЖИМОГО РЕГИСТРА PFAILNUM
 ! ЕСЛИ БИТ 2 НЕ УСТАНОВЛЕН:
 ! ПЕЧАТЬ ОБ УСПЕШНОМ ЗАВЕРШЕНИИ ТЕСТА

Следующая программа аналогична рассмотренной, но операция PFAIL используется для постобработки 20 отсчетов, запомненных в памяти. Операция постобработки PFAIL является пакетной операцией. Это означает, что для выполнения операции PFAIL отсчеты не требуется извлекать из памяти. Кроме того, отсчеты должны быть запомнены в памяти перед включением операции PFAIL в режиме постобработки, иначе возникнет ошибка MEMORY ERROR (ошибка памяти).

```

10 OUTPUT 722; "PRESET NORM"
20 OUTPUT 722; "MEM FIFO"
30 OUTPUT 722; "SMATH MIN 9"
40 OUTPUT 722; "SMATH MAX 11"
50 OUTPUT 722; "CSB"
60 OUTPUT 722; "RQS 2"
70 OUTPUT 722; "NRDGS 20"
80 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
90 OUTPUT 722; "MMATH PFAIL"
100 OUTPUT 722; "STB?"
110 ENTER 722; A
120 IF BINAND(A,2) THEN
130 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST FAILED"
140 OUTPUT 722; "RMATH PFAILNUM"
150 ENTER 722; B
160 PRINT "NUMBER OF READINGS THAT PASSED BEFORE FAILURE WERE"; B
165
170 ELSE
180 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST PASSED"
190 END IF
200 END

```

## FILTER (фильтрация)

Математическая операция FILTER воспроизводит выходной сигнал однополюсного НЧ RC-фильтра. Ее использование позволяет снизить эффект от влияния случайного шума, но сохраняет долговременные тенденции отклонения результатов измерения. Используется следующее соотношение:

результат = (предыдущий результат)  $\times$  (DEGREE-1)/DEGREE + отсчет/DEGREE

где

предыдущий результат - первоначально устанавливается на значение первого отсчета, а затем - на значение результата операции FILTER;  
отсчет - любой отсчет;  
DEGREE (степень) - устанавливает вид переходной характеристики фильтра.

Значение DEGREE соответствует переходной характеристике НЧ фильтра. То есть, если DEGREE = 20, то требуется 20 выборок для того, чтобы выходной сигнал фильтра достиг 63% от своего установившегося значения. Увеличением значения DEGREE можно получить очень плавные переходные характеристики или менее "зашумленные" отсчеты. Реальное значение постоянной времени фильтра ( $R \times C$ ) фильтра можно вычислить по формуле:

$$t = \frac{1}{f_s} \left[ \frac{1}{\ln \frac{DEGREE}{DEGREE-1}} - 1 \right]$$

где

$t$  = постоянной времени фильтра ( $R \times C$ );  
 $f_s$  = частота выборок, равная 1/интервал таймера (при использовании команд TIMER и NRDGS) или 1/эффективный интервал (при использовании команды SWEEP). Если команда TIMER или SWEEP не используется, то следует обратиться к подразделу "Определение скорости взятия отсчетов", рассмотренному ранее.

Если значение DEGREE больше 10, то постоянная времени может быть аппроксимирована следующей формулой:

$$t \approx (1/f_s) \times DEGREE$$

Например, при использовании первой формулы и частоты взятия отсчетов 200 Гц при DEGREE = 20 постоянная времени равна:

$$t = \frac{1}{200} \left[ \frac{1}{\ln \frac{20}{20-1}} - 1 \right] = 0,092 \text{ с}$$

При использовании второй формулы и тех же значениях частоты взятия отсчетов и DEGREE получаем значение:

$$t \approx (1/200) \times 20 = 0,1 \text{ с}$$

### RMS (среднее квадратическое) значение

Математическая операция RMS может быть использована для вычисления общего среднего квадратического значения (СКЗ) составляющих переменного и постоянного тока оцифрованных низкочастотных сигналов (используя команду DCV, DSAC или DSDC).

#### Примечание

Для повторяющихся сигналов переменного тока с частотой около 1 Гц и выше может быть использован метод синхронных выборок измерения сигналов переменного тока вместо математической операции RMS. При частоте переменного сигнала 10 Гц и выше может использоваться аналоговый метод измерения. При частоте сигнала 20 Гц и выше может быть применен метод случайных выборок. СКЗ переменной составляющей синусоидального сигнала можно получить с помощью оцифровки (используя команду DCV, DSAC или DSDC) и включения математической операции STATS. После взятия определенного числа отсчетов результат в регистре SDEV и является СКЗ переменной составляющей входного сигнала.

Математическая операция RMS извлекает квадратный корень из результата предыдущей операции FILTER с отсчетом и предыдущим результатом, предварительно введенным в квадрат. Формула для вычисления СКЗ:

$$\text{результат} = \sqrt{\frac{\text{предыд. результат}^2 \cdot (\text{DEGREE} - 1)}{\text{DEGREE} + \frac{\text{отсчет}^2}{\text{DEGREE}}}}$$

где

предыдущий результат - первоначально устанавливается на значение первого отсчета, а затем - на значение результата операции FILTER;

отсчет - самый последний взятый отсчет;

DEGREE - устанавливает вид переходной характеристики фильтра.

### Измерение температуры

Математические операции измерения температуры преобразуют измеренное значение сопротивления термистора или терморезистора (RTD) в результат, выраженный в градусах по шкале Фаренгейта или Цельсия. В таблице 25 описаны все математические операции измерения температуры. Измерение сопротивления может быть выполнено по 2-проводной (команда ОНМ), либо 4-проводной (команда ОНМФ) схеме. Для достижения высокой точности измерения лучше использовать 4-проводное измерение сопротивления. Условия, влияющие на погрешность типового измерения сопротивления, оказывают такое же влияние и на погрешность измерения температуры (подробнее см. подразделы "Конфигурирование мультиметра для проведения измерений на постоянном токе или сопротивлений" и "Калибровка" раздела 3).

**Таблица 25 - Математические операции измерения температуры**

<b>Математические операции</b>	<b>Описание</b>
CTHRM2K	Результат = температура (в градусах Цельсия). Датчик = термистор 2 кОм (40653A)
CTHRM	Результат = температура (в градусах Цельсия). Датчик = термистор 5 кОм (40653B)
CTHRM10K	Результат = температура (в градусах Цельсия). Датчик = термистор 10кОм (40653C)
FTHRM2K	Результат = температура (в градусах Фаренгейта). Датчик = термистор 2 кОм (40653A)
FTHRM	Результат = температура (в градусах Фаренгейта). Датчик = термистор 5 кОм (40653B)
FTHRM10K	Результат = температура (в градусах Фаренгейта). Датчик = термистор 10 кОм (40653C)
CRTD85	Результат = температура (в градусах Цельсия). Датчик = терморезистор 100 Ом с температурным коэффициентом $\alpha = 0,00385$ (40654A или 40654B)
CRTD92	Результат = температура (в градусах Цельсия). Датчик = терморезистор 100 Ом с температурным коэффициентом $\alpha = 0,003916$
FRTD85	Результат = температура (в градусах Фаренгейта). Датчик = терморезистор 100 Ом с температурным коэффициентом $\alpha = 0,00385$ (40654A или 40654B)
FRTD92	Результат = температура (в градусах Фаренгейта). Датчик = терморезистор 100 Ом с температурным коэффициентом $\alpha = 0,003916$

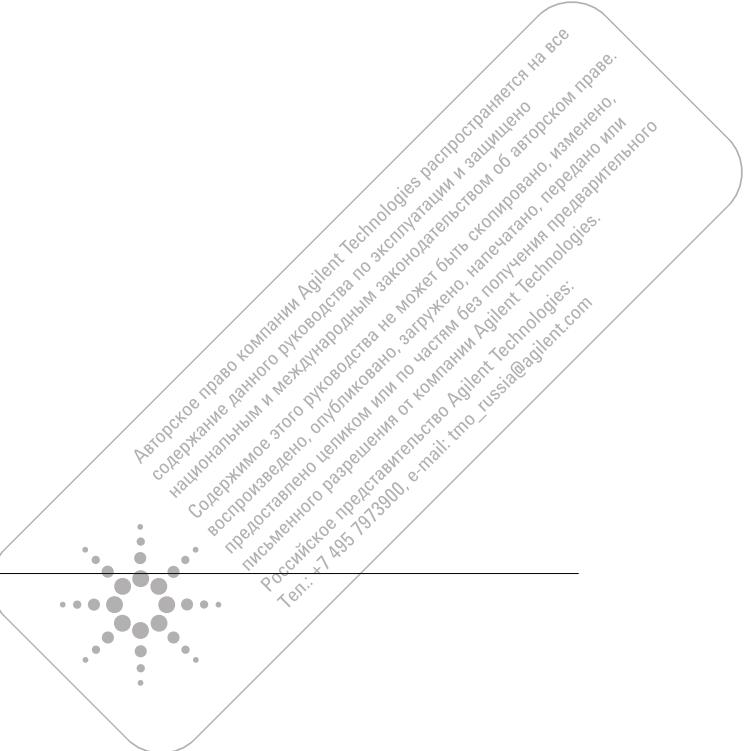
В следующем примере выполняется измерение температуры с использованием термистора 10 кОм. Возвращаемое значение - значение температуры в градусах Цельсия.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !ПРЕДУСТАНОВКА МУЛЬТИМЕТРА, ПРИОСТАНОВКА ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
20 OUTPUT 722;"OHMF 10E3"        !УСТАНОВКА 4-ПРОВ. ИЗМЕР-Я СОПРОТИВЛЕНИЯ, ПРЕДЕЛ - 10 кОм
30 OUTPUT 722;"MATH CTHRM10K"    !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ТЕМПЕРАТУРУ ПО ШКАЛЕ ЦЕЛЬСИЯ,
35                                !ТЕРМИСТОР 10 кОм
40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"        !ЗАПУСК ВЗЯТИЯ ОТСЧЕТОВ
50 ENTER 722;A                  !ВВОД РЕЗУЛЬТАТА
60 PRINT A                      !ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТА
70 END

```

Введение .....	129
Методы дискретизации .....	129
Частота дискретизации .....	131
Запуск по уровню .....	132
Примеры запуска по уровню .....	132
Фильтрация по уровню .....	134
Дискретизация методом измерения	
напряжения постоянного тока .....	134
Замечания по дискретизации методом	
измерения напряжения	
постоянного тока .....	135
Пример дискретизации методом	
измерения напряжения	
постоянного тока .....	136
Прямая дискретизация .....	137
Замечания по методу прямой	
дискретизации .....	138
Пример прямой дискретизации .....	139
Субдискретизация .....	139
Принцип субдискретизации .....	140
Событие источника синхронизации ..	141
Замечания по методу	
субдискретизации .....	143
Пересылка выборок в память .....	144
Пересылка выборок в контроллер .....	144
Просмотр оцифрованных данных .....	146



Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все  
содержание данного руководства по эксплуатации и защищено  
национальным и международным законодательством об авторском праве.  
Содержимое этого руководства не может быть скопировано, издано,  
воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, передано или  
предоставлено целиком или по частям без получения предварительного  
письменного разрешения от компании Agilent Technologies:  
Российское представительство Agilent Technologies:  
Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

## Введение

Дискретизация - процесс преобразования непрерывного аналогового сигнала в ряд дискретных выборок. Рисунок 22 показывает результат дискретизации синусоидального сигнала. В этом разделе обсуждаются различные способы дискретизации сигналов, значимость частоты дискретизации и использование запуска по уровню.

### Примечание

В качестве дополнительной информации к материалу этого раздела в приложении D обсуждаются ошибки запуска и временной базы.

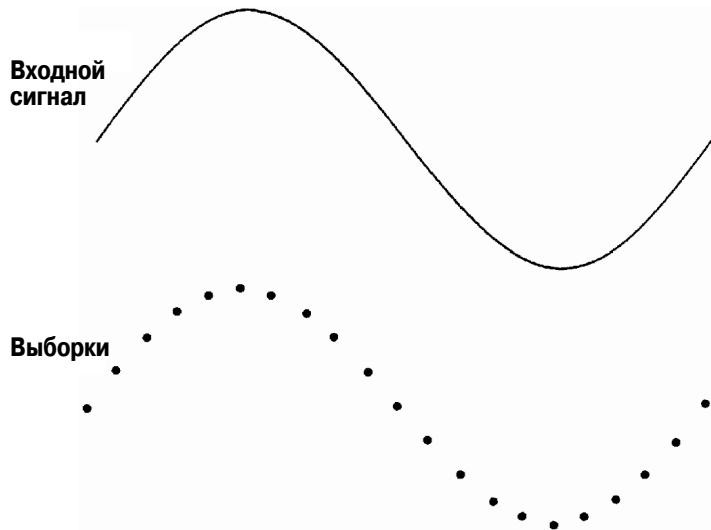


Рисунок 22 - Дискретизированный синусоидальный сигнал

## Методы дискретизации

Мультиметр может оцифровывать сигналы с помощью методов измерения напряжения постоянного тока, прямой дискретизации или субдискретизации. В таблице 26 показаны характеристики каждого из методов дискретизации. На рисунке 23 показана упрощенная диаграмма пути прохождения сигнала в мультиметре для каждого метода дискретизации. На рисунке 24 показаны подключения к клеммам передней панели для всех методов дискретизации.

Таблица 26 - Методы дискретизации

Метод дискретизации	Максимальная частота дискретизации	Полоса частот	Необходимость повторяющегося сигнала
Измерение напряжения постоянного тока (DCV)	100 K/c	от 0 до 150 кГц <sup>1</sup>	Нет
Прямая дискретизация	50 K/c	от 0 до 12 МГц	Нет
Субдискретизация	100 M/c <sup>2</sup>	от 0 до 12 МГц	Да

<sup>1</sup> Зависит от предела. Подробнее см. технические характеристики в приложении А.

<sup>2</sup> Эффективная частота дискретизации (подробнее см. ниже подраздел "Субдискретизация")

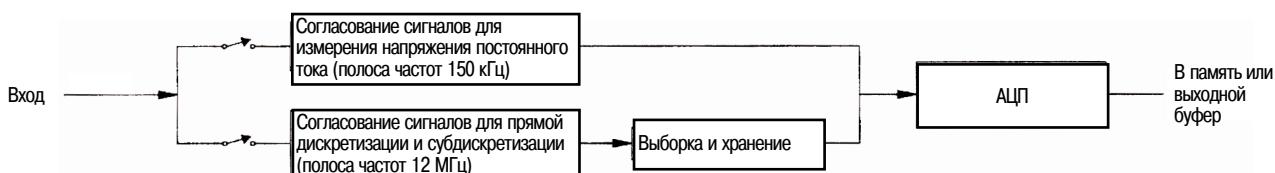


Рисунок 23 - Пути прохождения дискретизируемых сигналов

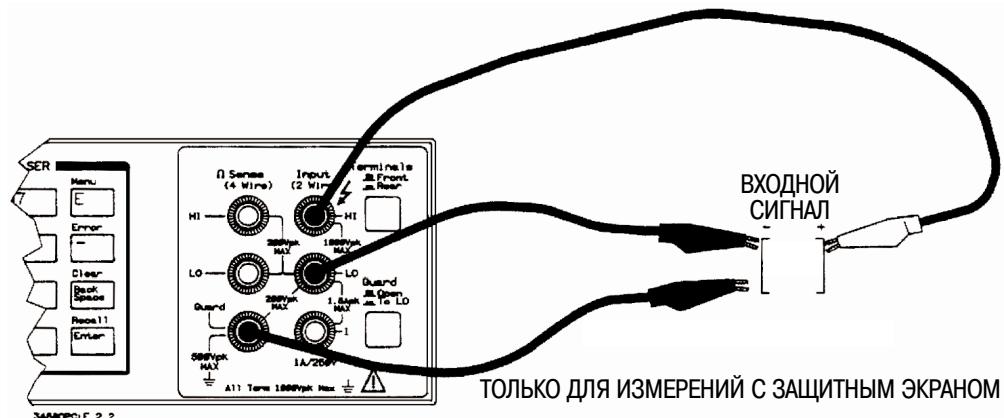


Рисунок 24 - Подключения для всех методов дискретизации

Всякий раз при инициировании процесса дискретизации мультиметр входит в быстродействующий режим. Этот режим устанавливается для большинства прикладных задач. В высокоскоростном режиме мультиметр полностью занят выполнением выборок. Это значит, что мультиметр не будет выполнять никакие команды до тех пор, пока не будет взято заданное число выборок. Когда выборки в быстродействующем режиме персылаются непосредственно в выходной буфер, мультиметр ожидает, пока каждая выборка не будет считана из буфера, прежде чем поместить в выходной буфер следующую выборку. Это гарантирует, что выборки не будут потеряны из-за ограниченного быстродействия шины или контроллера. Если мультиметр не работает в быстродействующем режиме, любая выборка в выходном буфере будет перезаписана мультиметром, когда будет доступна новая выборка. Подробнее см. подраздел "Быстродействующий режим измерения" раздела 4.

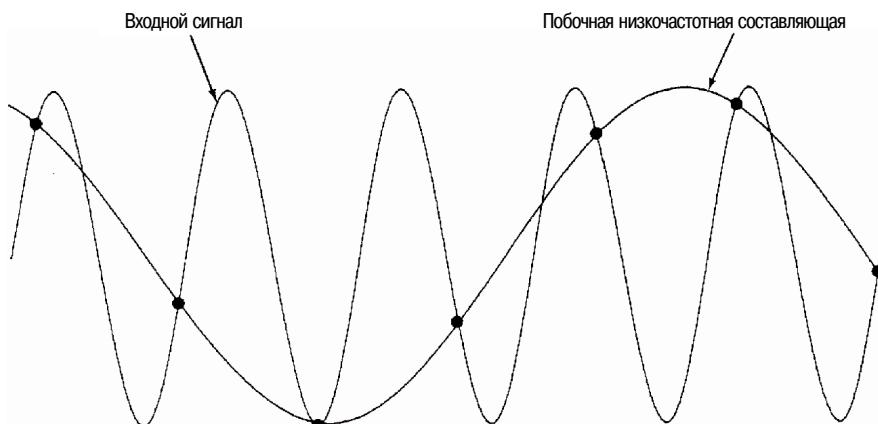
# Частота дискретизации

Теорема Найквиста или теорема о выборках гласит:

Если непрерывный сигнал с ограниченным спектром частот содержит частоты, не превышающие значение  $F$ , то исходный сигнал может быть восстановлен без искажений из его дискретных отсчетов, если выбрана частота дискретизации более  $2F$  выборок в секунду.

На практике, частота дискретизации мультиметра должна быть по меньшей мере в два раза выше самой высокой частотной составляющей в спектре измеряемого сигнала. Частота дискретизации есть обратная величина временного интервала, заданного командой TIMER, или параметра *effective\_interval* (эффективный интервал), заданного командой SWEEP. Например, если значение эффективного интервала равно 20 мкс, то частота дискретизации составит  $1/20$  мкс = 50000 выборок в секунду.

На рисунке 25 показана дискретизация синусоидального сигнала с частотой несколько меньшей, чем  $2F$ . На рисунке показан результат, содержащий *побочную низкочастотную составляющую*, которая резко отличается от частоты измеряемого сигнала.

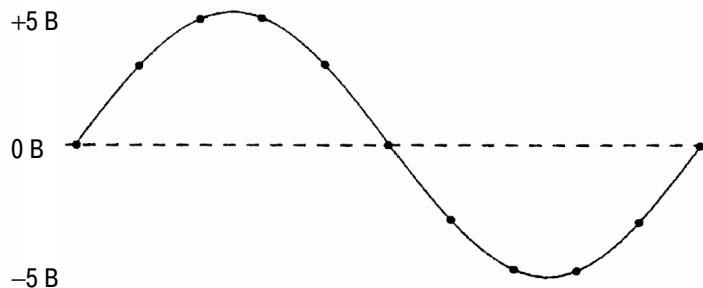


**Рисунок 25 - Наложение частот при недостаточно высокой частоте дискретизации**

Некоторые дигитайзеры имеют встроенные низкочастотные сглаживающие фильтры с частотой среза, равной половине частоты дискретизации дигитайзера. При таком ограничении полосы частот входного сигнала исключается влияние наложения частот на результаты преобразования. Поскольку в мультиметре используется переменная частота дискретизации в методе измерения напряжения постоянного тока, то с целью сохранения верхней части полосы для высокочастотных измерений сглаживающий фильтр в мультиметре не установлен. Если возникают проблемы наложения побочных частотных составляющих, то рекомендуется использовать внешний сглаживающий фильтр.

## Запуск по уровню

При выполнении дискретизации важно начать брать выборки, начиная с некоторой определенной точки входного сигнала, например, с точки, где сигнал пересекает уровень 0 В или достигает средней точки максимальной положительной или отрицательной амплитуды. Запуск по уровню позволяет задать, когда (относительно полярности и склона) начать взятие выборок. Например, на рисунке 26 показано, что взятие выборок начинается при пересечении входным сигналом значения 0 В на положительном склоне.



**Рисунок 26 - Запуск по уровню при пересечении 0 В на положительном склоне**

### Примеры запуска по уровню

Для методов измерения напряжения напряжения постоянного тока и прямой дискретизации запуск по уровню может использоваться как событие запуска (команда TRIG LEVEL) или событие замера (взятия выборки) (команда NRDGS n, LEVEL). Для субдискретизации запуск по уровню может быть использован только как событие источника синхронизации (событие источника синхронизации рассмотрено ниже в подразделе “Субдискретизация”). Примеры программ в этом разделе используют для дискретизации метод измерения напряжения постоянного тока и предел 10 В.

В последующих подразделах “Дискретизация методом измерения напряжения постоянного напряжения”, “Прямая дискретизация” и “Субдискретизация” приведены примеры программ, содержащие конкретную информацию об использовании запуска по уровню для каждого из методов дискретизации.

Команда LEVEL задает напряжение запуска по уровню как процент от предела измерения. Пределы указаны ниже при рассмотрении каждого метода дискретизации. Команда LEVEL также задает вид связи (по переменному току или по постоянному току) для схемы определения уровня.

### Примечание

Вид связи по входу может влиять на вид связи для запуска по уровню. При установке закрытого входа (например, командами DSAC или SSAC) сигнал запуска по уровню будет также связан по переменному току, независимо от заданного вида связи запуска по уровню. Однако при установке открытого входа (например, командами DCV, DSDC, SSDC) можно управлять видом связи сигнала запуска по уровню с помощью команды LEVEL. Вид связи запуска по уровню не влияет на связь по входу.

Команда SLOPE задает используемый склон сигнала. Значения при включении питания или по умолчанию для этих команд: уровень 0% от текущего предела (запуск происходит, когда сигнал пересекает 0 В); положительный склон сигнала; связь по переменному току (закрытый вход) для схемы определения уровня.

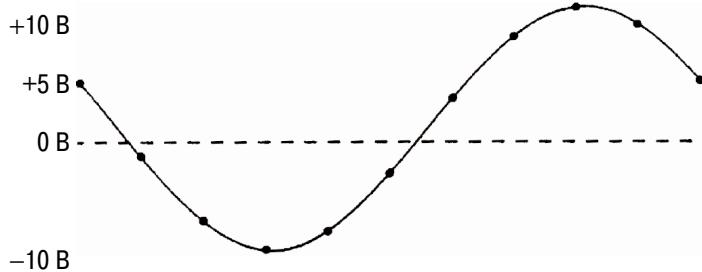
Таким образом в состоянии при включении питания можно установить запуск по уровню, как показано на рисунке 27, просто заданием события запуска LEVEL (команда TRIG LEVEL).

Следующая программа устанавливает запуск по уровню при достижении входным сигналом уровня +5 В (50% от предела 10 В на отрицательном склоне (закрытый вход, связь по переменному току). Если допустить, что входной сигнал имеет пиковое значение ±10 В и предел измерения 10 В, то результат будет таким, как показано на рисунке 27.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"           !ДИСКРЕТИЗАЦИЯ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
15                                     !ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"          !УСТАНОВКА СОБЫТИЯ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
30 OUTPUT 722;"SLOPE NEG"          !ЗАПУСК НА ОТРИЦАТЕЛЬНОМ СКЛОНЕ СИГНАЛА
40 OUTPUT 722;"LEVEL 50, AC"       !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ 50% ОТ ПРЕДЕЛА 10 В,
45                                     !СВЯЗЬ ПО ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ (ЗАКРЫТЫЙ ВХОД)
50 END

```



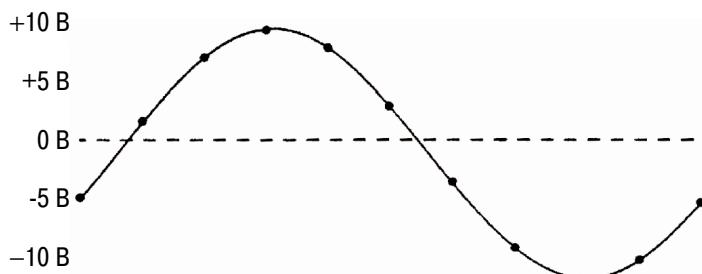
**Рисунок 27 - Запуск по уровню, 50%, отрицательный склон, связь по переменному току (закрытый вход)**

Следующая программа устанавливает запуск по уровню при достижении входным сигналом уровня -5 В (-50% от предела 10 В на положительном склоне (закрытый вход, связь по переменному току). Если допустить, что входной сигнал имеет пиковое значение ±10 В и предел измерения 10 В, то результат будет таким, как показано на рисунке 28.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"           !ДИСКРЕТИЗАЦИЯ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
15                                     !ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"          !УСТАНОВКА СОБЫТИЯ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
30 OUTPUT 722;"SLOPE POS"          !ЗАПУСК НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СКЛОНЕ СИГНАЛА
40 OUTPUT 722;"LEVEL -50, AC"      !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ -50% ОТ ПРЕДЕЛА 10 В,
45                                     !СВЯЗЬ ПО ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ (ЗАКРЫТЫЙ ВХОД)
50 END

```



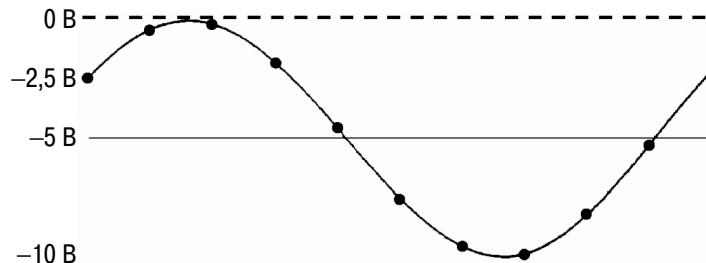
**Рисунок 28 - Запуск по уровню, -50%, положительный склон, связь по переменному току (закрытый вход)**

В следующей программе входной сигнал связан по постоянному току со схемой определения уровня и состоит из сигнала переменного тока амплитудой 5 В, наложенного на постоянную

составляющую и  $-5$  В. В этом случае для запуска по уровню  $-2,5$  В на положительном склоне используется отрицательный процент ( $-25\%$ ) от предела . Результат показан на рисунке 29.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"  
15  
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"  
30 OUTPUT 722;"SLOPE POS"  
40 OUTPUT 722;"LEVEL 50, AC"  
45  
50 END
```

!ДИСКРЕТИЗАЦИЯ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ  
!ПОСТОЯННОГО ТОКА, ПРЕДЕЛ 10 В  
!УСТАНОВКА СОБЫТИЯ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ  
!ЗАПУСК НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СКЛОНЕ СИГНАЛА  
!ЗАПУСК ПО УРОВНЮ ПРИ  $-25\%$  ОТ ПРЕДЕЛА 10 В,  
!СВЯЗЬ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ (ОТКРЫТЫЙ ВХОД)



**Рисунок 29 - Запуск по уровню,  $-25\%$ , положительный склон, связь по постоянному току (открытый вход)**

### Фильтрация по уровню

При включении функции фильтрации по уровню к входу схемы определения уровня подключается однополюсный низкочастотный фильтр. Низкочастотный фильтр в точке, соответствующей уровню  $-3$  дБ, настроен на частоту 75 кГц и препятствует возникновению ложных запусков от высокочастотных составляющих входного сигнала. Чтобы включить фильтрацию по уровню, послать:

```
OUTPUT 722; "LFILTER ON"
```

### Примечание

Функция фильтрации по уровню может также уменьшить чувствительность мультиметра к высокочастотному шуму при измерениях частоты или периода, а также напряжения переменного тока или суммы напряжений переменного и постоянного тока методом синхронных выборок (команда SETACV SYNC).

## Дискретизация методом измерения напряжения постоянного тока

Дискретизация может быть выполнена просто заданием измерения напряжения постоянного тока с малым временем интегрирования и коротким временным интервалом между выборками (“коротким” относительно частоты дискретизируемого сигнала). Хотя схема выборки и хранения мультиметра в этом случае не используется, это рассматривается как дискретизация. Достоинством данного метода по сравнению с методом прямой дискретизации является более низкий уровень шума, более высокое разрешение (до 28 бит), и максимальная частота дискретизации до 100000 выборок в секунду (против 50000 при прямой дискретизации). К недостаткам данного метода можно отнести: больший уровень джиттера сигналов запуска (см. технические характеристики в приложении А); невозможность измерения сигнала при закрытом входе; меньшую полосу пропускания канала, составляющую 150 кГц (в отличие от 12 МГц при прямой дискретизации). Так как схема выборки и хранения при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока не используется, то каждая выборка намного шире (минимум 500 нс против 2 нс при прямой или субдискретизации).

Команда PRESET DIG конфигурирует мультиметр для измерения напряжения постоянного тока с частотой дискретизации 50000 выборок в секунду. Команда PRESET DIG устанавливает время интегрирования 3 мкс и запуск по уровню при пересечении входным сигналом уровня 0 В на положительном склоне. При использовании команды PRESET DIG исполняются следующие основные команды:

TARM HOLD	Приостановка запуска
TRIG LEVEL	Событие запуска по уровню (LEVEL)
LEVEL 0,AC	Запуск по уровню при 0% от предела (0 В), закрытый вход (связь по переменному току)
TIMER 20E-6	Интервал между выборками 20 мкс
NRDGS 256,TIMER	256 выборок/запуск, событие замера (взятия выборки) - TIMER
DCV 10	Измерение напряжения постоянного тока, предел 10V
DELAY 0	Задержки запуска нет
APER 3E-6	Время интегрирования 3 мкс
MFORMAT SINT	Формат запоминания: целочисленный одинарной точности
OFORMAT SINT	Формат вывода: целочисленный одинарной точности
AZERO OFF	Выключение автоматической коррекции нуля
DISP OFF	Выключение индикатора

После выполнения предустановок с помощью команды PRESET DIG можно увеличить частоту дискретизации путем уменьшения интервала командой TIMER и уменьшения времени интегрирования с помощью команды APER. Минимальное время интегрирования при измерении напряжения постоянного тока составляет 500 нс.

### **Замечания по дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока**

- При дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока и времени интегрирования  $\leq 1,4$  мкс следует использовать формат запоминания/вывода SINT. При времени интегрирования  $> 1,4$  мкс следует использовать формат запоминания/вывода DINT. Эти форматы подробно рассмотрены в разделе 4.

### **Примечание**

---

Чтобы достичь наивысшей скорости пересылки отсчетов в память отсчетов и/или в контроллер, можно использовать формат SINT при времени интегрирования до 10,8 мкс. Однако при времени интегрирования  $> 1,4$  мкс АЦП имеет большую разрядную сетку, чем может воспринять формат SINT (младшие значащие биты отбрасываются). Когда используется формат запоминания/вывода SINT при времени интегрирования  $> 10,8$  мкс, мультиметр должен преобразовывать данные от АЦП и не может поддерживать быстродействующий режим. При времени интегрирования  $> 10,8$  мкс следует использовать формат запоминания/вывода DINT (который совместим с быстродействующим режимом).

- Всякий раз при проведении измерений с использованием события замера (взятия выборки) TIMER или команды SWEEP, автоматическое переключение пределов выключается. Можно использовать предел, установленный командой PRESET DIG (предел 10 В), или установить предел как первый параметр команд DCV или RANGE (параметр *max\_input*). Параметры *max\_input* и устанавливаемые ими пределы приведены в таблице:

Параметр <i>max input</i>	Выбираемый предел	Значение полной шкалы
от 0 до 0,12	100 мВ	120 мВ
>0,12 до 1,2	1 В	1,2 В
>1,2 до 12	10 В	12 В
>12 до 120	100 В	120 В
>120 до $1 \times 10^3$	1000 В	1050 В

- Иерархия запуска мультиметра (событие подготовки запуска, событие запуска и событие замера) применяются и при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока. Подробнее об иерархии запуска см. раздел 4. При дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока можно использовать событие замера TIMER и команду NRDGS *n*,TIMER или команду SWEEP. Команды NRDGS и SWEEP взаимозаменяемы. Мультиметр использует ту из них, которая задана последней. При использовании команды SWEEP событие замера автоматически устанавливается на значение TIMER.
- Апертурное время - это время, в течение которого мультиметр фактически выполняет дискретизацию входного сигнала. Для прямой дискретизации или субдискретизации при использовании схемы выборки и хранения апертурное время фиксировано на значении 2 нс и не может быть изменено. При дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока апертурное время равно времени интегрирования АЦП и может изменяться от 500 нс до 1с. Мультиметр эффективно усредняет входной сигнал в течение его апертурного времени. Когда сигнал изменяется в течение апертурного времени, вносится амплитудная ошибка. Таблица 27 показывает частоты входного сигнала, на которых вносится амплитудная ошибка 3 дБ для выбранных значений апертурного времени, и разрешение в битах, определяемое этими значениями.

**Таблица 27 - Зависимость амплитудной ошибки и разрешающей способности от апертуры**

Апертурное время	Разрешающая способность в битах	Частоты, на которых вносится ошибка в 3 дБ
2 нс	16	100 МГц
500 нс	15	400 кГц
1 мкс	16	206 кГц
3 мкс	17	69 кГц
6 мкс	18	35 кГц
100 мкс	21	2 кГц

### **Пример дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока**

Следующая программа берет 256 выборок напряжения постоянного тока при скорости взятия 100000 выборок в секунду и помещает их в память отсчетов, используя формат SINT. Эти выборки затем пересылаются в контроллер, используя формат вывода SINT. Контроллер преобразует выборки из формата SINT и запоминает их. Если удалить из программы строку 100, то выборки будут пересыпаться прямо в контроллер, минуя память отсчетов. Однако, контроллер и GPIB должны обладать способностью пересылки выборок со скоростью по меньшей мере 200000 байт в секунду. В противном случае мультиметр выработает ошибку TRIGGER TOO FAST (слишком быстрый запуск). Подробнее см. подраздел “Высокоскоростная пересылка отсчетов пошине GPIB” раздела 4.

```

10OPTION BASE 1           ! НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
20Num_samples=256          ! ЗАДАНИЕ ЧИСЛА ВЫБОРОК
30INTEGER Int_samp(1:256)  ! СОЗДАНИЕ БУФЕРА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
40ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) ! СОЗДАНИЕ МАССИВА ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ВЫБОРОК
50ASSIGN @Dvm TO 722      ! НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
60ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) ! НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ МАРШРУТА ВВОДА/ВЫВ. ДЛЯ БУФЕРА
70OUTPUT @Dvm;"PRESET DIG" ! TARM HOLD, DCV, ПРЕДЕЛ 10 В, 256 ВЫБОРОК
71 !НА ЗАПУСК, СОБЫТИЕ ЗАМЕРА TIMER, ИНТЕРВАЛ ТАЙМЕРА = 20 мкС, УРОВЕНЬ ЗАПУСКА
75 !(0%, ЗАКРЫТЫЙ ВХОД), ВРЕМЯ ИНТЕГРИРОВАНИЯ 3 мкС, ФОРМАТЫ SINT
80OUTPUT @Dvm;"TIMER 10E-6" !ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ВЫБОРКАМИ 10 мкС
90OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6" !МАКС. АПЕРТУРА ДЛЯ ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗ. 100 кГц
100OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
110OUTPUT @Dvm; "TARM SYN" !СОБЫТИЕ ПОДГОТОВКИ ЗАПУСКА SYN
120TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT !СОБЫТИЕ SYN EVENT, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ В
121!ПАМЯТЬ ОТСЧЕТОВ И ЗАТЕМ В МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ КОМПЬЮТЕРА;
122!ПОСКОЛЬКУ ФОРМАТ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С ФОРМАТОМ SINT, НИКАКОГО
123!ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ)
130OUTPUT @Dvm; "ISCALE?" !ЗАПРОС МАСШТАБНОГО КОЭФФ-ТА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
140ENTER @Dvm;S           !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
150FOR I=1 TO Num_samples
160 Samp(I)=Int_samp(I)   !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА ЦЕЛЫХ
161 !ЧИСЕЛ В ФОРМАТ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ (НЕОБХОДИМО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО
165 !ПЕРЕПОЛНЕНИЯ РАЗРЯДНОЙ СЕТКИ ЦЕЛОГО ЧИСЛА В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
170 R=ABS(Samp(I))        !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБС. ЗНАЧ. ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРГРУЗКИ
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !ЕСЛИ ПЕРЕГРУЗКА, ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
190 Samp(I)=Samp(I)*S     !УМНОЖЕНИЕ ОТСЧЕТА НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
200 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4) !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
210NEXT I
220END

```

## Прямая дискретизация

Прямая дискретизация подобна дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока в том, что выборки берутся в реальном времени, и каждая последующая выборка берется через заданный временной интервал от предыдущей. Разница между этими двумя методами заключается в том, что при прямой дискретизации используется схема выборки и хранения и более широкая полоса частот входного сигнала (12 МГц). Кроме того, прямая дискретизация имеет меньший джиттер запуска, но больший шум при измерении, чем дискретизация методом измерения напряжения постоянного тока (технические характеристики приведены в приложении А).

Схема выборки и хранения очень быстро берет выборку входного сигнала и затем сохраняет ее значение до окончания процесса его интегрирования АЦП. При использовании схемы выборки и хранения ширина каждой выборки уменьшается от 500 нс при измерении напряжения постоянного тока до 2 нс при прямой дискретизации. Это делает прямую дискретизацию идеальной для решения таких прикладных задач, как измерение пиковой амплитуды короткого импульса. Недостаток прямой дискретизации заключается в том, что она обеспечивает меньшую максимальную частоту дискретизации, равную 50000 выборок в секунду, против 100000 выборок в секунду при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока.

Прямая дискретизация устанавливается командой DSAC или DSDC. Команда DSAC задает закрытый вход, при котором измеряются только переменные составляющие входного сигнала. Команда DSDC задает открытый вход, при котором измеряются как постоянные, так и переменные составляющие входного сигнала.

На рисунке 30 показаны 20 выборок, сделанные с использованием прямого преобразования синусоидального входного сигнала (числа

отображают порядок, в котором выборки были взяты). При прямой дискретизации минимально возможный интервал между выборками составляет 20 мкс.

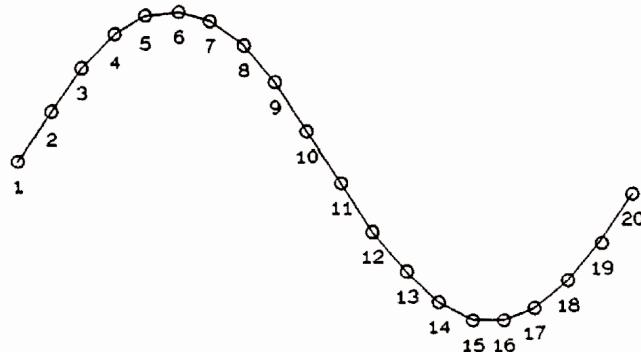


Рисунок 30 - Прямая дискретизация

### Замечания по методу прямой дискретизации

- При измерениях методом прямой дискретизации нельзя использовать автоматическое переключение пределов; предел измерения необходимо определить как первый параметр команды DSAC или DSDC (*max.\_input parameter*). Установка параметров *max.\_input* и соответствующих им пределов должна соответствовать приведенной ниже таблице:

Параметр <i>max._input</i>	Выбор предела	Значение полной шкалы SINT формат	DINT формат
от 0 до 0,012	10 мВ	12 мВ	50 мВ
>0,012 до 0,120	100 мВ	120 мВ	500 мВ
>0,120 до 1,2	1 В	1,2 В	5,0 В
>1,2 до 12	10 В	12 В	50 В
>12 до 120	100 В	120 В	500 В
>120 до $1 \times 10^3$	1000 В	1050 В	1050 В

Следует отметить, что при использовании формата запоминания/вывода DINT значения полных шкал при прямой дискретизации составляют 500% (5 раз) от пределов 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В и 100 В. Это особенно важно учитывать при задании в процентах запуска по уровню. При задании напряжения запуска по уровню следует использовать процентное отношение к пределу. Например, допустим, что входной сигнал имеет пиковое значение, равное 20 В, и используется предел 10 В. Если нужно установить запуск по уровню 15 В, то определяется процентное отношение запуска по уровню 150% (команда LEVEL 150) (при измерении входного сигнала с частотой >2 МГц и амплитудой >120% от предела может быть превышена скорость нарастания усилителей мультиметра; сигналы ≤ 120% от предела с частотой до 12 МГц, не вызывают ошибок, связанных со скоростью нарастания).

- Иерархия запуска мультиметра (событие подготовки запуска, событие запуска и событие замера) распространяется и на прямую дискретизацию. Имеется ввиду, что эти события должны происходить в определенном порядке перед началом прямой дискретизации. Подробнее об иерархии запуска см. раздел 4. Для прямой дискретизации можно использовать либо событие замера TIMER и команду NRDGS *n*,TIMER, либо команду SWEEP (SWEEP проще программировать). Команды NRDGS и SWEEP взаимозаменяемы, и мультиметр использует ту команду, которая была задана последней (при выборе команды SWEEP событие замера автоматически устанавливается на TIMER).

- При прямой дискретизации входного сигнала с частотой  $\geq 1$  МГц первая выборка может быть ошибочной из-за времени установления интерполятора. Чтобы гарантировать правильность первой выборки, следует установить перед ней задержку 500 нс (команда DELAY 500E-9).

## Пример прямой дискретизации

Следующая программа - пример прямой дискретизации сигнала при открытом входе. Команда SWEEP задает интервал 30 мкс и 200 выборок. Запуск по уровню установлен на 250% от предела 10В (250% от 10В = 25В). Выборки пересыпаются в память отсчетов в формате DINT, затем они пересыпаются в контроллер, преобразуются и выводятся на печать. Если удалить из программы строку 110, то выборки будут пересыпаться прямо в контроллер, минуя память отсчетов. Однако контроллер и GPIB должны обладать способностью пересылки выборок со скоростью по меньшей мере 134000 байт в секунду. В противном случае мультиметр выработает ошибку TRIGGER TOO FAST (слишком быстрый запуск). Подробнее см. подраздел “Высокоскоростная пересылка отсчетов по шине GPIB” раздела 4.

```

10OPTION BASE 1
20INTEGER Num_samples,I,J,K
30Num_samples = 200
35ASSIGN @Dvm TO 722
40ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_samples] !СОЗДАНИЕ В КОНТРОЛЛЕРЕ БУФЕРА ДЛЯ ВЫБОРОК
45 !(4 БАЙТА НА ОДНУ ВЫБОРКУ * 200 ВЫБОРОК = 800 БАЙТАМ)
50ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ВЕЩЕСТВ. ЧИСЕЛ ДЛЯ ВЫБОРОК
60OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !ФОРМАТЫ DINT, TARM SYN, TRIG AUTO
70OUTPUT @Dvm; "SWEEP 30E - 6,200" !ИНТЕРВАЛ - 30 мкс, 200 ВЫБОРОК
80OUTPUT @Dvm; "DSDC 10" !ПРЯМАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ПРЕДЕЛ - 10 В
90OUTPUT @Dvm;"LEVEL 250, DC" !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ 250% ОТ ПРЕДЕЛА 10 В (25 В)
100OUTPUT @Dvm;TRIG LEVEL" !СОБЫТИЕ ЗАПУСКА ПО УРОВНЮ
110OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO" !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
120TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !ПЕРЕСЫЛКА ВЫБОРОК В КОНТРОЛЛЕР
130OUTPUT @Dvm; "ISCALE?" !ЗАПРОС МАСШТАБНОГО КОЭФФ-ТА ДЛЯ ФОРМАТА DINT
140ENTER @Dvm;S !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
150FOR I=1 TO Num_samples
160 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !ВВОД ОДНОГО 16-БИТОВОГО СЛОВА В ДОП. КОДЕ
161 !В КАЖДУЮ ПЕРЕМЕННУЮ J И K (# = ЗАВЕРШЕНИЕ ОПЕРАТОРА НЕ ТРЕБУЕТСЯ);
165 !W = ВВОД ДАННЫХ В ВИДЕ 16-БИТОВОГО ЦЕЛОГО ЧИСЛА В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ КОДЕ)
170 Samp(I)=(J*65536.+K+65536.* (K<0)) !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ВЕЩЕСТВЕННОЕ ЧИСЛО
180 R=ABS(Samp(I))
190 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD" !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБС. ЗНАЧ. ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕГР.
200 Samp(I)=Samp(I)*S !ЕСЛИ ПЕРЕГРУЗКА, ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГР.
210 Samp(I)=ROUND(Samp(I),8) !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАСШТАБНОГО КОЭФФ-ТА
220 PRINT Samp(I) !ОКРУГЛЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОГО ОТСЧЕТА
230NEXT I !ПЕЧАТЬ ОТСЧЕТОВ
240END

```

## Субдискретизация

При субдискретизации (она известна также под названием метода последовательных отсчетов) мультиметр выполняет одну или более выборок в каждом периоде входного сигнала. С каждым последующим периодом при взятии выборок производится временной сдвиг относительно начальной точки первой выборки. После некоторого числа периодов и взятия установленного числа выборок, выборки могут быть реконструированы для формирования комбинированного сигнала с периодом, равным периоду входного сигнала.

Преимущество субдискретизации состоит в том, что выборки могут быть эффективно расположены по сигналу с минимальным интервалом 10 нс между ними против 10 мкс при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока и 20 мкс при прямой дискретизации. Это означает, что субдискретизация может быть использована для измерения сигналов с частотными составляющими до 12 МГц (верхняя граница полосы тракта сигнала при субдискретизации). При субдискретизации используется схема выборки и хранения с апертурой 2 нс. При субдискретизации (также как и при прямой дискретизации) обеспечивается меньший уровень джиттера сигналов запуска, чем при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока (см. технические характеристики в приложении А). К недостаткам субдискретизации можно отнести то, что входной сигнал должен быть периодическим (повторяющимся) и измерения с использованием этого метода не являются измерениями в реальном времени.

Субдискретизации устанавливается с помощью команды SSAC или SSDC. Команда SSAC задает закрытый вход, при котором оцифровываются только переменные составляющие входного сигнала. Команда SSDC задает открытый вход. В этом случае оцифровке подвергаются как постоянная, так и переменные составляющие входного сигнала.

## Принцип субдискретизации

При субдискретизации выборки на комбинированном сигнале могут быть расположены очень близко друг к другу. Это означает, что *эффективный интервал* между выборками комбинированного сигнала (*effective\_interval*) может быть значительно меньше (а частота дискретизации значительно больше), чем при дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока или прямой дискретизации. Например, пусть требуется дискретизировать периодический входной сигнал, имеющий частоту 10 кГц, с эффективным интервалом между выборками 5 мкс. Для этого необходима частота дискретизации требует скорости выборок, равной  $1/5 \times 10^{-6}$  или 200000 выборок в секунду (такую прикладную задачу было бы невозможно решить, используя дискретизацию методом измерения напряжения постоянного тока или прямую дискретизацию, так как частоты дискретизации этих методов составляет 100000 и 50000 выборок в секунду, соответственно). На рисунке 31 показано, как это можно сделать методом субдискретизации. Параметр *effective\_interval* (эффективный интервал) задается равным 5 мкс, а установленное число выборок - 20. Эффективный интервал и общее число выборок задаются командой SWEEP. После задания эффективного интервала и числа выборок мультиметр вычисляет, сколько пакетов (в данном случае пакет - это одна группа выборок) ему потребуется сформировать и сколько выборок будет в каждом пакете.

В данном случае за один период входного сигнала мультиметр берет пакет из 5 выборок. Во время второго периода мультиметр задерживает момент запуска на 5 мкс и берет другой пакет из 5 выборок. В каждом из последующих двух периодов мультиметр выполняет задержку момента запуска еще на 5 мкс и берет пакеты из 5 выборок. Как показано на рисунке 32, когда все выборки выстроены в правильной последовательности, результат представляет собой один период входного сигнала, содержащий 20 выборок, расположенных с интервалами 5 мкс. Таким образом, в этом примере *эффективная частота дискретизации* составляет 200 кГц (200000 выборок в секунду).

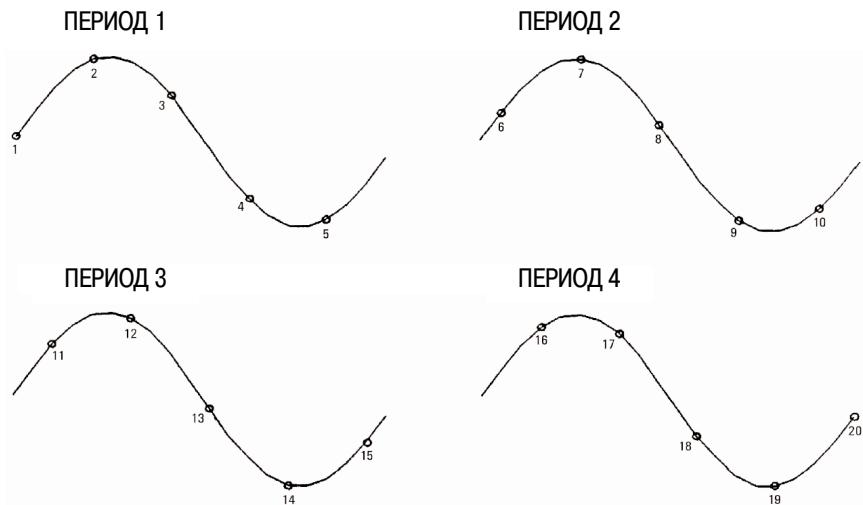


Рисунок 31 - Пример субдискретизации

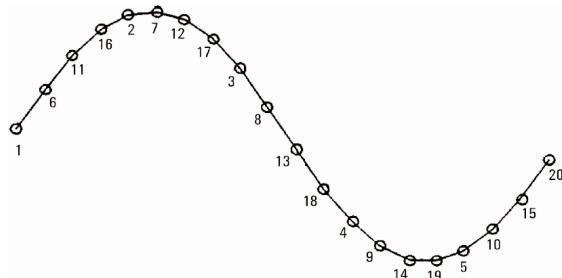
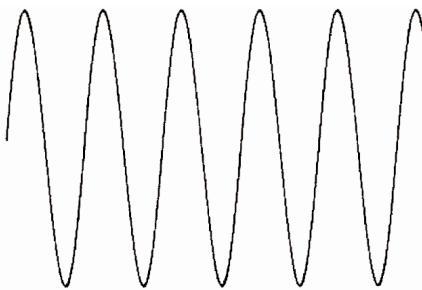


Рисунок 32 - Комбинированный сигнал

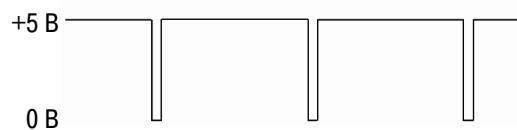
### Событие источника синхронизации

В предыдущем примере субдискретизации подразумевалось, что мультиметр мог как-то сам себя синхронизировать с периодом входного сигнала. Это и является функцией события источника синхронизации. В качестве события источника синхронизации можно использовать событие EXT (внешний источник синхронизации) или событие LEVEL (синхронизация по уровню). Событие источника синхронизации EXT (задаваемое командой SSRC EXT) происходит по отрицательному перепаду синхросигнала, подаваемого на соединитель Ext Trig мультиметра. Для этого требуется внешний импульс, синхронный с входным сигналом. На рисунке 33 показаны типичный входной сигнал и требующийся для него синхронизирующий сигнал. Как показано на рисунке, синхронизирующий сигнал не обязательно должен появляться один раз в течение каждого периода входного сигнала. Однако он должен быть обязательно синхронизирован во времени с входным сигналом.

### ВХОДНОЙ СИГНАЛ



### СИНХРОНИЗИРУЮЩИЙ СИГНАЛ



**Рисунок 33 - Типичный синхронизирующий сигнал источника синхронизации EXT**

Событие источника синхронизации LEVEL (устанавливается по умолчанию и при включении питания) происходит при достижении входным сигналом заданного уровня напряжения на заданном склоне (запуск по уровню). На рисунке 31 показано в действии событие источника синхронизации LEVEL (в данном примере заданы: уровень 0%, положительный склон, закрытый вход). Первое событие источника синхронизации происходит, когда входной сигнал пересекает 0 В на положительном склоне. Мультиметр затем берет пакет выборок (в этом случае 5 выборок). Когда происходит следующее событие источника синхронизации (период 2 входного сигнала), мультиметр задерживает точку запуска и берет следующие 5 выборок. Этот процесс повторяется до достижения заданного числа выборок.

В следующем примере для дискретизации сигнала 1 МГц с амплитудой 5 В, наложенного на постоянную составляющую 5 В, используется команда SSDC. Команда SWEEP заставляет мультиметр взять 4000 выборок с эффективным интервалом 10 нс. В строках с 60 по 80 программируются уровень напряжения и склон для события источника синхронизации LEVEL. Это инициирует процесс дискретизации, когда входной сигнал в периоде 1 достигает значения 7,5 В (75% от предела 10 В). Стока 90 устанавливает событие подготовки запуска, которое по существу разрешает событие источника синхронизации.

```
10OUTPUT 722;"PRESET FAST"           !TARM SYN, TRIG AUTO, ФОРМАТЫ DINT
20OUTPUT 722;"MEM FIFO"              !ВКЛЮЧЕНИЕ ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ, РЕЖИМ FIFO
30OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"          !ФОРМАТ SINT ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ
40OUTPUT 722."SSDC 10"               !СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ПРЕДЕЛ 10 В, СОБЫТИЕ ИСТОЧНИКА
45                                         !СИНХРОНИЗАЦИИ LEVEL (СОБЫТИЕ ПО УМОЛЧАНИЮ)
50OUTPUT 722;"SWEEP 10E-9,4000"        !4000 ВЫБОРОК, ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 10 НС
60OUTPUT 722;"LEVEL 75 DC"            !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ 75% ОТ ПРЕДЕЛА, ОТКРЫТЫЙ ВХОД
70OUTPUT 722;"SLOPE POS"              !ЗАПУСК ПО УРОВНЮ НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СКЛОНЕ
80OUTPUT 722;"SSRC LEVEL"             !СОБЫТИЕ ИСТОЧНИКА СИНХРОНИЗАЦИИ LEVEL
90OUTPUT 722; "TARM SGL"              !ВКЛЮЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДИСКРЕТИЗАЦИИ
100END
```

## Замечания по методу субдискретизации

- Для субдискретизации игнорируются требования события запуска и события замера (эти события обсуждаются в разделе 4). Событиями запуска, которые применимы к субдискретизации, являются: событие подготовки запуска (команда TARM) и событие источника синхронизации (команда SSRC).
- Для субдискретизации нельзя использовать команду NRDGS. Необходимо использовать команду SWEEP, чтобы установить число выборок и эффективный интервал. Минимальное значение эффективного интервала для субдискретизации составляет 10 нс. Максимальное значение составляет 50000 выборок в секунду (интервал между выборками составляет 20 мкс).
- Для субдискретизации нельзя использовать автоматическое переключение пределов. Предел следует определить как первый параметр команды SSAC или SSDC (параметр *max.\_input*). Параметры *max.\_input* и пределы, устанавливаемые ими, приведены в таблице:

Параметр <i>max._input</i>	Выбор предела	Значение полной шкалы полной шкалы
от 0 до 0,012	10 мВ	12 мВ
>0,012 до 0,120	100 мВ	120 мВ
>0,120 до 1,2	1 В	1,2 В
>1,2 до 12	10 В	12 В
>12 до 120	100 В	120 В
>120 до $1 \times 10^3$	1000 В	1050 В

Как и в случае с прямой дискретизацией можно устанавливать напряжение уровня запуска до 500% от предела. Однако при использовании формата SINT следует учесть, что он не может оперировать с выборками, превышающими 120% от установленного предела.

- Если память отсчетов выключена при исполнении команды SSAC или SSDC, мультиметр автоматически устанавливает формат вывода SINT (при этом формат памяти не изменяется). Позднее при переключении на другую измерительную функцию формат вывода возвращается к заданному ранее. При выполнении субдискретизации и пересылке выборок непосредственно на GPIB следует использовать формат вывода SINT. Конечно можно использовать любой формат вывода, если эти выборки сначала поместить в память отсчетов (см. следующее замечание). Для этого перед исполнением команды SSAC или SSDC следует включить память отсчетов (при включенной памяти отсчетов исполнение команды SSAC или SSDC не изменяет формата вывода на SINT).
- Если при субдискретизации память отсчетов включена, то она должна быть в режиме FIFO, должна быть пустой (исполнение команды MEM FIFO очищает память отсчетов), и формат памяти должен быть SINT до того, как произойдет событие подготовки запуска. Если эти условия не выполнены, то мультиметр вырабатывает ошибку SETTINGS CONFLICT (конфликт установок) при возникновении события подготовки запуска, и никакого взятия выборок не происходит.
- При субдискретизации входного сигнала с содержанием частот  $\geq 1$  МГц, первая выборка может быть ошибочной из-за времени установления интерполятора. Чтобы гарантировать правильность первой выборки, следует установить перед ней задержку 500 нс (команда DELAY 500E-9) (при субдискретизации задержка вставляется между событием источника синхронизации и

первой выборкой в каждом пакете, по умолчанию задержка для субдискретизации равна 0 с).

## Пересылка выборок в память

Когда выборки пересылаются непосредственно в память отсчетов (командой MEM FIFO), мультиметр автоматически переупорядочивает выборки, формируя комбинированный сигнал. Например, в следующей программе данные, полученные при субдискретизации, пересылаются в память отсчетов с использованием требуемого формата запоминания SINT. Мультиметр размещает выборки в памяти в скорректированном порядке. Затем выборки пересылаются в контроллер с использованием формата вывода DREAL (когда данные сначала пересылаются в память отсчетов, можно использовать не только формат вывода SINT).

```
10OPTION BASE 1
20REAL Samp(1:200) BUFFER
30ASSIGN @Dvm TO 722
40ASSIGN @Samp TO BUFFER Samp(*)
50OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"
60OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO"
70OUTPUT @Dvm; "MFORMAT SINT"
80OUTPUT @Dvm; "OFORMAT DREAL"
90OUTPUT @Dvm; "SSDC 10"
100OUTPUT @Dvm; "SWEEP 5E-6,200"
110TRANSFER @Dvm TO @Samp;WAIT
120FOR I=1 TO 200
130 IF ABS(Samp(I))=1E+38 THEN
140 PRINT "Overload Occurred"
150 ELSE
160 Samp(I)=DROUND(Samp(I),5)
170 PRINT Samp(I)
180 END IF
190NEXT I
200END
```

!НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1  
!СОЗДАНИЕ БУФЕРНОГО МАССИВА  
!НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА  
!НАЗНАЧЕНИЕ БУФЕРА  
!TARM SYN, TRIG AUTO, ФОРМАТЫ DINT  
!РЕЖИМ FIFO ПАМЯТИ ОТСЧЕТОВ  
!ФОРМАТ ЗАПОМИНАНИЯ SINT  
!ФОРМАТ ВЫВОДА DREAL  
!СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ, ПРЕДЕЛ 10 В, ОТКРЫТЫЙ ВХОД  
!ЭФФ. ИНТЕРВАЛ 5 МКС, 200 ВЫБОРОК  
!ПЕРЕСЫЛКА ВЫБОРОК В БУФЕР КОНТРОЛЛЕРА  
!ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКИ  
!ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ  
!ЕСЛИ ПЕРЕГРУЗКА ОТСУТСТВУЕТ:  
!ОКРУГЛЕНИЕ ДО 5 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ  
!ПЕЧАТЬ КАЖДОЙ ВЫБОРКИ

## Пересылка выборок в контроллер

Когда выборки пересылаются непосредственно в контроллер, то необходимо использовать алгоритм для их переупорядочивания и получения комбинированного сигнала. Команда SSPARM? возвращает три параметра для этого алгоритма. Первый возвращаемый параметр - это число измеряемых пакетов, которые содержат по  $N$  выборок. Второй возвращаемый параметр - это число пакетов, которые содержат по  $N-1$  выборке. Третий возвращаемый параметр - это число  $N$ . Например, при субдискретизации сигнала 10 кГц и задании 22 выборок с эффективным интервалом (*effective\_interval*) 5 мкс мультиметр имеет 2 пакета, содержащих по 6 выборок, и 2 пакета, содержащих по 5 выборок. Каждый пакет задержан на 5 мкс относительно предыдущего пакета. SSPARM? возвращает следующие значения: 2, 2 и 6.

При субдискретизации максимальная частота дискретизации составляет 50000 выборок в секунду, независимо от установленного эффективного интервала (*effective\_interval*). Если установлен эффективный интервал более 20 мкс, то мультиметр переходит в режим прямой дискретизации, а не субдискретизации. Если выборки пересылаются непосредственно в контроллер (используя формат SINT, который имеет 2 байта на выборку), GPIB и контроллер должны обеспечивать пересылку данных с максимальной скоростью 100 килобайт в секунду. Иначе мультиметр генерирует ошибку TRIGGER TOO FAST (слишком быстрый запуск).

В следующей программе для дискретизации сигнала 10 кГц с амплитудой 5 В используется команда SSAC. Команда SWEEP заставляет мультиметр взять 1000 выборок (переменная Num\_samples) с эффективным интервалом 2 мкс (переменная Eff\_int). Измерение использует по умолчанию запуск по уровню для события источника синхронизации (запуск от входного сигнала, 0% от предела, закрытый вход, положительный склон). Стока 110 генерирует событие SYN и пересыпает выборки прямо в компьютер. Строки с 230 по 400 сортируют субдискретизированные данные для формирования комбинированного сигнала, который запоминается в массиве Wave\_form.

```

10OPTION BASE 1                                !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
220INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L           !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30Num_samples=1000                            !ЗАДАНИЕ ЧИСЛА ВЫБОРОК
40Eff_int=2.0E-6                             !ЗАДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИНТЕРВАЛА
50INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER            !СОЗДАНИЕ БУФЕРА ДЛЯ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
60ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples)      !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ОТСОРТИРОВАННЫХ ДАННЫХ
70ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)           !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ВЫБОРОК
80ASSIGN @Dvm TO 722                          !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)     !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
100OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSDC 10;SWEEP ";Eff_int,Num_samples
101!БЫСТРОДЕЙСТВ. РЕЖИМ, TARM SYN, УРОВЕНЬ И СКЛОН ПО УМОЛЧАНИЮ, СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ,
105!ФОРМАТ ВЫВОДА SINT, ПРЕДЕЛ 10 В, ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мкс, 1000 ВЫБОРОК
110TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT          !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ В МАССИВ ЦЕЛЫХ
111!ЧИСЕЛ; ПОСКОЛЬКУ ФОРМАТ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ КОМПЬЮТЕРА СОВПАДАЕТ С SINT, НИКАКОГО
115!ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ЗДЕСЬ НЕ ТРЕБУЕТСЯ (ТРЕБУЕТСЯ МАССИВ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ)
120OUTPUT @Dvm; "I SCALE?"                  !ЗАПРОС МАСШТАБН. КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
130ENTER @Dvm;S                            !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
140OUTPUT @Dvm; "SSPARM?"                 !ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
150ENTER @Dvm;N1,N2,N3                     !ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
160FOR I=1 TO Num_samples                  !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА
170 Samp(I)=Int_samp(I)                   !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
171 !ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ В ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ФОРМАТ (НЕОБХОДИМО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО
175 !ПЕРЕПОЛНЕНИЯ РАЗРЯДНОЙ СЕТКИ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ)
180 R=ABS(Samp(I))                       !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ
185                                         !ПРОВЕРКИ ПЕРЕГРУЗКИ
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"        !ЕСЛИ ПЕРЕГРУЗКА, ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
200 Samp(I)=Samp(I)*S                   !УМНОЖЕНИЕ ОТСЧЕТА НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)          !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
220NEXT I
225 !-----СОРТИРОВКА ВЫБОРОК-----
230Inc=N1+N2                            !СУММАРНОЕ ЧИСЛО ПАКЕТОВ
240K=1
250FOR I=1 TO N1
260 L=I
270 FOR J=1 TO N3
280 Wave_form(L)=Samp(K)
290 K=K+1
300 L=L+Inc
310 NEXT J
320NEXT I
330FOR I=N1+1 TO N1+N2
340 L=I
350 FOR J=1 TO N3-1
360 Wave_form(L)=Samp(K)
370 K=K+1
380 L=L+Inc
390 NEXT J
400NEXT I
410END

```

# Просмотр оцифрованных данных

Следующая программа отображает оцифрованные данные на экране монитора компьютера (данная программа использует субдискретизацию, а подпрограмма *Plot\_it* выполняет отображение графиков). Эта программа полезна при разработке других программ дискретизации (особенно субдискретизации), поскольку она позволяет наблюдать данные в процессе их сбора. Эта программа просто соединяет выборки (линейная интерполяция) и успешно исполняется в том случае, когда частота дискретизации больше частоты измеряемого сигнала, умноженной на 10. Если соотношение меньше, чем указано выше, то эта программа будет отображать входной сигнал некорректно. Рисунок 34 показывает типичный график, нарисованный этой программой.

## Примечание

Библиотека анализа формы сигнала (Waveform Analysis Library) для мультиметра 3458А (вариант комплектации 005) - это программное обеспечение, разработанное для захвата и обработки дискретизированных данных. Она состоит из подпрограмм которые инициализируют систему, собирают данные, сравнивают данные, рассчитывают параметры по результатам, выполняют преобразование Фурье по результатам и строят графики. Для получения дополнительной информации следует обращаться в местное торговое представительство компании Agilent.

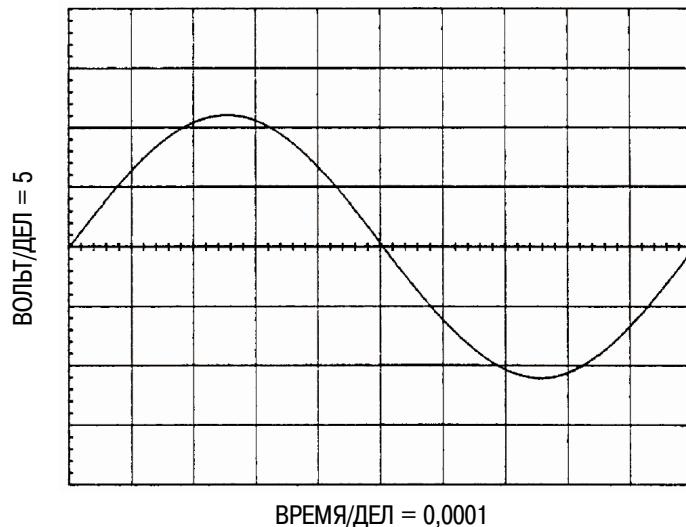


Рисунок 34 - Типичный график измеренного сигнала

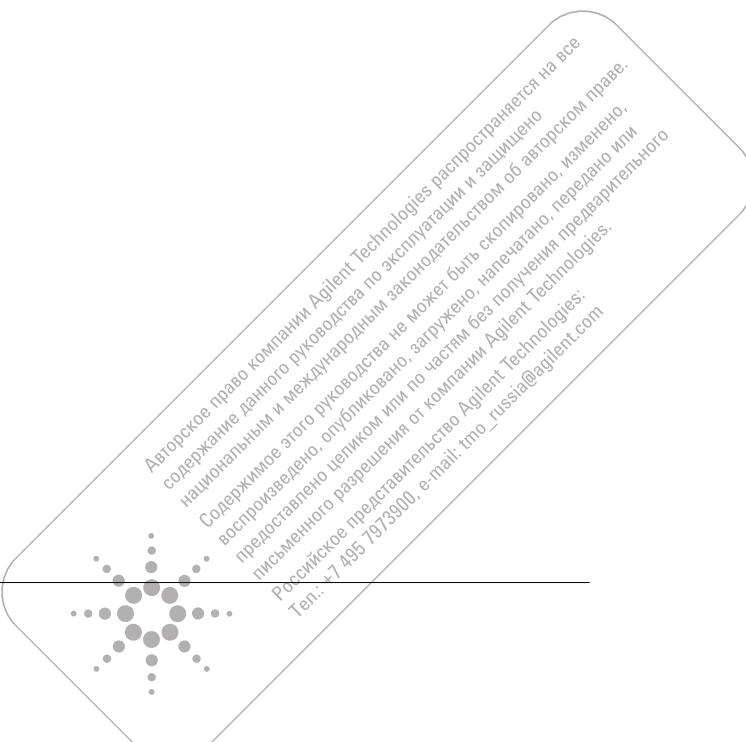
```
10OPTION BASE 1                      !НУМЕРАЦИЯ МАССИВА НАЧИНАЕТСЯ С 1
220INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L    !ОБЪЯВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ
30INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER       !СОЗДАНИЕ БУФЕРА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
40ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ СОРТИРУЕМЫХ ДАННЫХ
50ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)      !СОЗДАНИЕ МАССИВА ДЛЯ ВЫБОРОК
60Num_samples=1000                      !ЗАДАНИЕ ЧИСЛА ВЫБОРОК
70Eff_int=2.0E-6                        !ЗАДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИНТЕРВАЛА
80ASSIGN @Dvm TO 722                   !НАЗНАЧЕНИЕ АДРЕСА МУЛЬТИМЕТРА
90ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !НАЗНАЧЕНИЕ ИМЕНИ ПУТИ ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ БУФЕРА
100OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;SSDC 10;SWEEP ";Eff_int, Num_samples
```

```

101!БЫСТРОДЕЙСТВ. РЕЖИМ, TARM SYN, СУБДИСКРЕТИЗАЦИЯ (ФОРМАТ ВЫВОДА SINT), ПРЕДЕЛ 10 В
102!ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНТЕРВАЛ 2 мкс, 1000 ВЫБОРОК
110TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT      !СОБЫТИЕ SYN, ПЕРЕСЫЛКА ОТСЧЕТОВ
120OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"                !ЗАПРОС МАСШТАБН. КОЭФФИЦИНГА ДЛЯ ФОРМАТА SINT
130ENTER @Dvm;S                         !ВВОД МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
140OUTPUT @Dvm;"SSPAREM?"              !ЗАПРОС ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
150ENTER @Dvm;N1,N2,N3                  !ВВОД ПАРАМЕТРОВ СУБДИСКРЕТИЗАЦИИ
160FOR I=1 TO Num_samples
170 Samp(I)=Int_samp(I)                 !ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КАЖДОГО ОТСЧЕТА ИЗ ФОРМАТА
171 !ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ В ВЕЩЕСТВЕННЫЙ ФОРМАТ (НЕОБХОДИМО ВО ИЗБЕЖАНИЕ ВОЗМОЖНОГО
175 !ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННОЙ РАЗРЯДНОЙ СЕТКИ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРОКЕ
180 R=ABS(Samp(I))                     !ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБС. ЗНАЧ. ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПЕРЕГРУЗКИ
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"     !ЕСЛИ ПЕРЕГРУЗКА, ПЕЧАТЬ СООБЩЕНИЯ О ПЕРЕГРУЗКЕ
200 Samp(I)=Samp(I)*S                 !УМНОЖЕНИЕ ПОКАЗАНИЯ НА МАСШТАБНЫЙ КОЭФФ-Т
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)        !ОКРУГЛЕНИЕ ДО 4 ДЕСЯТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ
220NEXT I
230Inc=N1+N2                          !Inc = СУММАРНОЕ ЧИСЛО ПАКЕТОВ
240K=1                                !СОРТИРОВКА ВЫБОРОК
250FOR I=1 TO N1
260 L=I
270 FOR J=1 TO N3
280 Wave_form(L)=Samp(K)
290 K=K+1
300 L=L+Inc
310 NEXT J
320NEXT I
330FOR I=N1+1 TO N1+N2
340 L=I
350 FOR J=1 TO N3-1
360 Wave_form(L)=Samp(K)
370 K=K+1
380 L=L+Inc
390 NEXT J
400NEXT I
410DISP                               !ОЧИСТКА ЭКРАНА КОНТРОЛЛЕРА
420Time_div=1.0E-5                   !ВРЕМЯ НА ДЕЛЕНИЕ ДЛЯ ГРАФИКА
430Volts_div=5                       !ВОЛЬТ НА ДЕЛЕНИЕ ДЛЯ ГРАФИКА
440Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Eff_int)
450END
460SUB Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Time_base)
470DIM X_axis$[80],Y_axis$[80]
480GINIT
490GRAPHICS ON
500RAD
510MOVE 35,10
520LDIR 0
530X_axis$="TIME/DIV = "&VAL$(Time_div)
540LABEL X_axis$
550MOVE 15,35
560LDIR PI/2
570Y_axis$="VOLTS/DIV = "&VAL$(Volts_div)
580LABEL Y_axis$
590 VIEWPORT 20,110,20,90
600WINDOW 0,10*Time_div,-4*Volts_div,4*Volts_div
610AXES Time_div/5,Volts_div/5,0,0,1,1,1
620GRID Time_div,Volts_div
630Wave_x=0
640MOVE Wave_x,Wave_form(BASE(Wave_form,1))
650FOR Wave_y=BASE(Wave_form,1)+1 TO SIZE(Wave_form,1)-1+BASE (Wave_form,1)

```

```
660 Wave_x=Wave_x+Time_base  
670 DRAW Wave_x, Wave_form(Wave_y)  
680NEXT Wave_y  
690IF Wave_x>10*Time_div THEN DISP "More samples taken than displayed"  
700SUBEND
```



Данный раздел (стр. 149 - 258) доступен только в англоязычном варианте руководства. См. “Agilent Technologies 3458A Multimeter. User’s Guide”



Данный раздел (стр. 259 - 280) доступен только в англоязычном варианте руководства. См. “Agilent Technologies 3458A Multimeter. User’s Guide”



Введение .....	283
Напряжение постоянного тока .....	284
Сопротивление .....	285
Постоянный ток .....	287
Напряжение переменного тока .....	288
Переменный ток .....	293
Частота и период .....	294
Технические характеристики	
дискретизации .....	295
Системные технические	
характеристики .....	297
Отношение .....	298
Математические операции .....	298
Общие технические характеристики ..	299



## Введение

Принято, что погрешность измерения напряжения постоянного тока, сопротивления и постоянного тока мультиметра 3458А выражается в миллионных долях ( $10^{-6}$ ) от показания плюс миллионных долях ( $10^{-6}$ ) от предела измерения. При измерении напряжения переменного тока или переменного тока погрешность определяется как процент от показания плюс процент от предела измерения. Предел означает название шкалы, на которой производятся измерения, например, 1 В, 10 В и так далее. Понятие предела не соответствует показаниям полной шкалы, которые для указанных выше пределов имеют значения 1,2 В, 12 В и так далее. Указанные значения погрешностей действительны в течение строго ограниченного времени после проведения последней калибровки мультиметра.

## Абсолютная и относительная погрешности измерения

Все значения погрешности измерения 3458А определяются относительно калибровочных мер. Абсолютная погрешность измерения 3458А определяется суммированием этих значений его относительной погрешности измерения с погрешностью переноса калибровочной меры от первичного эталона. Погрешность  $2 \times 10^{-6}$  при измерении напряжения постоянного тока - это погрешность переноса меры от первичного эталона в заводских условиях компании Agilent. Это означает, что по отношению к эталону Национального института стандартов и технологий США абсолютная погрешность мультиметра составляет  $2 \times 10^{-6}$  плюс значения погрешностей, указанные в его точностных характеристиках для измерения напряжения постоянного тока. Если пользователь решит провести калибровку мультиметра самостоятельно, то внесенная им погрешность переноса меры от эталона будет целиком зависеть от составляющих погрешности используемых им калибровочных мер. Эти погрешности будут, вероятно, отличаться от погрешности  $2 \times 10^{-6}$ , заявляемой компанией Agilent.

### Пример 1: Определение относительной погрешности. В течении 24 часов рабочая температура составляет $T_{cal} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Пусть температура окружающей среды при проведении измерений равна температуре, при которой проводилась калибровка мультиметра ( $T_{cal}$ ), изменяясь в пределах  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Точные характеристики в течении 24 часов работы при измерении напряжения постоянного тока 10 В составят  $0,5 \times 10^{-6} \pm 0,05 \times 10^{-6}$ . Полная запись имеет вид:

$\pm 0,5 \times 10^{-6}$  от показания  $\pm 0,05 \times 10^{-6}$  от предела

Для относительной погрешности ошибка измерения имеет вид:

$(0,5/1000000 \times 10 \text{ В}) + (0,05/1000000 \times 10 \text{ В}) = \pm 5,5 \text{ мкВ}$  или  $\pm 0,55 \times 10^{-6}$  относительно результата измерения 10 В

## Ошибки, вызываемые изменением температуры

Оптимальные технические характеристики мультиметра поддерживаются выполнением автокалибровки в течение предшествующих 24 часов работы прибора и в дальнейшем, при изменениях температуры окружающей среды не превышающих  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Способность мультиметра выполнять автокалибровку позволяет выполнять коррекцию ошибок, вызванных дрейфом характеристик критических элементов его схемы во времени и изменением температуры окружающей среды. Следующие примеры поясняют коррекцию ошибки, выполняемую с помощью автокалибровки, путем вычисления относительной ошибки измерения 3458А при различных значениях температуры окружающей среды. Во всех примерах соблюдаются следующие постоянные условия:

**Входное напряжение постоянного тока: 10 В**

**Предел: 10 В постоянного тока**

**Температура калибровки: 23 °C**

**Точные характеристики за 90 суток**

### Пример 2: Рабочая температура 28 °C

#### При использовании автокалибровки

В этом примере показано значение основной погрешности 3458А при выполнении автокалибровки для рабочей температуры 28 °C. Результаты округляются до двух разрядов.

$(4,1 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,05 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 42 \text{ мкВ}$

**Суммарн. относительная погрешность = 42 мкВ**

### Пример 3: Рабочая температура 38 °C

#### Без автокалибровки

Рабочая температура 3458А составляет 38 °C, что на  $14^{\circ}\text{C}$  выше диапазона  $T_{cal} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . При этом возникает дополнительная погрешность, поскольку добавляется температурный коэффициент, вызванный отсутствием автокалибровки.

$(4,1 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,05 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 42 \text{ мкВ}$

Погрешность, вызванная температурным коэффициентом (его значение приводится на 1 °C) составляет:

$(0,5 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В} + 0,01 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) \times 14^{\circ}\text{C} = 71 \text{ мкВ}$

**Суммарная погрешность = 113 мкВ**

### Пример 4: Рабочая температура 38 °C

#### При использовании автокалибровки

Пусть условия те же, что и в примере 3, но используется автокалибровка. При этом можно значительно снизить составляющую погрешности, вызванную отличием рабочей температуры от температуры калибровки.

Рабочая температура на  $10^{\circ}\text{C}$  выше стандартного диапазона  $T_{cal} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

$(4,1 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,05 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 42 \text{ мкВ}$

Погрешность, вызванная температурным коэффициентом (его значение приводится на 1 °C) составляет:

$(0,15 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В} + 0,01 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) \times 10^{\circ}\text{C} = 16 \text{ мкВ}$

**Суммарная погрешность = 58 мкВ**

## Пример 5: Абсолютная погрешность за 90 суток

Пусть условия те же, что и в примере 4. Добавим погрешность переноса меры эталона, чтобы определить абсолютную погрешность результата измерения:

$(4,1 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,05 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 42 \text{ мкВ}$

Погрешность, вызванная температурным коэффициентом (его значение приводится на 1 °C) составляет:

$(0,15 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В} + 0,01 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) \times 10^{\circ}\text{C} = 16 \text{ мкВ}$

Погрешность переноса меры в заводских условиях компании Agilent составляет  $2 \times 10^{-6}$

$(2 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 20 \text{ мкВ}$

**Суммарная абсолютная погрешность = 78 мкВ**

## Дополнительные погрешности

При работе мультиметра 3458А с временем интегрирования менее 100 периодов напряжения сети питания (PLC) возможно появление дополнительных значительных погрешностей, вызванных шумом и коэффициентом усиления. В примере 6 показана коррекция погрешности при времени интегрирования 0,1 PLC.

### Пример 6: Рабочая температура 28 °C, время интегрирования 0,1 PLC

Пусть условия те же, что и в примере 2, но добавим дополнительные погрешности.

$(4,1 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,05 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) = 42 \text{ мкВ}$

**Суммарн. относительная погрешность = 42 мкВ**

Обратимся к графику дополнительных погрешностей и таблице множителей СКЗ шума. Вычислим дополнительную составляющую погрешности для времени интегрирования 0,1 PLC:

$(2 \times 10^{-6} \times 10 \text{ В}) + (0,4 \times 10^{-6} \times 1 \times 3 \times 10 \text{ В}) = 32 \text{ мкВ}$

**Суммарная относит. погрешность = 74 мкВ**

# 1. Напряжение постоянного тока

## Напряжение постоянного тока

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Входное сопротивление	Температурный коэффициент ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)/°C	
				Без автокалибровки <sup>1</sup>	С автокалибровкой <sup>2</sup>
100 мВ	120,00000	10 нВ	>10 ГОм	1,2 + 1	0,15 + 1
1 В	1,20000000	10 нВ	>10 ГОм	1,2 + 0,1	0,15 + 0,1
10 В	12,0000000	100 нВ	>10 ГОм	0,5 + 0,01	0,15 + 0,01
100 В	120,00000	1 мкВ	10 М ±1%	2 + 0,4	0,15 + 0,1
1000 В	1050,00000	10 мкВ	10 М ±1%	2 + 0,04	0,15 + 0,01

## Погрешность $3 \times (10^{-6}$ от показания ( $10^{-6}$ от показания для варианта 002) + $10^{-6}$ от предела)

Предел	24 часа <sup>4</sup>	90 суток <sup>5</sup>	1 год <sup>5</sup>	2 года <sup>5</sup>
100 мВ	2,5 + 3	5,0 (3,5)+ 3	9 (5)+ 3	14 (10)+ 3
1 В	1,5 + 0,3	4,6 (3,1)+0,3	8 (4)+ 0,3	14 (10)+0,3
10 В	0,5 + 0,05	4,1 (2,6)+ 0,05	8 (4) + 0,05	14 (10)+0,05
100 В	2,5 + 0,3	6,0 (4,5)+ 0,3	10 (6)+0,3	14 (10)+ 0,3
1000 В <sup>6</sup>	2,5 + 0,1	6,0 (4,5)+ 0,1	10 (6)+ 0,1	14 (10)+ 0,1

## Погрешность передачи размера единицы от эталона/линейность

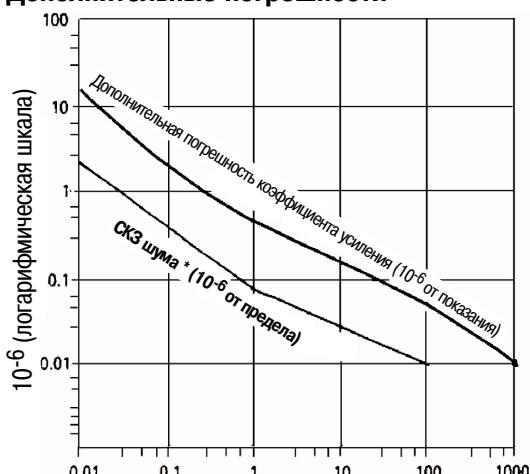
Предел	10 мин, Tref ±0,5 °C ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)	Условия
100 мВ	0,5 + 0,5	• По истечении времени установления рабочего режима, равного 4 часам. От значения полной шкалы до значений 10% от полной шкалы
1 В	0,3 + 0,1	• Измерения на пределе 1000 В находятся в пределах 5% значений от начального результата измерения и выполняются после завершения времени установления.
10 В	0,05 + 0,05	• Tref - начальная температура окружающей среды
100 В	0,5 + 0,1	• Измерения выполняются на фиксированном пределе (>4 минут) с использованием общепринятых метрологических методик
1000 В	1,5 + 0,05	

## Характеристики с учетом времени установления

К нормированной погрешности 0,0001% необходимо добавить погрешность первого отсчета, либо погрешность первого отсчета после переключения на новый предел, вызванную ступенчатым изменением входного напряжения.

На время установления отсчета могут влиять импеданс источника входного сигнала и диэлектрические потери в измерительном проводнике.

## Дополнительные погрешности



Время интегрирования в периодах напряжения сети питания (NPLC, логарифмическая шкала)

## Подавление шума (дБ)<sup>7</sup>

Подавление помехи нормального вида при измерении напряжения переменного тока (AC NMR) <sup>8</sup>	Подавление помехи общего вида при измерении напряжения переменного тока (AC ECMR)	Подавление помехи общего вида при измерении напряжения постоянного тока (DC ECMR)
NPLC<1	0	90
NPLC>1	60	150
NPLC > 10	60	150
NPLC > 100	60	160
NPLC = 1000	75	170

## \* СКЗ шума

Предел	Множитель
0,1 В	x20
1 В	x2
10 В	x1
100 В	x2
1000 В	x1

Для вычисления погрешности СКЗ шума нужно умножить результат, полученный для дополнительных погрешностей из графика СКЗ шума, на множитель из этой таблицы. Для вычисления погрешности пикового значения шума нужно умножить полученный результат погрешности СКЗ шума на 3.

1. Дополнительная погрешность от Tcal или последней автокалибровки ±1 °C.

2. Дополнительная погрешность от Tcal ±5 °C.

3. Характеристики приведены для команды PRESET, NPLC 100.

4. На фиксированном пределе (>4 мин.), включена математическая операция коррекции уровня нуля (MATH NULL), Tcal ± 1 °C.

5. Данные характеристики для 90 суток, 1 года и 2 лет нормируются в пределах 24 часов и при отклонении температуры в пределах ±1 °C от температуры последней калибровки; Tcal ± 5 °C, включена математическая операция коррекции уровня нуля (MATH NULL) и предел измерения - фиксированный.

Значения в круглых скобках ( $10^{-6}$  от показания) - для варианта комплектации с повышенной стабильностью (вариант 002)

При выполнении операции MATH NULL прибавить  $0,15 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 10 В),  $0,7 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 1 В) и  $7 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 0,1В). Кроме того, если время измерения на фиксированном пределе <4 минут, необходимо добавить:  $0,25 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 10 В),  $1,7 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 1 В) и  $17 \times 10^{-6}$  от предела (на пределе 0,1В).

Для учета погрешности переноса меры первого эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent необходимо добавить  $2 \times 10^{-6}$  от показания.

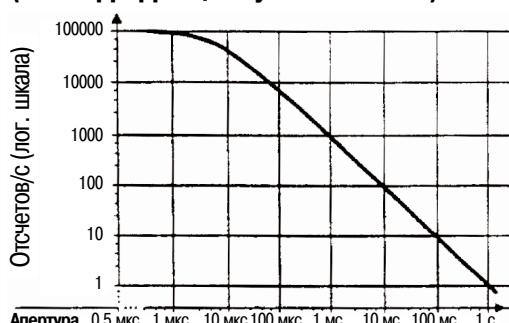
Погрешность переноса меры является абсолютной погрешностью относительно национальных стандартов и связана с характеристиками меры, использованной при последней внешней калибровке.

6. Для значений входных напряжений > 100 В прибавить дополнительную погрешность, вычисляемую по формуле:  $12 \times 10^{-6} \times (V_{in}/1000)^2$ .

7. Применяется при разбалансе 1 кОм в проводнике LO при изменении частоты сети питания в пределах ±0,1% и при текущей установке LFREQ.

8. При изменении частоты сети питания в пределах ±1% и времени интегрирования NPLC ≥ 1 значение ACNMR составит 40 дБ, а при времени интегрирования NPLC ≥ 100. При изменении частоты сети питания в пределах ±5% и времени интегрирования NPLC ≥ 100 значение ACNMR составит 30 дБ.

**Скорость взятия отсчетов  
(автокоррекция нуля выключена)**



NPLC	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10	100
Число разрядов	4 1/2	5 1/2	6 1/2	7 1/2	8 1/2	-	-

Время интегрирования (логарифмическая шкала)

**Температурный коэффициент (при выключенном автокоррекции нуля)**

Для стабилизированной в пределах  $\pm 10$  °C температуры окружающей среды необходимо учесть в соответствии с таблицей дополнительную составляющую погрешности измерения, если автокоррекция нуля выключена (AZERO OFF)

Предел	Погрешность
100 мВ–10 В	5 мкВ/°C
100 В–1000 В	500 мкВ/°C

**Выборочные значения скорости взятия отсчетов 1**

NPLC	Апертурное время	Число десятичн. разрядов	Число двоичных разрядов	Отсчетов/с	
				Автокоррекция нуля Выкл	Автокоррекция нуля Вкл.
0,0001	1,4 мкс	4,5	16	100000 <sup>3</sup>	4130
0,0006	10 мкс	5,5	18	50000	3150
0,01	167 мкс <sup>2</sup>	6,5	21	5300	930
0,1	1,67 мс <sup>2</sup>	6,5	21	592	245
1	16,6 мс <sup>2</sup>	7,5	25	60	29,4
10	0,166 с <sup>2</sup>	8,5	28	6	3
100		8,5	28	36/мин	18/мин
1000		8,5	28	3,6/мин	1,8/мин

**Максимальные значения входного сигнала**

Входные клеммы	Номинальные значения входного сигнала	Предельные значения
HI относительно LO	$\pm 1000$ В пик.	$\pm 1200$ В пик.
LO относительно Guard <sup>4</sup>	$\pm 200$ В пик.	$\pm 350$ В пик.
Guard относительно Earth <sup>5</sup>	$\pm 500$ В пик.	$\pm 1000$ В пик.

Входные клеммы

Материал входных клемм - позолоченный теллуриевомедный сплав  
Ток утечки входа <10 пА при 25 °C

## 2. Сопротивление

### 2- и 4-проводные схемы измерения сопротивления (функции OHM и OHMF)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Измерительный источник тока <sup>6</sup>	Измерительное напряжение	Напряжение при разомкнутой измерительной цепи	Макс. сопротивление измерительных проводников	Макс. последовательное напряжение смещения (OCOMP ON)	Температурный коэффициент ( $10^{-6}$ от показания + $+10^{-6}$ от предела)/°C	Без автокалибровки <sup>7</sup>	С автокалибровкой <sup>8</sup>
10 Ом	12,00000	10 мкОм	10 мА	0,1 В	12 В	20 Ом	0,01 В	3+1	1+1	
100 Ом	120,00000	10 мкОм	1 мА	0,1 В	12 В	200 Ом	0,01 В	3+1	1+1	
1 кОм	1,2000000	100 мкОм	1 мА	1,0 В	12 В	150 Ом	0,1 В	3+0,1	1+0,1	
10 кОм	12,000000	1 мОм	100 мкА	1,0 В	12 В	1,5 кОм	0,1 В	3+0,1	1+0,1	
100 кОм	120,00000	10 мОм	50 мкА	5,0 В	12 В	1,5 кОм	0,5 В	3+0,1	1+0,1	
1 МОм	1,2000000	100 мОм	5 мкА	5,0 В	12 В	1,5 кОм	3+1	1+1		
10 МОм	12,000000	1 Ом	500 нА	5,0 В	12 В	1,5 кОм		20+20	5+2	
100 МОм <sup>9</sup>	120,00000	10 Ом	500 нА	5,0 В	5 В	1,5 кОм		100+20	25+2	
1 ГОм <sup>7</sup>	1,2000000	100 Ом	500 нА	5,0 В	5 В	1,5 кОм		1000+20	250+2	

1. Для команд PRESET; DELAY 0; DISP OFF; OFORMAT DINT; ARANGE OFF.

2. Апертурное время выбирается независимо от напряжения сети (LFREQ). Приведенные значения апертуры соответствуют NPLC для частоты сети 60 Гц.  
1 NPLC = 1/LFREQ. Для частоты сети 50 Гц и приведенных в таблице значениях NPLC апертурное время увеличивается в 1,2 раза, а скорость взятия отсчетов уменьшится в 0,833 раза.

3. Для формата вывода SINT.

4. Низкотенциальный зажим (LO) относительно экрана (Guard)  $>10^{10}$  Ом. Экран отключен от корпуса прибора.

5. Экран относительно корпуса  $>10^{12}$  Ом.

6. Абсолютная погрешность источника тока составляет  $\pm 3\%$

7. Дополнительная погрешность при отклонении от температуры калибровки  $T_{cal} \pm 1$  °C или от температуры последней автокалибровки (ACAL)  $\pm 1$  °C.

8. Дополнительная погрешность при отклонении от температуры калибровки  $T_{cal} \pm 5$  °C.

9. При вычислении результата измерения производится учет параллельного шунта 10 МОм на входе.

## 2 Погрешность $1 \cdot 10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)

Предел	24 часа <sup>4</sup>	90 суток <sup>5</sup>	1 год <sup>5</sup>	2 года <sup>5</sup>
<b>10 Ом</b>	5+3	15+5	15+5	20+10
<b>100 Ом</b>	3+3	10+5	12+5	20+10
<b>1 кОм</b>	2+0,2	8+0,5	10+0,5	15+1
<b>10 кОм</b>	2+0,2	8+0,5	10+0,5	15+1
<b>100 кОм</b>	2+0,2	8+0,5	10+0,5	15+1
<b>1 МОм</b>	10+1	12+2	15+2	20+4
<b>10 МОм</b>	50+5	50+10	50+10	75+10
<b>100 МОм</b>	500+10	500+10	500+10	0,1%+10
<b>1 ГОм</b>	0,5%+10	0,5%+10	0,5%+10	1%+10

## Погрешность при измерении сопротивлений по 2-проводной схеме

Для нормирования погрешности измерения сопротивлений по 2-проводной схеме (ОНМ), достаточно прибавить к значениям погрешности измерения сопротивлений по четырехпроводной схеме (ОНМФ) следующие поправки: за 24 часа - 0,05 Ом; за 90 суток - 0,15 Ом; за 1 год - 0,25 Ом; за 2 года - 0,5 Ом.

## **Дополнительные погрешности**



Выборочные значения скорости взятия отсчетов 4

NPLC	Апертурное время	Число десятичн. разрядов	Отсчетов/с	
			Автокоррекция нуля	
			Выкл	Вкл.
<b>0,0001</b>	1,4 мкс	4,5	100000 <sup>7</sup>	4130
<b>0,0006</b>	10 мкс	5,5	50000	3150
<b>0,01</b>	167 мкс <sup>6</sup>	6,5	5300	930
<b>0,1</b>	1,67 мс <sup>6</sup>	6,5	592	245
<b>1</b>	16,6 мс <sup>6</sup>	7,5	60	29,4
<b>10</b>	0,166 с <sup>6</sup>	7,5	6	3
<b>100</b>		7,5	36/мин	18/мин

## **Некоторые замечания по проведению измерений**

Компания Agilent рекомендует при проведении измерений сопротивления использовать телефонный кабель, либо кабель на основе материалов с высоким удельным сопротивлением и малыми диэлектрическими потерями.

#### Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Номинальные значения входного сигнала	Предельные значения
<b>HI относительно LO</b>	±1000 В пик.	±1000 В пик.
<b>HI и LO Sense относительно LO</b>	±200 В пик.	±350 В пик.
<b>LO относительно Guard</b>	±200 В пик.	±350 В пик.
<b>Guard относительно Earth</b>	±500 В пик.	±1000 В пик.

## Температурный коэффициент (при выключенной автокоррекции нуля)

Для стабилизированной в пределах  $\pm 1$  °C температуры окружающей среды необходимо учесть дополнительные составляющие погрешности в соответствии с таблицей (10<sup>-6</sup> от предела)/ °C

дополнительную составляющую погрешности в соответствии с таблицей (10 <sup>-3</sup> от предела)			
Предел	Погрешность	Предел	Погрешность
10 Ом	50	1 МОм	1
100 Ом	50	10 МОм	1
1 кОм	5	100 МОм	10
10 кОм	5	1 ГОм	100
100 кОм	1		

- Значения соответствуют установкам мультиметра PRESET; NPLC 100; OCOMP ON; OHMF.
  - Температура калибровки  $T_{cal} \pm 1$  °C.
  - Характеристики за 90 суток, 1 год и 2 года нормируются в пределах 24 часов работы прибора и при отклонении температуры в пределах  $\pm 10$  °C от температуры последней калибровки;  $T_{cal} \pm 5$  °C.  
При необходимости учета дополнительной погрешности, связанной с погрешностью переноса меры 10 kΩм (эталон в заводских условиях компании Agilent относительно эталона NIST США), необходимо добавить  $3 \times 10^{-6}$  от показания. Погрешность переноса меры является абсолютной погрешностью относительно национальных эталонов и связана с характеристиками меры, использованной при последней внешней калибровке.
  - Значения соответствуют установкам мультиметра PRESET; DELAY 0; DISP OFF; OFORMAT DINT; ARANGE OFF.  
Для установки OHMF или OCOMP ON максимальное значение скорости взятия отсчетов будет ниже.
  - Измерение сопротивления при времени интегрирования NPLC < 1 сопровождается увеличением шума, вызванного наводками. Для получения необходимой точности измерений следует обеспечить надлежащее экранирование и заземление.
  - Апertureное время выбирается независимо от частоты напряжения сети (LFREQ). Приведенные значения апертуры соответствуют NPLC для частоты сети 60 Гц, когда  $1 \text{ NPLC} = 1/\text{LFREQ}$ . Для частоты сети 50 Гц и приведенных в таблице значениях NPLC апertureное время увеличится в 1,2 раза, а скорость взятия отсчетов уменьшится в 0,833 раза.
  - Для формата вывода SINT (OFORMAT SINT).

\* Тefлон является товарным знаком компании E. I. duPont deNemours and Co.

### 3. Постоянный ток

#### Постоянный ток (функция DCI)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Сопротивление шунта	Напряжение на нагрузке (шунте)	Температурный коэффициент	
					( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела) / °C	Без автокалибровки <sup>1</sup>
100 пА	120,000	1 пА	545,2 кОм	0,055 В	10+200	2+50
1 мкА	1,200000	1 пА	45,2 кОм	0,045 В	2+20	2+5
10 мкА	12,000000	1 пА	5,2 кОм	0,055 В	10+4	2+1
100 мкА	120,00000	10 пА	730 Ом	0,075 В	10+3	2+1
1 мА	1,2000000	100 пА	100 Ом	0,100 В	10+2	2+1
10 мА	12,0000000	1 нА	10 Ом	0,100 В	10+2	2+1
100 мА	120,000000	10 нА	1 Ом	0,250 В	25+2	2+1
1 А	1,0500000	100 нА	0,1 Ом	<1,5 В	25+3	2+2

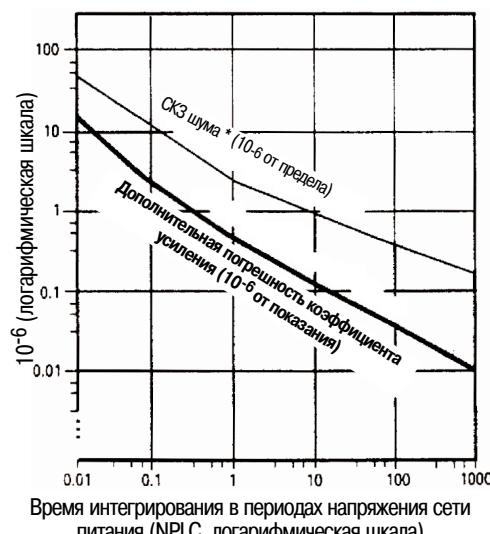
#### Погрешность <sup>3</sup> ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)

Предел	24 часа <sup>4</sup>	90 суток <sup>5</sup>	1 год <sup>5</sup>	2 года <sup>5</sup>
100 нА <sup>6</sup>	10+400	30+400	30+400	35+400
1 нА <sup>6</sup>	10+40	15+40	20+40	25+40
10 мкА <sup>6</sup>	10+7	15+10	20+10	25+10
100 мкА <sup>6</sup>	10+6	15+8	20+8	25+8
1 мА	10+4	15+5	20+5	25+5
10 мА	10+4	15+5	20+5	25+5
100 мА	25+4	30+5	35+5	40+5
1 А	100+10	100+10	110+10	115+10

#### Характеристики с учетом времени установления

К погрешности первого отсчета, либо погрешности первого отсчета после переключения на новый предел необходимо добавить дополнительную погрешность 0,001%, вызванную ступенчатым изменением входного тока. На время установления могут влиять импеданс источника входного сигнала и диэлектрические потери в измерительных проводниках.

#### Дополнительные погрешности



Время интегрирования в периодах напряжения сети питания (NPLC, логарифмическая шкала)

#### Некоторые замечания по проведению измерений

Компании Agilent рекомендуют при проведении измерений слабых токов использовать тефлоновый кабель, либо кабель на основе материалов с высоким удельным сопротивлением и низкими диэлектрическими потерями. Измерение тока при времени интегрирования NPLC < 1 сопровождается увеличением шума, вызванного наводками. Для поддержания необходимой точности измерений нужно обеспечить надлежащее экранирование и заземление.

#### Выборочные значения скорости взятия отсчетов <sup>7</sup>

NPLC	Апертурное время	Число десятичн. разрядов	Отсчетов/с
0,0001	1,4 мкс	4,5	2300
0,0006	10 мкс	5,5	1350
0,01	167 мкс <sup>8</sup>	6,5	157
0,1	1,67 мс <sup>8</sup>	6,5	108
1	16,6 мс <sup>8</sup>	7,5	26
10	0,166 с <sup>8</sup>	7,5	3
100	-	7,5	18/мин

#### Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Ном. значения	Пред. значения
I относительно LO	$\pm 1,5$ А пик.	$<1,25$ А СКЗ
LO относительно Guard	$\pm 200$ В пик.	$\pm 350$ В пик.
Guard относительно Earth	$\pm 500$ В пик.	$\pm 1000$ В пик.

#### \* СКЗ шума

Предел	Множитель	Для вычисления погрешности СКЗ шума нужно умножить результат, полученный для дополнительных погрешностей из графика СКЗ шума, на множитель из этой таблицы. Для вычисления погрешности пикового значения шума нужно умножить полученный результат погрешности СКЗ шума на 3.
100 нА	x100	
1 мкА	x10	
1 мкА до 1 А	x1	

1. Дополнительная погрешность от  $T_{cal}$  или последней автокалибровки  $\pm 1$  °C.

2. Дополнительная погрешность от  $T_{cal} \pm 5$  °C

3. Характеристики приводятся после выполнения команды preset и для времени интегрирования NPLC = 100.

4. При изменении температуры в пределах  $T_{cal} \pm 1$  °C.

5. Данные характеристики для 90 суток, 1 года и 2 лет нормируются в пределах 24 часов работы прибора и при отклонении температуры в пределах  $\pm 1$  °C от температуры последней автокалибровки;  $T_{cal} \pm 5$  °C.

Для учета погрешности переноса меры первичного эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent необходимо добавить  $5 \times 10^{-6}$  от показания. Погрешность переноса меры представляет собой сумму погрешностей переноса мер 10 В и 10 кОм.

6. Типовое значение.

7. Значения соответствуют установкам мультиметра PRESET; DELAY 0; DISP OFF; OFORMAT DINT; RANGE OFF.

8. Апертурное время выбирается независимо от частоты напряжения сети (LREQ). Приведенные значения апертуры соответствуют NPLC для частоты сети 60 Гц. 1 NPLC = 1/LREQ. Для частоты сети 50 Гц и приведенных в таблице значений NPLC апертурное время увеличивается в 1,2 раза, а скорость взятия отсчетов уменьшается в 0,833 раза.

## 4. Напряжение переменного тока

### Общие сведения

Мультиметр 3458А поддерживает три метода измерения истинного СКЗ напряжения переменного тока, причем каждый из этих методов обеспечивает уникальные возможности измерения. Нужный метод устанавливается с помощью команды SETACV. Для установленного метода измерения затем задаются функции измерения напряжения переменного тока.

В следующем разделе приводится краткое описание этих трех методов, что наряду со сводной таблицей является весьма полезным руководством для выбора метода измерения, который наилучшим образом подходит для конкретного применения.

#### SETACV SYNC

Метод синхронных выборок (субдискретизация).

Этот метод определения истинного СКЗ напряжения переменного тока обеспечивает превосходную линейность и самые точные результаты измерения. В этом случае требуется, чтобы входной сигнал был повторяющимся (например, не случайный шум). Полоса сигнала при использовании этого метода измерения находится в пределах от 1 Гц до 10 МГц.

#### SETACV ANA

Метод аналогового преобразования сигнала в СКЗ.

Этот метод измерения устанавливается по умолчанию при включении питания, либо после очистки прибора. Данный метод хорошо работает при любой форме сигнала в пределах полосы частот от 10 Гц до 2 МГц и обеспечивает самые высокие скорости измерения.

#### SETACV RNDM

Преобразование на основе метода случайных выборок.

Этот метод также обеспечивает превосходную линейность; однако, суммарная погрешность измерения в этом случае является самой высокой среди рассматриваемых способов. Метод не требует периодического входного сигнала и по этой причине пригоден для измерений шума в широкой полосе частот. Полоса частот сигнала для этого метода находится в пределах от 20 Гц до 10 Мгц.

### Таблица выбора метода измерения

Метод	Диапазон частот	Наименьшая погрешность измерения	Требование периодичности сигнала	Отсчетов/сек.	
				Миним.	Максим.
Метод синхронных выборок	от 1 Гц до 10 МГц	0,010%	Да	0,025	10
Метод аналогового преобразования	от 10 Гц до 2 МГц	0,03%	Нет	0,8	50
Метод случайных выборок	от 20 Гц до 10 МГц	0,1%	Нет	0,025	45

#### Метод синхронных выборок (субдискретизация) (функция ACV, SETACV SYNC)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Входной импеданс	Температурный коэффициент <sup>1</sup> ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)/°C
10 мВ	12,00000	10 нВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,003 + 0,02
100 мВ	120,00000	10 нВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,0025 + 0,0001 <sup>2</sup>
1 В	1,20000000	100 нВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,0025 + 0,0001
10 В	12,0000000	100 нВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,0025 + 0,0001
100 В	120,000000	1 мкВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,0025 + 0,0001
1000 В	700,00000	10 мкВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,0025 + 0,0001

#### Погрешность измерения напряжения переменного тока <sup>2</sup>

за периоды от 24 часов до 2 лет (% от показания + % от предела)

Предел	Диапазон частот ACBAND ≤ 2 МГц							
	от 1 Гц до <sup>3</sup> 40 Гц	от 40 Гц до <sup>3</sup> 1 кГц	от 1 кГц до <sup>3</sup> 20 кГц	от 20 кГц до <sup>3</sup> 50 кГц	от 50 кГц до <sup>3</sup> 100 кГц	от 100 кГц до <sup>3</sup> 300 кГц	от 300 кГц до <sup>3</sup> 1 МГц	от 1 МГц до <sup>3</sup> 2 МГц
10 мВ	0,03 + 0,03	0,02 + 0,011	0,03 + 0,011	0,1 + 0,011	0,5 + 0,011	4,0 + 0,02		
100 мВ - 10 В	0,007 + 0,004	0,007 + 0,002	0,014 + 0,002	0,03 + 0,002	0,08 + 0,002	0,3 + 0,01	1 + 0,01	1,5 + 0,01
100 В	0,02 + 0,004	0,02 + 0,002	0,02 + 0,002	0,035 + 0,002	0,12 + 0,002	0,4 + 0,01	1,5 + 0,01	
1000 В <sup>6</sup>	0,04 + 0,004	0,04 + 0,002	0,06 + 0,002	0,12 + 0,002	0,3 + 0,002			

1. Дополнительная погрешность при выходе за пределы Tcal на ±1 °C, но в пределах ±5 °C от температуры последней автокалибровки. Для ACBAND > 2 МГц рекомендуется применять температурный коэффициент предела 10 мВ на всех пределах измерения.

2. Характеристики приводятся для следующих параметров измеряемого сигнала: значения находятся в пределах от полной шкалы до 10% полной шкалы; постоянная составляющая <10% значения переменной составляющей; входной сигнал - синусоида; пик-фактор = 1,4; выполнена команда PRESET.

Характеристики сохраняются в пределах 24 часов и в пределах изменения температуры на ±1 °C от температуры последней автокалибровки. Включен переключатель соединения низкотенциального входа (LO) с защитным экраном (Guard).

Пиковое значение входного сигнала (AC+DC) при выполнении функций ACV ограничено величиной пятикратного значения полной шкалы для всех пределов. Для учета погрешности переноса меры напряжения постоянного тока 10В от первичного эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent необходимо добавить  $2 \times 10^{-6}$  от показания.

3. Рекомендуется включить фильтр командой LFILTER ON.

## Погрешность измерения напряжения переменного тока (продолжение)

за периоды от 24 часов до 2 лет (% от показания + % от предела)

### Диапазон частот ACBAND ≤ 2 МГц

Предел	от 45 Гц до 100 кГц	от 100 кГц до 1 МГц	от 1 МГц до 4 МГц	от 4 МГц до 8 МГц	от 8 МГц до 10 МГц
10 мВ	0,09 +0,09	1,2 + 0,05	7 + 0,07	20 + 0,08	
100 мВ - 10 В	0,09 + 0,06	2,0 + 0,05	4 + 0,07	4 + 0,08	15 +0,1
100 В	0,12 + 0,002				
1000 В <sup>6</sup>	0,3 +0,01				

### Погрешность преобразования

Предел	% от показания
100 мВ - 100 В	(0,002+ разрешение в %) <sup>1</sup>

### Условия

- После времени установления рабочего режима, равного 4 часам.
- В течение 10 минут и при изменении температуры в пределах  $\pm 0,5$  °C от температуры контрольного измерения.
- Синусоидальный входной сигнал в диапазоне от 45 Гц до 20 кГц.
- В пределах 10% от опорных значений напряжения и частоты.

## Погрешность измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока (функция ACDCV)

Для вычисления погрешности в режиме ACDCV используются приведенные в таблице дополнительные значения погрешности, которые добавляются к значениям погрешности измерения напряжения переменного тока (ACV) (% от предела).

### Постоянная составляющая <10% переменной составляющей

Предел	ACBAND ≤ 2 МГц	ACBAND > 2 МГц	Температурный коэффициент <sup>2</sup>
10 мВ	0,09	0,09	0,03
100 мВ - 1000 В	0,008	0,09	0,0025

### Постоянная составляющая >10% переменной составляющей

Предел	ACBAND ≤ 2 МГц	ACBAND > 2 МГц	Температурный коэффициент <sup>2</sup>
10 мВ	0,7	0,7	0,18
100 мВ - 1000 В	0,07	0,7	0,0025

## Дополнительные источники ошибок

Для учета ошибок, вносимых конкретной схемой измерения, рекомендуется пользоваться следующими таблицами (% от показания).

Сопротивление источника сигнала	Частота входного сигнала <sup>3</sup>			
	0 - 1 МГц	1-4 МГц	4-8 МГц	8-10 МГц
0 Ом	0	2	5	5
На нагрузке 50 Ом	0,003	0	0	0
На нагрузке 75 Ом	0,004	2	5	5
50 Ом	0,005	4	7	10

Пик-фактор	Множитель разрешающей способности <sup>1</sup>
1-2	(Разрешающая способность в %) x 1
2-3	(Разрешающая способность в %) x 2
3-4	(Разрешающая способность в %) x 2
4-5	(Разрешающая способность в %) x 2

### Скорости взятия отсчетов<sup>4</sup>

Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)	Максимальное время на один отсчет, с
1 - 5 Гц	6,5
5 - 20 Гц	2,0
20 - 100 Гц	1,2
100 Гц - 500 Гц	0,32
>500 Гц	0,02

Разрешающая способность (%)	Максимальное время на один отсчет, с
0,001 – 0,005	32
0,005 – 0,01	6,5
0,01 – 0,05	3,2
0,05 – 0,1	0,64
0,1 – 1	0,32
>1	0,1

### Характеристики с учетом времени установления

Для данного измерения времени установления не требуется.

### Подавление помехи общего вида

При разбалансе 1 кОм в цепи низкопотенциального проводника (LO) подавление помехи общего вида составляет >90 дБ в полосе от 0 до 60 Гц.

1. Разрешающая способность в % является величиной, получаемой при исполнении команды RES, или параметром (разрешающая способность показания в процентах от предела измерения).
2. Дополнительная погрешность от превышения пределов Tcal  $\pm 1$  °C, но в пределах  $\pm 5$  °C от температуры последней автокалибровки (% от предела)/°C. Для ACBAND > 2 МГц рекомендуется применять температурный коэффициент предела 10 мВ на всех пределах. Включен переключатель соединения низкопотенциального входа (LO) с защитным экраном (Guard).
3. Погрешность, обусловленная частотной неравномерностью, включающая нагруженность прибора.
4. Время отсчета - это число секунд, приходящееся на снятие одного показания для конкретной конфигурации прибора. Таблица показывает наименьшую скорость снятия показаний для выбранной конфигурации. Действительное значение скорости может быть существенно выше. Значения приведены для следующих установок: DELAY - 1; RANGE OFF.

## Температурный коэффициент на высоких частотах

Для рабочей температуры вне пределов  $T_{cal} \pm 5^{\circ}\text{C}$  необходимо добавить погрешность, приведенную в следующей таблице (% от показаний)/ $^{\circ}\text{C}$ .

Предел	Частота	
	2-4 МГц	4-10 МГц
10 мВ - 1 В	0,02	0,08
10 В - 1000 В	0,08	0,08

## Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Номин. значения входного сигнала	Предельные значения
HI относительно LO	$\pm 1000$ В пик.	$\pm 1200$ В пик.
LO относительно Guard	$\pm 200$ В пик.	$\pm 350$ В пик.
Guard относительно Earth	$\pm 500$ В пик.	$\pm 1000$ В пик.
Произведение напряжение - частота	$1 \times 10^{-8}$	

## Метод аналогового преобразования (функция ACV, SETACV ANA)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Входной импеданс	Температурный коэффициент <sup>1</sup> ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)/ $^{\circ}\text{C}$
10 мВ	12,00000	10 нВ	1 МОм $\pm 15\%$ , <140 пФ	0,003 + 0,006
100 мВ	120,00000	100 нВ	1 МОм $\pm 15\%$ , <140 пФ	0,002 + 0
1 В	1,2000000	1 мкВ	1 МОм $\pm 15\%$ , <140 пФ	0,002 + 0
10 В	12,0000000	10 мкВ	1 МОм $\pm 2\%$ , <140 пФ	0,002 + 0
100 В	120,000000	100 мкВ	1 МОм $\pm 2\%$ , <140 пФ	0,002 + 0
1000 В	700,00000	1 мВ	1 МОм $\pm 2\%$ , <140 пФ	0,002 + 0

## Погрешность измерения напряжения переменного тока <sup>2</sup>

За периоды от 24 часов до 2 лет (% от показания + % от предела)

Предел	от 10 Гц до 20 Гц	от 20 Гц до 40 Гц	от 40 Гц до 100 Гц	от 100 Гц до 20 кГц	от 20 кГц до 50 кГц	от 50 кГц до 100 кГц	от 100 кГц до 250 кГц	от 250 кГц до 500 кГц	от 500 кГц до 1 МГц	от 1 МГц до 2 МГц
10 мВ	0,4 + 0,32	0,15 + 0,25	0,06 + 0,25	0,02 + 0,25	0,15 + 0,25	0,7 + 0,35	4 + 0,7			
100 мВ - 10 В	0,4 + 0,02	0,15 + 0,02	0,06 + 0,01	0,02 + 0,01	0,15 + 0,04	0,6 + 0,08	2 + 0,5	3 + 0,6	5 + 2	10 + 5
100 В	0,4 + 0,02	0,15 + 0,02	0,06 + 0,01	0,03 + 0,01	0,15 + 0,04	0,6 + 0,08	2 + 0,5	3 + 0,6	5 + 2	
1000 В	0,42 + 0,03	0,17 + 0,03	0,06 + 0,02	0,06 + 0,02	0,15 + 0,04	0,6 + 0,2				

## Погрешность измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока (функция ACDCV)

Для вычисления погрешности ACDCV применимы приведенные в таблице дополнительные значения ошибок, которые добавляются к значениям погрешности измерения напряжения переменного тока ACV (% от предела)

Предел	Постоянная составляющая < 10% переменной составляющей		Постоянная составляющая >10% переменной составляющей	
	Погрешность	Температурный коэффициент <sup>3</sup>	Погрешность	Температурный коэффициент <sup>3</sup>
10 мВ	0,0 + 0,2	0 + 0,015	0,15 + 3	0 + 0,06
100 мВ - 1000 В	0,0 + 0,02	0 + 0,001	0,15 + 0,25	0 + 0,007

## Дополнительные источники ошибок

Для учета ошибок, вносимых конкретной схемой измерения, следует воспользоваться следующими таблицами (% от показания).

## Погрешность измерения на низкой частоте

Частота входного сигнала	Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)		
	10 Гц - 1 кГц NPLC > 10	1 - 10 кГц NPLC > 1	>10 кГц NPLC > 0,1
10-200 Гц	0		
200-500 Гц	0	0,15	
500-1 кГц	0	0,015	0,9
1 кГц-2 кГц	0	0	0,2
2 кГц-5 кГц	0	0	0,05
5 кГц-10 кГц	0	0	0,01

## Пик-фактор (% от показания)

Пик-фактор	Дополнительная погрешность
1-2	0
2-3	0,15
3-4	0,25
4-5	0,40

- Дополнительная погрешность от превышения пределов  $T_{cal} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , но в пределах  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  от температуры последней автокалибровки.
- Характеристики приводятся для следующих параметров измеряемого сигнала: значения находится в пределах от полной шкалы до 1/20 от полной шкалы, входной сигнал - синусоида, пик-фактор = 1,4, выполнена команда PRESET. Характеристики сохраняются в течение 24 часов и в пределах  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  от температуры последней автокалибровки. Переключатель соединения низкотенциального входа (LO) с защитным экраном (Guard) включен. Максимальное значение постоянной составляющей (DC) при выполнении функций ACV ограничено величиной 400 В. Для учета погрешности переноса меры напряжения постоянного тока 10В от первичного эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent необходимо добавить  $2 \times 10^{-6}$  от показания.
- Дополнительная погрешность от превышения пределов  $T_{cal} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , но в пределах  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  от температуры последней автокалибровки (% от показания + % от предела)/ $^{\circ}\text{C}$ .

## Скорость взятия отсчетов <sup>1</sup>

Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)	NPLC	Число секунд на один отсчет	
		Перем. составл.	Сумма перем. и пост. ACV (ACDCV)
≥ 10 Гц	10	1,2	1
≥ 1 кГц	1	1	0,1
≥ 10 кГц	0,1	1	0,02

## Характеристики с учетом времени установления

К погрешности первого отсчета, либо погрешности первого отсчета после переключения на новый предел, взятых при задержках по умолчанию, добавить дополнительную погрешность 0,01%, вызванную ступенчатым изменением входного сигнала. Приведенные ниже данные распространяются на значение задержки DELAY 0.

Функция	Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)	Постоянная составляющая	Время установления
ACV	≥10 Гц	DC < 10% AC DC > 10% AC	за 0,5 с до 0,01% за 0,9 с до 0,01%
ACDCV	10 Гц - 1 кГц 1 кГц - 10 кГц ≥10 кГц		за 0,5 с до 0,01% за 0,08 с до 0,01% за 0,015 с до 0,01%

## Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Номин. значения входного сигнала	Предельные значения
HI относительно LO	±1000 В пик.	±1200 В пик.
LO относительно Guard	±200 В пик.	±350 В пик.
Guard относительно Earth	±500 В пик.	±1000 В пик.
Произведение напряжение - частота	$1 \times 10^8$	

## Подавление помехи общего вида

При разбалансе 1 кОм в цепи низкотенциального проводника (LO) подавление помехи общего вида составляет >90 дБ в полосе от 0 до 60 Гц.

## Метод случайных выборок (функция ACV, SETACV RNDM)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Входной импеданс	Температурные коэффициенты <sup>2</sup> ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела)/°C
10 мВ	12,00000	1 мкВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,00 + 0,02
100 мВ	120,00000	10 мкВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,001 + 0,0001
1 В	1,2000000	100 мкВ	1 МОм±15%, <140 пФ	0,001 + 0,0001
10 В	12,0000000	1 мВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,001 + 0,0001
100 В	120,000000	10 мВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,0015 + 0,0001
1000 В	700,00000	100 мВ	1 МОм±2%, <140 пФ	0,001 + 0,0001

## Погрешность измерения напряжения переменного тока <sup>3</sup>

За периоды от 24 часов до 2 лет (% от показания + % от предела)

Предел	Частотный диапазон ACBAND ≤ 2 МГц				Частотный диапазон ACBAND > 2 МГц				
	от 20 Гц до 100 кГц	от 100 кГц до 300 кГц	от 300 кГц до 1 МГц	от 1 МГц до 2 МГц	от 20 Гц до 100 кГц	от 100 кГц до 1 МГц	от 1 МГц до 4 МГц	от 4 МГц до 8 МГц	от 8 МГц до 10 МГц
10 мВ	0,5 + 0,02	4 + 0,02			0,1 + 0,05	1,2 + 0,05	7 + 0,07	20 + 0,08	
100 мВ - 10 В	0,08 + 0,002	0,3 + 0,01	1 + 0,01	1,5 + 0,01	0,1 + 0,05	2 + 0,05	4 + 0,07	4 + 0,08	15 + 0,1
100 В	0,12 + 0,002	0,4 + 0,01	1,5 + 0,01		0,12 + 0,002				
1000 В	0,3 + 0,01				0,3 + 0,01				

1. Для установок DELAY-1, ARANGE OFF.

Для установок DELAY 0; NPLC 0,1 скорость не нормирована, но она может быть более 500 отсчетов/с.

2. Дополнительная погрешность от превышения  $T_{cal} \pm 1$  °C, но в пределах  $\pm 5$  °C от температуры последней автокалибровки. Для диапазона ACBAND > 2 МГц рекомендуется применять температурный коэффициент предела 10 мВ на всех пределах измерения.

3. Характеристики приводятся для следующих параметров измеряемого сигнала: значения находятся в пределах от полной шкалы до 5% от полной шкалы, входной сигнал - синусоида, пик-фактор = 1,4, выполнена команда PRESET. Характеристики сохраняются в течение 24 часов и в пределах  $\pm 1$  °C от температуры последней автокалибровки. Переключатель соединения низкотенциального входа (LO) с защитным экраном (Guard) включен.

Для учета погрешности переноса меры напряжения постоянного тока 10 В от первичного эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent необходимо добавить  $2 \times 10^{-6}$  от показания.

Максимальное значение постоянной составляющей (DC) при выполнении функций ACV ограничено величиной 400 В.

## Погрешность измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока (функция ACDCV)

Для вычисления погрешности измерения ACDCV используются приведенные в таблице значения дополнительных погрешностей, которые добавляются к значениям погрешности измерения напряжения переменного тока ACV (% от предела)

Предел	Постоянная составляющая ≤10% переменной составляющей			Постоянная составляющая >10% переменной составляющей		
	ACBAND ≤ 2 МГц	ACBAND > 2 МГц	Температурный коэффициент <sup>1</sup>	ACBAND ≤ 2 МГц	ACBAND > 2 МГц	Температурный коэффициент <sup>1</sup>
10 мВ	0,9	0,09	0,03	0,7	0,7	0,18
100 мВ - 1000 В	0,008	0,09	0,0025	0,07	0,7	0,025

### Дополнительные источники ошибок

Для учета ошибок, вносимых конкретной схемой измерения, нужно воспользоваться следующими таблицами (% от показания).

Сопротивление источника сигнала	Частота входного сигнала <sup>2</sup>			
	0 - 1 МГц	1-4 МГц	4-8 МГц	8-10 МГц
0 Ом	0	2	5	5
На нагрузке 50 Ом	0,003	0	0	0
На нагрузке 75 Ом	0,004	2	5	5
50 Ом	0,005	4	7	10

Пик-фактор	Множитель разрешающей способности	
	(Разрешающая способность в %) x 1	(Разрешающая способность в %) x 3
1-2	(Разрешающая способность в %) x 1	(Разрешающая способность в %) x 3
2-3	(Разрешающая способность в %) x 3	(Разрешающая способность в %) x 5
3-4	(Разрешающая способность в %) x 5	(Разрешающая способность в %) x 8
4-5	(Разрешающая способность в %) x 8	

### Скорости взятия отсчетов<sup>3</sup>

Разрешающая способность, %	Время на один отсчет, с	
	Перем. составл. (ACV)	Сумма перем. и пост. составл. (ACDCV)
0,1 - 0,2	40	39
0,2 - 0,4	11	9,6
0,4 - 0,6	2,7	2,4
0,6 - 1	1,4	1,1
1 - 2	0,8	0,5
2 - 5	0,4	0,1
>5	0,32	0,022

### Характеристики с учетом времени установления

К погрешности первого отсчета, либо погрешности первого отсчета после переключения на новый предел, взятых при задержках по умолчанию, добавить дополнительную погрешность 0,01%, вызванную ступенчатым изменением входного сигнала. Приведенные ниже данные распространяются на значение задержки DELAY 0.

Функция	Постоянная составляющая	Время установления
ACV	DC < 10% AC	за 0,5 с до 0,01%
	DC > 10% AC	за 0,9 с до 0,01%
ACDCV	Для данного измерения времени установления не требуется.	

### Температурный коэффициент на высоких частотах

Для рабочей температуры вне пределов Tcal ± 5 °C необходимо добавить погрешность, приведенную в следующей таблице (% от показаний)/°C.

Предел	Частота	
	2-4 МГц	4-10 МГц
10 мВ - 1 В	0,02	0,08
10 В - 1000 В	0,08	0,08

### Подавление помехи общего вида

При разбалансе 1 кОм в цепи низкотенциального проводника (LO) подавление помехи общего вида составляет >90 дБ в полосе от 0 до 60 Гц.

### Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Номин. значения входного сигнала	Предельные значения
HI относительно LO	±1000 В пик.	±1200 В пик.
LO относительно Guard	±200 В пик.	±350 В пик.
Guard относительно Earth	±500 В пик.	±1000 В пик.
Произведение напряжение - частота	1 x 10 <sup>8</sup>	

1. Дополнительная погрешность от превышения пределов Tcal ± 1 °C, но в пределах ± 5 °C от температуры последней автокалибровки (% от показания)/°C.  
Для диапазона ACBAND > 2 МГц рекомендуется применять температурный коэффициент предела 10 мВ на всех пределах измерения.

2. Погрешность, обусловленная частотной неравномерностью, включающая нагруженность прибора.

3. Для установок DELAY-1, ARANGE OFF. Для установок DELAY 0; NPLC 0,1 в режиме измерения ACV скорость взятия отсчетов такая же, как и при измерении суммы напряжений переменного и постоянного тока (ACDCV).

## 5. Переменный ток

### Переменный ток (функции ACI и ACDCI)

Предел	Значение полной шкалы	Максимальная разрешающая способность	Сопротивление шунта	Напряжение на нагрузке (шунте)	Температурный коэффициент <sup>1</sup> ( $10^{-6}$ от показания + $10^{-6}$ от предела) / °C
100 мА	120,00000	100 нА	730 Ом	0,1 В	0,002+0
1 мА	1,2000000	1 нА	100 Ом	0,1 В	0,002+0
10 мА	12,000000	10 нА	10 Ом	0,1 В	0,002+0
100 мА	120,00000	100 нА	1 Ом	0,25 В	0,002+0
1 А	1,0500000	1 мА	0,1 Ом	<1,5 В	0,002+0

### Погрешность измерения переменного тока<sup>2</sup>

За периоды от 24 часов до 2 лет (% от показания + % от предела)

Предел	от 10 Гц до 20 Гц	от 20 Гц до 45 Гц	от 45 Гц до 100 Гц	от 100 Гц до 5 кГц	от 5 кГц до 20 кГц <sup>3</sup>	от 20 кГц до 50 кГц <sup>3</sup>	от 50 кГц до 100 кГц <sup>3</sup>
100 мА <sup>4</sup>	0,4+0,03	0,15+0,03	0,06+0,03	0,06+0,03			
1 мА – 100 мА	0,4+0,02	0,15+0,02	0,06+0,02	0,03+0,02	0,06+0,02	0,4+0,04	0,55+0,15
1 А	0,4+0,02	0,16+0,02	0,08+0,02	0,1+0,02	0,3+0,02	1+0,04	

### Погрешность измерения суммы переменного и постоянного тока (функция ACDCI)

Для вычисления погрешности при измерении в режиме ACDCV используются приведенные в таблице дополнительные значения ошибок, которые добавляются к значениям погрешности измерения переменного тока (ACV) (% от показания + % от предела).

Постоянная составляющая < 10% переменной составляющей	Постоянная составляющая > 10% переменной составляющей
Погрешность <b>0,005 + 0,02</b>	Температурный коэффициент <sup>5</sup> 0,0 + 0,001

### Дополнительные источники ошибок

Для учета ошибок, вносимых конкретной схемой измерения, следует воспользоваться следующими таблицами.

### Погрешность измерения на низкой частоте (% от показания)

Частота входного сигнала	Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)			Пик-фактор (% от показания)	
	10 Гц - 1 кГц NPLC > 10	1 - 10 кГц NPLC > 1	>10 кГц NPLC > 0,1	Пик-фактор	Дополнительная погрешность
10-200 Гц	0			1-2	0
200-500 Гц	0	0,15		2-3	0,15
500-1 кГц	0	0,015	0,9	3-4	0,25
1 кГц-2 кГц	0	0	0,2	4-5	0,40
2 кГц-5 кГц	0	0	0,05		
5 кГц-10 кГц	0	0	0,01		

### Скорость взятия отсчетов<sup>6</sup>

Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)	NPLC	Число секунд на один отсчет		
		Перем. составл. ACV	Сумма перем. и пост. составл. (ACDCV)	
≥ 10 Гц	10	1,2	1	
≥ 1 кГц	1	1	0,1	
≥ 10 кГц	0,1	1	0,02	

- Дополнительная погрешность от превышения пределов  $Tcal \pm 1$  °C, но в пределах  $\pm 5$  °C от температуры последней автокалибровки.
- Характеристики приводятся для следующих параметров измеряемого сигнала: значения находятся в пределах от полной шкалы до 1/20 от полной шкалы, входной сигнал - синусоида, пик-фактор = 1,4, выполнена команда PRESET. Характеристики сохраняются в течение 24 часов и в пределах  $\pm 1$  °C от температуры последней автокалибровки.
- Для учета погрешности переноса меры относительно первичного эталона NIST США в заводских условиях компании Agilent к погрешности показания мультиметра добавить дополнительную погрешность  $5 \times 10^{-6}$  от показания. Погрешность переноса меры представляет собой сумму погрешностей переноса мер 10 В и 10 кОм.
- Типовые значения характеристики.
- На пределе 100 мА максимальное значение частоты входного сигнала составляет 1 кГц.
- Дополнительная погрешность от превышения пределов  $Tcal \pm 1$  °C, но в пределах  $\pm 5$  °C от температуры последней автокалибровки (% от показания + % от предела)/°C.
- Для установок DELAY-1, ARANGE OFF.
- Для установок DELAY 0; NPLC 0,1 скорость не нормирована, но она может быть больше 500 отсчетов/с.

## Характеристики с учетом времени установления

К погрешности первого отсчета, либо погрешности первого отсчета после переключения на новый предел, взятых при задержках по умолчанию, добавить дополнительную погрешность 0,01%, вызванную ступенчатым изменением входного сигнала, на пределах от 100 мА до 100 мА. На пределе 1 А эта добавка должна составлять 0,05%. Приведенные ниже данные распространяются на значение задержки DELAY 0.

Функция	Низкочастотный диапазон (ACBAND Low)	Постоянная составляющая	Время установления
ACI	$\geq 10 \text{ Гц}$	DC < 10% AC DC > 10% AC	за 0,5 с до 0,01% за 0,9 с до 0,01%
ACDCI	10 Гц - 1 кГц		за 0,5 с до 0,01%
	1 кГц - 10 кГц		за 0,08 с до 0,01%
	$\geq 10 \text{ кГц}$		за 0,015 с до 0,01%

## Максимальные значения входного сигнала

Входные клеммы	Номин. значения входного сигнала	Предельные значения
I относительно LO	$\pm 1,5 \text{ А пик.}$	<1,25 А СКЗ
LO относительно Guard	$\pm 200 \text{ В пик.}$	$\pm 350 \text{ В пик.}$
Guard относительно Earth	$\pm 500 \text{ В пик.}$	$\pm 1000 \text{ В пик.}$

## 6. Частота и период

### Технические характеристики при измерении частоты и периода

	Напряжение (открытый или закрытый вход) функции ACV или ACDCV <sup>1</sup>	Ток (открытый или закрытый вход) функции ACI или ACDCI <sup>1</sup>
Диапазон измерения частоты	от 1 Гц до 10 МГц	от 1 Гц до 100 кГц
Диапазон измерения периода	от 1 с до 100 нс	от 1 с до 10 мкс
Диапазон входного сигнала	от 700 В СКЗ до 1 мВ СКЗ	от 1 А СКЗ до 10 мА СКЗ
Входной импеданс	$1 \text{ МОм} \pm 15\%$ , $< 140 \text{ пФ}$	от 0,1 до 730 Ом <sup>2</sup>

### Погрешность измерения частоты и периода

Диапазон	За периоды от 24 часов до 2 лет, температурный диапазон от 0 до 55 °C
1 Гц - 40 Гц	
1 с - 25 мс	0,05% от показания
40 Гц - 10 МГц	
25 мс - 100 нс	0,01% от показания

### Скорость взятия отсчетов

Разрешающая способность	Время счета <sup>3</sup>	Отсчетов/с <sup>4</sup>
0,00001%	1 с	0,95
>0,0001%	100 мс	9,6
> 0,001%	10 мс	73
> 0,01%	1 мс	215
> 0,1%	100 мкс	270

### Метод измерения

Вычисление обратной величины

### Тактовый сигнал

10 МГц  $\pm 0,01\%$  в диапазоне температур от 0 °C до 55 °C

### Запуск по уровню

$\pm 500\%$  от предела с дискретностью 5%

### Фильтрация запуска по уровню

Перестраиваемый ФНЧ в полосе 75 кГц

### Запуск по склону входного сигнала

Положительный или отрицательный склон

1. Источник сигнала и связь по входу при частотных измерениях устанавливаются командой FSOURCE

2. Зависит от предела. Значения импедансов для конкретных пределов указаны в подразделе "Переменный ток".

3. Время счета определяется по указанной разрешающей способности.

4. Максимальное значение скорости взятия отсчетов указано для измерений на фиксированном пределе. При автоматическом переключении пределов для частот  $\geq 1 \text{ кГц}$  максимальное значение скорости составляет 30 отсчетов/с.

Реальное время взятия одного отсчета больше одного периода входного сигнала, установленного времени счета или истечения времени ожидания отсчета, устанавливаемого по умолчанию (1,2 с).

## 7. Технические характеристики дискретизации

### Общие сведения

Мультиметр 3458А поддерживает три независимых метода дискретизации входного сигнала. Возможности каждого метода кратко рассмотрены ниже и имеют целью правильно выбрать конфигурацию прибора для решения его конкретной измерительной задачи.

#### DCV

##### Дискретизация методом измерения напряжения постоянного тока (стандартная функция DCV).

Этот режим дискретизации позволяет выполнять сбор данных со скоростями от 0,2 отсчетов/с при разрешении 28 бит до 100000 отсчетов/с с разрешением 16 бит. Имеется возможность изменять апертурное время взятия выборки в пределах от 500 нс до 1 с с дискретностью 100 нс. Измерение напряжения производится на пределах от 100 мВ до 1000 В на полную шкалу. В зависимости от предела измерений частотный диапазон входного сигнала может изменяться от 30 кГц до 150 кГц.

#### DSDC

##### Прямая дискретизация со связью по постоянному току, открытый вход.

#### DSAC

##### Прямая дискретизация со связью по переменному току, закрытый вход.

В этих режимах входной сигнал дискретизируется с помощью схемы выборки-хранения при фиксированном апертурном времени 2 нс, что дает в результате разрешающую способность 16 бит. Временной интервал между выборками устанавливается от 6000 с до 20 мкс с разрешением до 100 нс. Пределы для измерение входного напряжения устанавливаются от 10 мВ (пиковое значение) до 1000 В (пиковое значение). Диапазон входных сигналов ограничен частотой 12 МГц.

#### SSDC

##### Субдискретизация (дискретизация с эффективным временным интервалом между выборками), открытый вход.

#### SSAC

##### Субдискретизация (дискретизация с эффективным временным интервалом между выборками), закрытый вход.

В этих методах реализуется синхронная (метод синхронных выборок) субдискретизация повторяющегося входного сигнала с помощью схемы выборки-хранения при апертурном времени выборки 2 нс, что дает в результате разрешение 16 бит. Эффективный временной интервал между выборками устанавливается от 6000 с до 10 нс с разрешением 10 нс. Данные выборок могут быть отсортированы мультиметром по времени их взятия и выведены на шину GPIB. Пределы измерения входного напряжения устанавливаются от 10 В (пиковое значение) до 1000 В (пиковое значение) на полную шкалу. Диапазон входных сигналов ограничен частотой 12 МГц.

### Сводная таблица характеристик при различных методах дискретизации

Метод	Функция	Частота входного сигнала	Наименьшая погрешность измерения	Частота взятия выборок
Стандартная функция измерения напряжения постоянного тока	DCV	от 0 до 150 МГц	0,00005 - 0,01%	100 Квыборок/с
Прямая дискретизация	DSDC/DSAC	от 0 до 12 МГц	0,02%	50 Квыборок/с
Субдискретизация	SSDC/SSAC	от 0 до 12 МГц	0,02%	100 Мвыборок/с (эфф. значение)

### Дискретизация методом измерения напряжения постоянного напряжения (функция DCV)

Предел	Входной импеданс	Напряжение смещения <sup>1</sup>	Диапазон частот (типовое значение)	Время установления уровня с точностью 0,01% после ступенчатого изменения сигнала
100 мВ	>10 10 Ом	<5 мкВ	80 кГц	50 мкс
1 В	>10 10 Ом	<5 мкВ	150 кГц	20 мкс
10 В	>10 10 Ом	<5 мкВ	150 кГц	20 мкс
100 В	10 МОм	<500 мкВ	30 кГц	200 мкс
1000 В	10 МОм	<500 мкВ	30 кГц	200 мкс

### Рабочие характеристики при измерении напряжения постоянного тока

0,005% от показания + напряжение смещения<sup>1</sup>

#### Максимальная частота взятия выборок (подробнее см. подраздел "Напряжение постоянного тока")

Отсчетов/сек	Разрешающая способность (бит)	Апертура (время оцифровки выборки)
100 K	15	0,8 мкс
100 K	16	1,4 мкс
50 K	18	6,0 мкс

#### Временная база

Погрешность: 0,01%  
Джиттер: <100 нс (СК3)

#### Внешний запуск

Время запаздывания <175 нс<sup>2</sup>  
Джиттер: <50 нс (СК3)

#### Запуск по уровню

Время запаздывания: < 700 нс  
Джиттер: <50 нс (СК3)

1. ±1 °C от температуры, при которой выполнялась автокалибровка нуля или за период 24 часа и ±1 °C от температуры, при которой выполнялась последняя автокалибровка.

2. Разброс между отдельными экземплярами приборов <125 нс.

## Динамические характеристики

Пределы: 10 мВ, 1 В, 10 В; Апертура = 6 мкс

Проверяемая характеристика	Входной сигнал (удвоенное значение полной шкалы, размах)	Результат
ДПФ гармоники	1 кГц	< -96 дБ
ДПФ паразитной составляющей	1 кГц	< -100 дБ
Дифференциальная нелинейность	постоянный ток	< 0,003% от предела
Отношение сигнал/шум	1 кГц	> 96 дБ

## Прямая дискретизация и субдискретизация (функции DSDC, DSAC, SSDC и SSAC)

Предел <sup>1</sup>	Входной импеданс	Напряжение смещения <sup>2</sup>	Полоса частот входного сигнала (типовое значение)
10 мВ	1 МОм, 140 пФ	<50 мкВ	2 МГц
100 мВ	1 МОм, 140 пФ	<90 мкВ	12 МГц
1 В	1 МОм, 140 пФ	<800 мкВ	12 МГц
10 В	1 МОм, 140 пФ	<8 мВ	12 МГц
100 В	1 МОм, 140 пФ	<80 мВ	12 МГц <sup>3</sup>
1000 В	1 МОм, 140 пФ	<800 мВ	2 МГц <sup>3</sup>

### Рабочие характеристики в диапазоне от постоянного тока до 20 кГц

0,02% от показания + напряжение смещения<sup>2</sup>

#### Максимальная частота взятия выборок

Функция	Отсчетов/с	Разрешающая способность (бит)
SSDC, SSAC	100 М (эффективн.) <sup>4</sup>	16
DSDC, DSAC	50 К	16

#### Динамические характеристики

Пределы: 10 мВ, 1 В, 10 В; 50000 выборок/с

Проверяемая характеристика	Входной сигнал (удвоенное значение полной шкалы, размах)	Результат
ДПФ гармоники	20 кГц	< -90 дБ
ДПФ гармоники	1,005 МГц	< -60 дБ
ДПФ паразитной составляющей	20 кГц	< -90 дБ
Дифференциальная нелинейность	20 кГц	< 0,005% от предела
Отношение сигнал/шум	20 кГц	> 66 дБ

#### Временная база

Погрешность: 0,01%  
Джиттер: <100 пс (СК3)

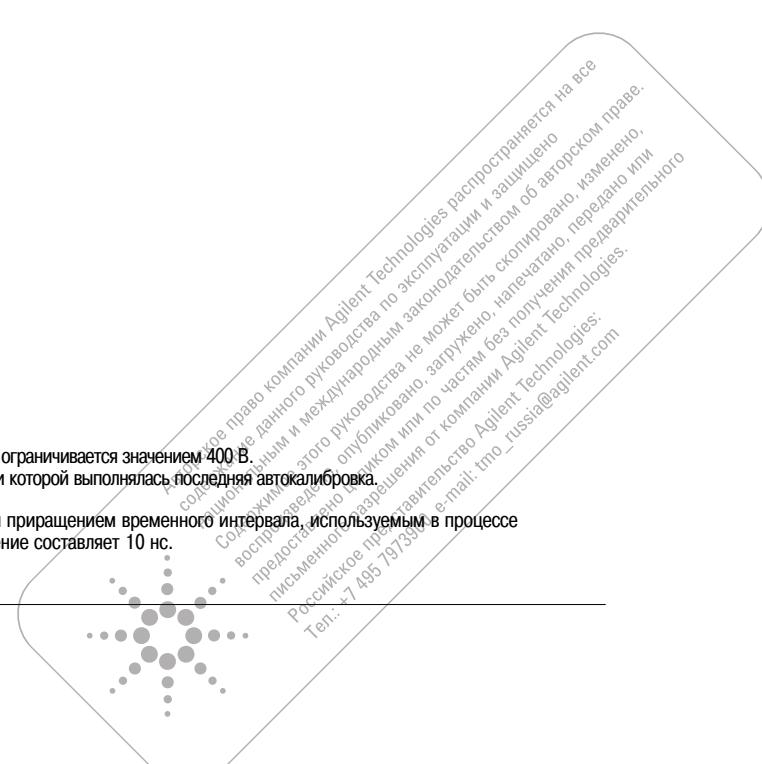
#### Внешний запуск

Время запаздывания <175 нс<sup>5</sup>  
Джиттер: <2 нс (СК3)

#### Запуск по уровню

Время запаздывания: < 700 нс  
Джиттер: <100 пс  
на частоте 1 МГц, входной  
сигнал на полную шкалу

- Для функций DSAC и SSAC максимальная величина напряжения постоянного тока ограничивается значением 400 В.
- В пределах изменения температуры  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  за период 24 часа от температуры, при которой выполнялась последняя автокалибровка.
- Ограничено величиной произведения V·Гц, равной  $1 \times 10^8$ .
- Эффективное значение скорости взятия выборок определяется минимальным приращением временного интервала, восторгаемого субдискретизацией повторяющегося входного сигнала. Минимальное приращение составляет 10 нс.
- Разброс между отдельными экземплярами приборов <25 нс.



## 8. Системные технические характеристики

### Функция - Предел - Измерение

Время, необходимое для программирования через шину GPIB новой измерительной конфигурации, запуска отсчета и передачи результата в контроллер при следующих установках мультиметра: PRESET FAST; DELAY 0; AZERO ON; OFORMAT SINT; INBUF ON; NPLC 0.

Описание перенастройки прибора с одних конкретных конфигураций на другие	Скорость перенастройки по шине GPIB <sup>1</sup>	Скорость исполнения подпрограммы
С DCV ≤10 В на DCV ≤10 В	180/с	340/с
С любой DCV/OHMS на любую DCV/OHMS	85/с	110/с
С любой DCV/OHMS на любую DCV/OHMS при установке DEFEAT ON	150/с	270/с
На любую или с любой DCI	70/с	90/с
На любую или с любой ACV или ACI	75/с	90/с

### Выборочные скорости выполнения операций <sup>2</sup>

Операции	Скорость выполнения
Автоматическое переключение пределов (от 100 мВ до 10 В) при выполнении функции DCV	110/с
Изменение режимов при выполнении простых команд	330/с
Пересылка отсчетов по шине GPIB в формате ASCII	630/с
Пересылка отсчетов по шине GPIB в формате DREAL	1000/с
Пересылка отсчетов по шине GPIB в формате DINT	50000/с
Запоминание отсчетов во внутренней памяти прибора в формате DINT	50000/с
Считывание отсчетов из внутренней памяти по шине GPIB в формате DINT	50000/с
Пересылка отсчетов по шине GPIB в формате SINT	100000/с
Запоминание отсчетов во внутренней памяти прибора в формате SINT	100000/с
Считывание отсчетов из внутренней памяти прибора по шине GPIB в формате SINT	100000/с
Максимальная частота сигналов внутреннего запуска отсчетов	100000/с
Максимальная частота сигналов внешнего запуска отсчетов	100000/с

### Память

	Стандартный вариант		Вариант 001	
	Число отсчетов	Число байтов	Число отсчетов	Число байтов
Память отсчетов (разрядность - 16 бит)	10240	20 К	+65536	+128 К
Энергонезависимая память для запоминания подпрограмм и/или состояний		14 К		

### Время задержки

Погрешность	±0,01% ±5 нс
Максимальное значение	6000 с
Разрешающая способность	10 нс
Джиттер	50 нс (размах)

### Таймер

Погрешность	±0,01% ±5 нс
Максимальное значение	6000 с
Разрешающая способность	100 нс
Джиттер	<100 пс СКЗ

1. При использовании контроллера HP 9000 серии 350.  
2. Данные в формате SINT достоверны только при времени интегрирования ≤10,8 мкс (APER ≤10,8 мкс).

## 9. Отношение

### Тип отношения 1

DCV/DCV	Отношение = (Входной сигнал)/(Опорное значение)
ACV/DCV	Опорное значение: (HI Sense относительно LO) - (LO Sense относительно LO)
ACDCV/DCV	Пределы опорного сигнала: $\pm 12$ В постоянного тока (только при автоматическом переключении пределов)

### Погрешность

$\pm$ (Погрешность измерения входного сигнала + погрешность измерения опорного сигнала)

Погрешность измерения входного сигнала = 1 x суммарную погрешность измерения входного сигнала при использовании функций DCV, ACV, ACDCV  
Погрешность измерения опорного сигнала = 1,5 x суммарную погрешность для предела входного опорного напряжения постоянного тока.

1. Командой SETACV можно установить любой из методов измерения. Напряжение между клеммами LO Sense и LO ограничено значением 0,25 В.

## 10. Математические операции

### Общие сведения относительно математических операций

Математические операции выполняются либо в реальном времени, либо в режиме постобработки.

Характеристики математических операций не включают погрешности X (погрешности показания прибора) или погрешностей в значениях, вводимых пользователем. Диапазон вводимых или выводимых значений находится в пределах от  $+1 \times 10^{-37}$  до  $+1 \times 10^{37}$ . При выходе значений за пределы диапазона на индикаторе высвечивается сообщение OVLD, а по шине GPIB передается значение  $1 \times 10^{38}$ .

Минимальное время выполнения - это время, необходимое для завершения одной математической операции после окончания взятия прибором одного отсчета.

#### NULL:

X-OFFSET

Минимальное время выполнения = 180 мкс

#### PERC:

100 x (X-PERC)/PERC

Минимальное время выполнения = 600 мкс

#### dB:

20 x Log (X/REF)

Минимальное время выполнения = 3,9 мс

#### RMS:

Однополюсный цифровой фильтр

Вычисляется СКЗ входного сигнала

Минимальное время выполнения = 2,7 мс

#### STAT:

MEAN, SDEV, вычисленные для совокупности (N-1) выборок

Одновременно накапливаются значения значения

NSAMP, UPPER, LOWER

Минимальное время выполнения = 900 мкс

#### CTHRM2K (FTHRM2K):

$^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) преобразование температуры с использованием

термистора 2,2 кОм (Agilent 40653A)

Минимальное время выполнения = 160 мкс

#### CRTD85 (FRTD85):

$^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) преобразование температуры с использованием

терморезистора (RTD) сопротивлением 100 Ом,

температурный коэффициент сопротивления  $\alpha = 0,00385$ .

Минимальное время выполнения = 160 мкс

#### SCALE:

(X-OFFSET)/SCALE

Минимальное время выполнения = 500 мкс

#### PFAIL:

Используются регистры MIN, MAX.

Минимальное время выполнения = 160 мкс

#### dBm:

10 x Log [(X<sup>2</sup>/RES)/ 1 мВт]

Минимальное время выполнения = 3,9 мс

#### FILTER:

Однополюсный цифровой фильтр

Среднее взвешенное от входных сигналов

Минимальное время выполнения = 750 мкс

#### CTHRM (FTHRM):

$^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) преобразование температуры с использованием термистора 5 кОм (Agilent 40653B)

Минимальное время выполнения = 160 мкс

#### CTHRM10K (FTHRM10K):

$^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) преобразование температуры с использованием термистора 10 кОм (Agilent 40653C)

Минимальное время выполнения = 160 мкс

#### CRTD92 (FRTD92):

$^{\circ}\text{C}$  ( $^{\circ}\text{F}$ ) преобразование температуры с использованием терморезистора (RTD) сопротивлением 100 Ом,

температурный коэффициент сопротивления  $\alpha = 0,003916$

Минимальное время выполнения = 160 мкс

## 11. Общие технические характеристики

### Рабочие условия эксплуатации

Диапазон температур: от 0 °C до 55 °C

Размещение прибора при эксплуатации: только для работы внутри помещений

Допустимая высота при эксплуатации: не более 2000 м

Уровень загрязнения окружающей среды: соответствует стандарту IEC 664 группа 2

### Влажность

До 95% при 40 °C

### Габаритные размеры и масса

88,9 мм x 425,5 мм x 502,9 мм

Масса без упаковки: 12 кг (26,5 фунтов)

Масса в упаковке: 14,8 кг (32,5 фунтов)

### Температура хранения

От минус 40 °C до 75 °C

### Время установления рабочего режима

4 часа для достижения опубликованных рабочих характеристик

### Требования к сети питания

Напряжение сети питания: 100/120 В, 220/240 В ±10%

Частота: 48-66 Гц, 360-420 Гц (выбирается автоматически)

Потребляемая мощность: <30 Вт, <80 ВА (макс.)

Предохранители: 1,5 А/115 В или 0,5 А/230 В

### Указания по чистке прибора

При очистке прибора необходимо использовать чистую слегка увлажненную ткань.

### Гарантийный срок

Один год

### Входные клеммы прибора

Золоченая медь с добавкой теллура

### Ограничения по входу

Напряжение на высокопотенциальной клемме (HI) по отношению к низкотенциальной (LO): не более 300 В (кат. II)

### Интерфейс IEEE-488

Соответствует следующим стандартам:

IEEE-488.1, стандарт интерфейса

IEEE-488.2, стандарт на передаваемые коды и форматы CILL (вариант комплектации 700)

### Комплект поставки Agilent 3458A

Комплект измерительных проводников (Agilent 34118A)

Сетевой шнур питания

Руководство по эксплуатации

Руководство по калибровке

Руководство по ремонту на уровне замены узлов

Краткое руководство по эксплуатации

### Комплекты для установки в условиях пользователя

### Кодовый номер компании Agilent

Вариант комплектации 001 Расширенная память отсчетов 03458-87901

Вариант комплектации 002 Опорный источник с высокой стабильностью. 03458-80002

Дополнительные трафареты на клавиатуру (5 шт.) 03458-84303

### Дополнительная документация

### Кодовый номер компании Agilent

Сообщение по использованию прибора 3458A-1:

5953-7058

Оптимизация производительности прибора и скорости взятия отсчетов

Сообщение по использованию прибора: 3458A-2:

5953-7059

Дискретизация с высокой разрешающей способностью при использовании мультиметра 3458A

Сообщение по использованию прибора 3458A-3:

Электронная калибровка мультиметра 3458A

5953-7060

Дополнительный комплект техдокументации

03458-90000



Данное приложение (стр. 301 - 308) доступно только в англоязычном варианте руководства. См. “Agilent Technologies 3458A Multimeter. User’s Guide”.



## **Приложение С**

# **Процедура блокировки переключателей клемм передней/задней панели и защитного экрана**

---

Введение .....	311
Необходимые инструменты .....	311
Процедура установки комплекта	
блокировки .....	311
Снятие крышек прибора .....	312
Удаление тяги переключателя	
защитного экрана .....	314
Удаление тяги переключателя	
клемм передней/задней панели .....	314
Установка колпачков над отверстиями	
для переключателей .....	316
Установка крышек .....	318



## Введение

Во избежание изменения установок переключателей клемм передней/задней панели и защитного экрана эти установки можно заблокировать как по отдельности, так и все вместе. Для этого следует снять с прибора все крышки. Затем удалить тягу переключателя клемм передней/задней панели и тягу переключателя защитного экрана. Далее установить блокирующие колпачки над отверстиями, через которые ранее выступали концы тяг переключателей. Блокирующие колпачки находятся в комплекте блокировки переключателей клемм передней/задней панели и защитного экрана. Наконец, снова установить на место крышки прибора.

---

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

**Следующие ниже операции должны выполняться только квалифицированным персоналом, специально обученным правилам технического обслуживания. Во избежание телесных повреждений не следует выполнять эти операции, не имея надлежащей квалификации.**

---

## Необходимые инструменты

1. Отвертка #1 Pozidriv
2. Отвертка # TX 15 Torx
3. Отвертка # TX10 Torx

## Процедура установки комплекта блокировки

Процедура установки комплекта блокировки подразделяется на следующие ниже этапы.

- Снятие крышек прибора
- Удаление тяги переключателя защитного экрана
- Удаление тяги переключателя клемм передней/задней панели
- Установка колпачков над отверстиями для переключателей
- Установка крышек

## Снятие крышек прибора

Для снятия крышек прибора необходимо выполнить следующие действия:

1. Отключить от прибора все соединения.
2. Отключить от прибора питание сети переменного тока.
3. См. рисунок 35. Повернуть прибор правой стороной к себе.

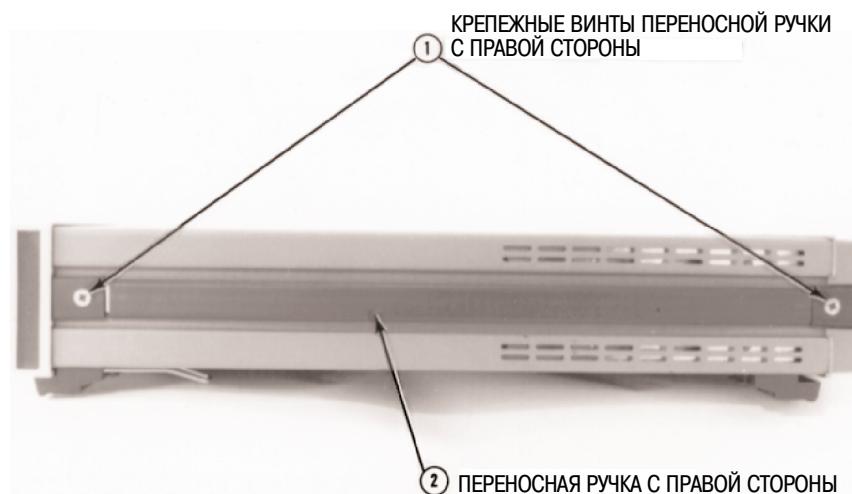


Рисунок 35 - Правая сторона мультиметра 3458А

4. Отверткой #1 Pozidriv удалить винты, крепящие правую переднюю ручку. Затем снять ручку.
5. См. рисунок 36. Повернуть прибор левой стороной к себе.
6. Отверткой #1 Pozidriv удалить винты, крепящие правую переднюю ручку. Затем снять ручку.
7. Отверткой # TX10 Torx удалить заземляющие винты верхней и нижней крышек прибора, как показано на рисунке 37.
8. См. рисунок 38. Повернуть прибор задней панелью к себе.
9. Отверткой # TX 15 Torx удалить крепежные винты задней рамки. Затем снять заднюю рамку.
10. Снять верхнюю крышку, сдвинув её в направлении задней панели.
11. Поставить прибор на стеллаж верхней стороной. **Снять** нижнюю крышку, сдвинув её в направлении задней панели. Оставить прибор в этом положении.

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено на все национальным и международным законом. Содержимое этого руководства не может быть скопировано, воспроизведено, опубликовано, загружено, передано, издано, предоставлено целиком или по частям без письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство компании Agilent Technologies: Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

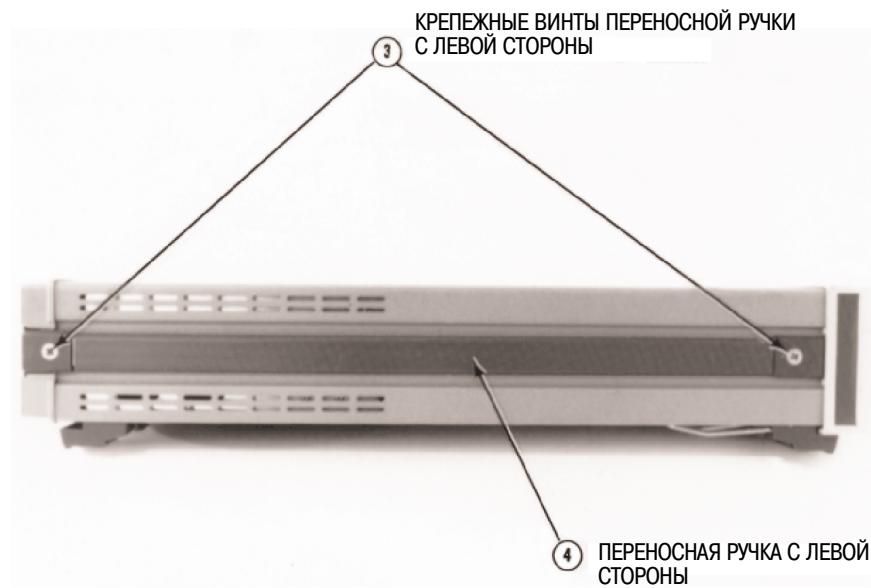


Рисунок 36 - Левая сторона мультиметра 3458А

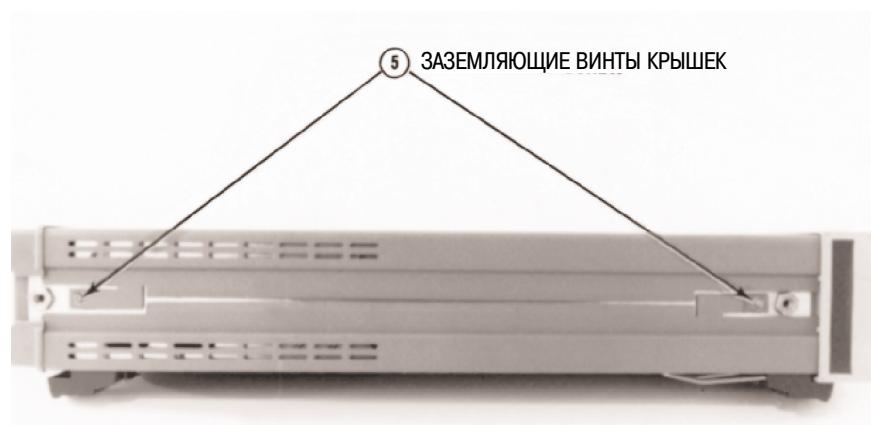
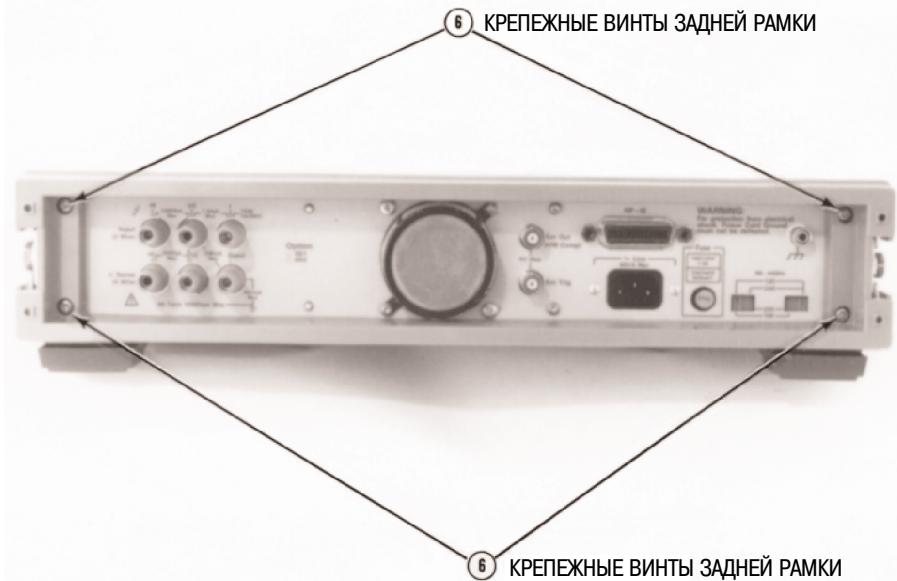


Рисунок 37 - Заземляющие винты крышек



**Рисунок 38 - Вид 3458А со стороны задней панели**

### **Удаление тяги переключателя защитного экрана**

Если блокировать переключатель защитного экрана НЕ ТРЕБУЕТСЯ, перейти к следующему этапу.

1. См. рисунок 39. Отверткой # TX10 Torx удалить крепежный винт нижней части защитного экрана. Затем снять эту часть экрана, сдвинув её в направлении задней панели до совпадения фиксаторов с пазами экрана.
2. См. рисунок 40. Определить местоположение тяги переключателя защитного экрана. Вытащить тягу. Для этого может потребоваться шлицевая отвертка, которую можно использовать при вытаскивании тяги в качестве рычага. Установить переключатель в нужное для работы прибора положение.
3. См. рисунок 39. Установить нижнюю часть защитного экрана на прежнее место. Совместить с фиксаторами пазы на экране. Затем нажать на экран в направлении передней панели до совпадения отверстий для крепежного винта на экране и на шасси. Отверткой # TX10 Torx закрепить винт.

### **Удаление тяги переключателя клемм передней/ задней панели**

Если блокировать переключатель клемм передней/задней панели НЕ ТРЕБУЕТСЯ, перейти к следующему этапу.

1. См. рисунок 41. Установить прибор на стеллаж нижней стороной.
2. Отверткой # TX10 Torx удалить крепежный винт верхней части защитного экрана. Снять экран, сдвинув его в направлении задней панели до совмещения пазов на экране с фиксаторами.

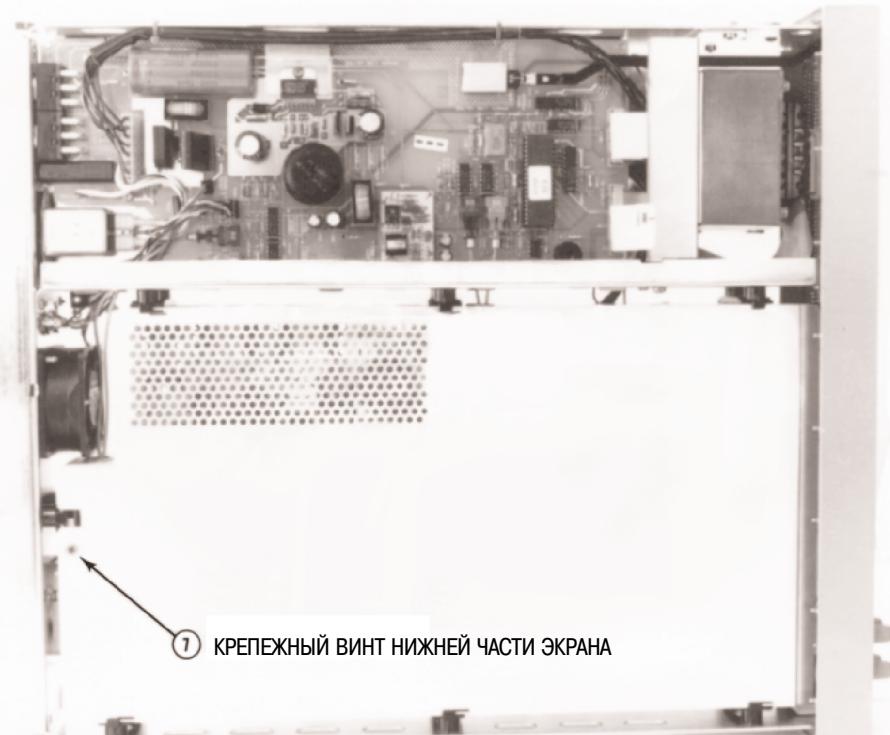


Рисунок 39 - Вид снизу на прибор без крышек

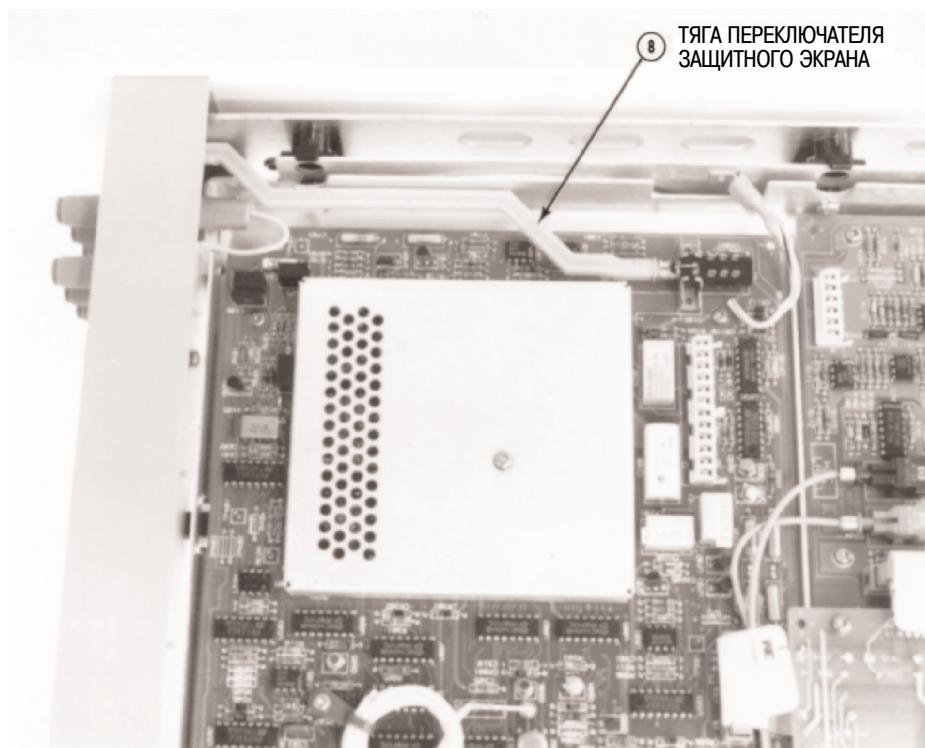
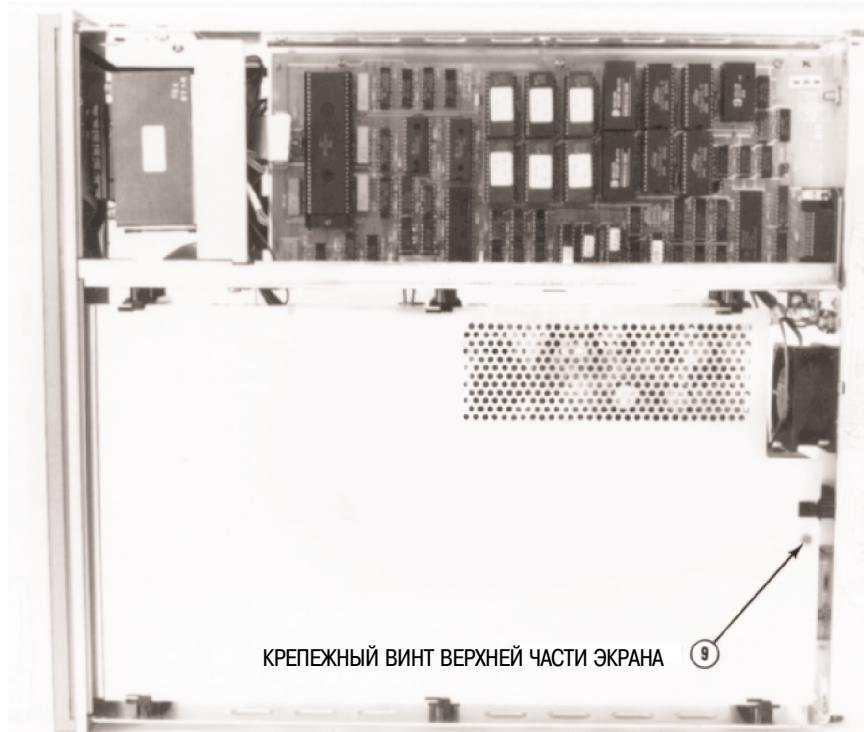


Рисунок 40 - Местоположение переключателя защитного экрана и его тяги



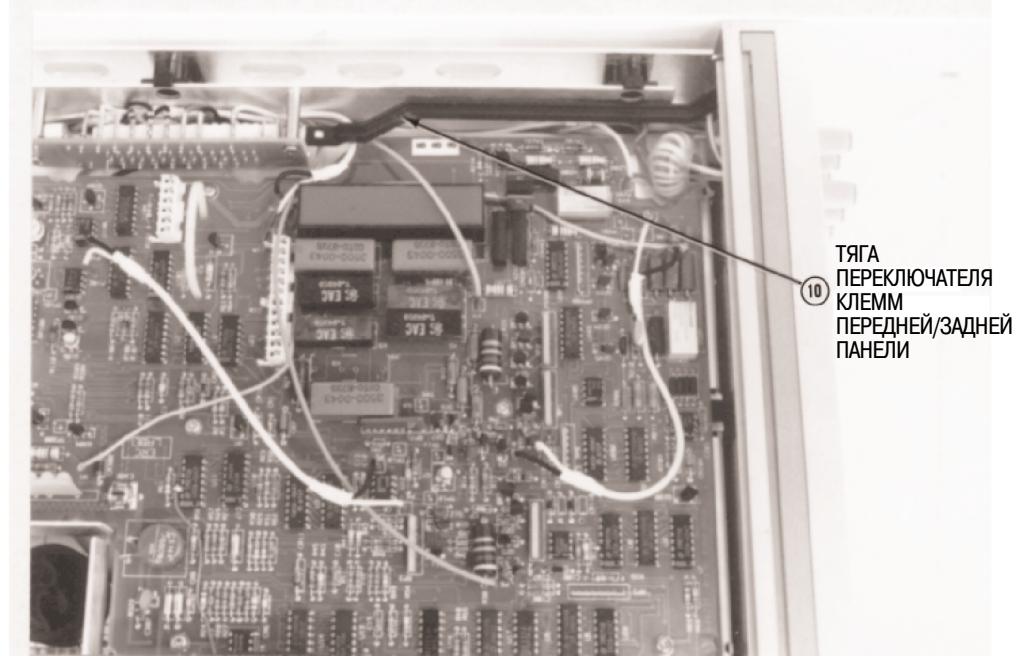
**Рисунок 41 - Вид сверху на прибор без крышки**

3. См. рисунок 42. Определить местоположение переключателя клемм передней/задней панели. Вытащить тягу. Для этого может потребоваться небольшая шлицевая отвертка, которую можно использовать при вытаскивании тяги в качестве рычага. Установить переключатель в нужное для работы прибора положение.
4. См. рисунок 41. Установить верхнюю часть экрана на прежнее место. Совместить с фиксаторами пазы на экране. Затем нажать на экран в направлении передней панели до совпадения отверстий для крепежного винта на экране и на шасси. Отверткой # TX10 Torx закрепить винт.

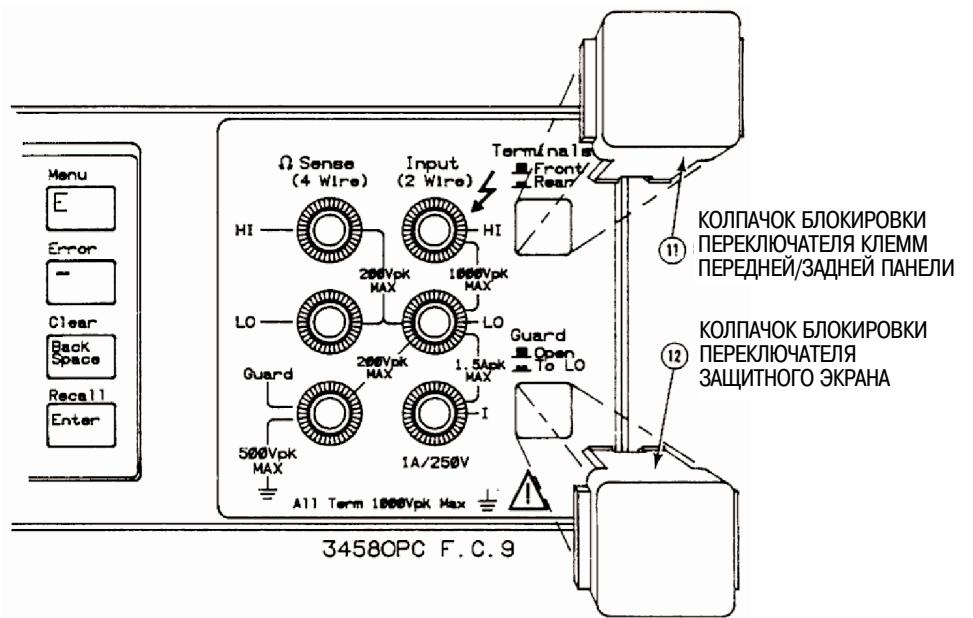
### **Установка колпачков над отверстиями для переключателей**

Выполнить следующие действия.

1. См. рисунок 43. Повернуть прибор передней панелью к себе.
2. Определить местоположение отверстий для переключателя клемм передней/задней панели и переключателя защитного экрана.
3. Взять небольшие блокировочные колпачки из комплекта блокировки переключателей, показанные на рисунке 43.
4. Совместить выступы на колпачке с верхней и нижней кромками отверстия для переключателя клемм передней/задней панели или переключателя защитного экрана.
5. Сжать выступы колпачка и вставить колпачок в отверстие до отказа, защелкнув его в этом положении.
6. Проделать те же операции (пункты 4 и 5) с другим колпачком.



**Рисунок 42 - Местоположение переключателя клемм передней/задней панели и его тяги**



**Рисунок 43 - Установка колпачков блокировки переключателей**

## **Установка крышек**

Для установки крышек необходимо выполнить следующие действия.

1. Установить прибор на стеллаже верхней стороной.
2. Установить нижнюю крышку, вставив её в пазы литых боковин прибора. Затем сдвинуть крышку в рамку передней панели.
3. Установить прибор на стеллаж нижней стороной.
4. Установить верхнюю крышку, вставив её в пазы литых боковин прибора. Затем сдвинуть крышку в рамку передней панели.
5. См. рисунок 38. Повернуть прибор задней стороной к себе.
6. Установить на место заднюю рамку. Отверткой # TX15 Torx закрепить винты задней рамки.
7. См. рисунок 37. Повернуть прибор левой стороной к себе. Отверткой # TX10 Torx закрепить заземляющие винты верхней и нижней крышек.

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

**В целях соблюдения правил техники безопасности и для обеспечения нормальной работы прибора установка заземляющих винтов на крышке обязательна.**

8. См. рисунок 36. Установить на место левую переносную ручку. Отверткой #1 Pozidriv завернуть крепежные винты переносной ручки.
9. См. рисунок 35. Повернуть прибор правой стороной к себе.
10. Установить на место правую переносную ручку. Отверткой #1 Pozidriv завернуть крепежные винты переносной ручки.
11. Теперь прибор готов к работе. Компания Agilent рекомендует после подключения прибора к сети выполнить его автоматическую калибровку с помощью команды ACAL ALL.

## **Приложение D**

## **Оптимизация производительности и скорости взятия отсчетов**

Данное приложение (стр. 319 - 338) доступно только в англоязычном варианте руководства. См. “Agilent Technologies 3458A Multimeter. User’s Guide”.



---

Введение .....	349
Быстродействие с высокой	
разрешающей способностью .....	349
Дискретизация аналоговых сигналов ..	350
Исключение влияния наложения частот ..	350
Выбор одного из двух измерительных	
трактов .....	351
Использование тракта измерения	
напряжения постоянного тока	
для прямой дискретизации .....	351
Использование тракта со схемой	
выборки хранения для прямой	
дискретизации и субдискретизации ..	352
Захват данных .....	352
Высокоскоростная пересылка данных .....	355
Библиотека Wave Form Analysis .....	355
Стартер главной программы .....	357
Погрешности измерения .....	358
Амплитудные погрешности .....	359
Погрешности запуска и временной базы ..	361

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено на все национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержимое этого руководства не может быть скопировано, воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, изменено, предоставлено целиком или по частям без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies: Российское представительство Agilent Technologies: тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

(Из сообщения по использованию изделия 3458-2)

## Введение

При использовании в составе системы или отдельно мультиметр 3458А с помощью компьютера может оцифровывать форму сигнала с низким искажением и очень высоким разрешением. Мультиметр 3458А обладает скоростью измерения и точностью синхронизации, достаточными для выполнения прямой дискретизации сигналов с частотами составляющими до 50 кГц или субдискретизации повторяющихся сигналов с частотой до 12 МГц с разрешением 16 бит или более.

В данном приложении рассматриваются следующие вопросы:

1. Конфигурирование 3458А для захвата сигналов переходных процессов, используя прямую дискретизацию.
2. Конфигурирование 3458А для захвата повторяющихся сигналов, используя субдискретизацию.
3. Использование склона и запуска по уровню для захвата требуемых данных.
4. Пересылка данных измеренного сигнала от 3458А в компьютер HP 9000 серии 200/300 со скоростью 100 Квыборок/с.
5. Использование памяти программ 3458А для захвата сигналов по нескольким каналам, запоминание их в памяти отсчетов 3458А, прерывание компьютера HP 9000 серии 200/300 по завершению выполнения задачи, пересылка данных от мультиметра в компьютер для сравнения, анализа и графического представления.
6. Использование библиотеки анализа формы сигнала (Wave Form Analysis), поставляемой как вариант комплектации 005 мультиметра 3458А, для сбора данных, анализа и графического представления оцифрованных сигналов.
7. Разъяснение технических характеристик, касающихся дискретизации формы сигнала и динамических характеристик.

## Быстродействие с высокой разрешающей способностью

- 16 бит при 100 Квыборок/с
- 18 бит при 50 Квыборок/с

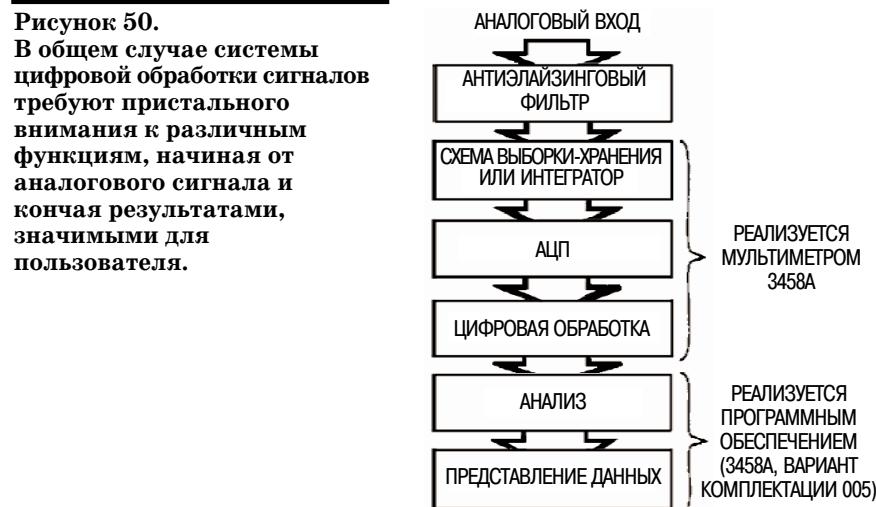
Мультиметр 3458А обладает универсальными характеристиками быстродействия и разрешающей способности для измерения сигналов в звуковой полосе частот. При дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока сигнал звукового диапазона может быть оцифрован с задержкой запуска менее чем 175 нс и джиттером (от измерения к измерению) менее 100 пс. При использовании схемы выборки хранения мультиметр 3458А может оцифровывать повторяющиеся сигналы с полосой частотой до 12 МГц, используя метод субдискретизации с частотой 50 Квыборок/с при разрешающей способности 16 бит.

## Дискретизация аналоговых сигналов

Большинство систем цифровой обработки сигналов могут быть представлены, как показано на рисунке 50. В любой системе цифровой обработки сигналов имеется минимально допустимая частота дискретизации, называемая частотой Найквиста, которая определяется теоремой выборок, сформулированной ниже.

При дискретизации аналогового сигнала частота дискретизации должна быть по крайней мере в два раза выше самой высокой частотной составляющей ( $f_0$ ) в спектре дискретизируемого сигнала. Частотные составляющие выше  $f_0$  будут “накладываться” на частотный диапазон ниже  $f_0$  и мешать точному представлению сигнала. Например, меандр может быть представлен суммой бесконечного множества синусоид (рядом Фурье) и содержит очень высокие частотные составляющие. Поэтому попытка дискретизации такого сигнала без антиэлайзингового фильтра на входе приведет к сильному влиянию наложения паразитных частот на захваченный сигнал, так что представления реального сигнала могут оказаться бессмысленными.

**Рисунок 50.**  
В общем случае системы цифровой обработки сигналов требуют пристального внимания к различным функциям, начиная от аналогового сигнала и кончая результатами, значимыми для пользователя.

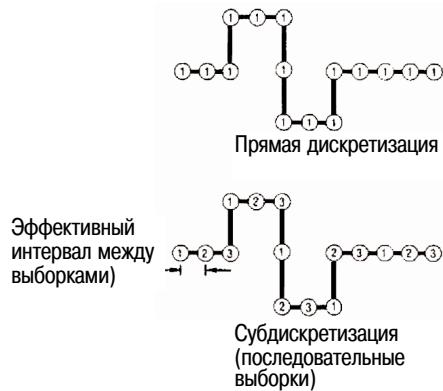


## Исключение влияния наложения частот

Чтобы предотвратить искажения сигнала, вызываемые наложением побочных частот, эффективный интервал выборок должен соответствовать критерию Найквиста, то есть быть равным  $1/(2f_0)$ . При прямой дискретизации эффективный интервал между выборками это фактический временной интервал, установленный между измерениями. Поэтому для тракта, использующего схему выборки-хранения, максимальная частота сигнала не должна превышать 25 кГц при интервале между выборками 20 мкс, а для тракта измерения напряжения постоянного тока - 50 кГц и 10 мкс, соответственно. Если присутствуют более высокие частоты, то в тракт передачи сигналов необходимо вставить низкочастотный фильтр с полосой частот  $f_0$  или менее.

При субдискретизации (последовательной выборке) эффективный интервал времени между выборками - время между выборками реконструированного сигнала (см. рисунок 51). При задании эффективного интервала между выборками менее 35 нс полоса пропускания тракта, использующего схему выборки хранения, составляет 12 МГц и устраняет большую часть искажений, вызванных наложением побочных частот. Если эффективный интервал между выборками больше 35 нс, а частоты выше 12 МГц, то также требуется внешний фильтр.

**Рисунок 51.**  
 При прямой дискретизации сбор данных о входном сигнале производится за проход одного периода. При субдискретизации требуется повторяющийся сигнал, период которого реконструируется за проход нескольких периодов. Показанные номера представляют выборки, собранные в одном периоде входного сигнала.



## Выбор одного из двух измерительных трактов

3458A имеет два различных измерительных тракта входного сигнала: стандартный тракт измерения напряжения постоянного тока (DCV) и тракт с использованием схемы выборки-хранения (см. рисунок 52). Измерительный тракт с использованием схемы выборки-хранения используется при прямой дискретизации и субдискретизации. Тракт измерения напряжения постоянного тока используется исключительно для прямой дискретизации. По усмотрению пользователя можно использовать для субдискретизации и стандартный тракт измерения напряжения постоянного тока, но для этого требуется запрограммировать алгоритм сбора данных.

### Использование тракта измерения напряжения постоянного тока для прямой дискретизации

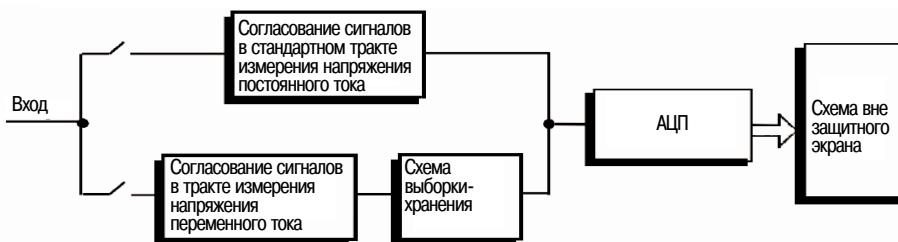
Тракт измерения напряжения постоянного тока устанавливается командой "RESET DIG". Эта команда задает параметры по умолчанию для прямой дискретизации входного сигнала (взятие 256 выборок с частотой дискретизации 50 Квыборок/с, значение полной шкалы установлено на 10 В). Схема запуска установлена на запуск входным сигналом по уровню 0 В на положительном склоне при закрытом входе. Следовательно, с этими заданными по умолчанию условиями можно захватить по крайней мере один период для частот в диапазоне от 200 Гц до 25 кГц.

При использовании стандартного тракта измерения напряжения постоянного тока также возможны варианты установок: от 18 бит ( $5\frac{1}{2}$  десятичных разрядов) при частоте дискретизации 6 Квыборок/с до 16 бит ( $4\frac{1}{2}$  разряда) при частоте дискретизации 100 К выборок/с. Уровень шума на пределе 10 В при соответствующих частотах дискретизации составляет 0,005% и 0,05%, соответственно.

С увеличением разрешающей способности в тракте измерения напряжения постоянного тока требуется соответствующее увеличение апертурного времени. Поэтому очевидный компромисс между уменьшением шума и большей разрешающей способностью - потеря информации из-за расширения апертуры выборки. Для захвата пикового значения импульса апертура должна быть не шире, чем ширина импульса. С практической точки зрения недостоверность запуска может сделать захват пикового значения амплитуды почти невозможным для импульсов с шириной приблизительно равной апертуре выборки. Решение состоит в том, чтобы сузить апертуру к точке, где полоса пропускания входного усилителя есть фактор ограничения разрешающей способности, а не апертуры выборки.

**Рисунок 52.**

Мультиметр 3458А имеет два различных тракта дискретизации входного сигнала: стандартный тракт измерения напряжения постоянного тока (DCV) и тракт с использованием схемы выборки-хранения.



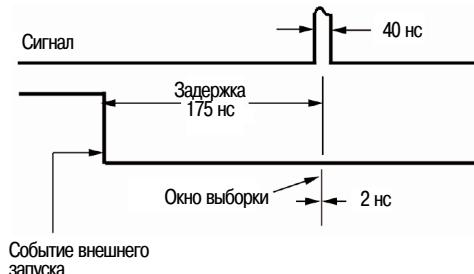
## Использование тракта со схемой выборки-хранения для прямой дискретизации и субдискретизации

Тракт с использованием схемы выборки-хранения позволяет захватить амплитуду коротких импульсов. Этот тракт имеет полосу пропускания 12 МГц и фиксированную апертуру 2 нс. Имея величину джиттера запуска около 2 нс, можно с помощью небольшого поиска получить пиковую амплитуду короткого импульса 40 нс без потери качества измерения, как показано на рисунке 53. Времена нарастания менее 10 нс приведут к выбросу на вершине импульса в оцифрованной форме сигнала; поэтому если есть вероятность того, что сигналы с такими частотными составляющими будут поданы на вход 3458А, следует ограничить полосу сигнала с помощью фильтра. Прямая дискретизация с использованием тракта со схемой выборки-хранения позволяет захватывать сигналы с частотными составляющими до 12 МГц. Этот же тракт используется для субдискретизации повторяющихся сигналов до 12 МГц.

Запрограммировать 3458А для прямой дискретизации или субдискретизации с использованием тракта со схемой выборки-хранения достаточно просто. Требуется лишь одна команда. Например, команда DSAC задает прямую дискретизацию, закрытый вход. Команда SSAC задает субдискретизацию, закрытый вход.

**Рисунок 53.**

Захват амплитуды коротких импульсов требует использования тракта со схемой выборки-хранения с полосой пропускания до 12 МГц. Минимальное время между выборкой и событием запуска равно 175 нс.



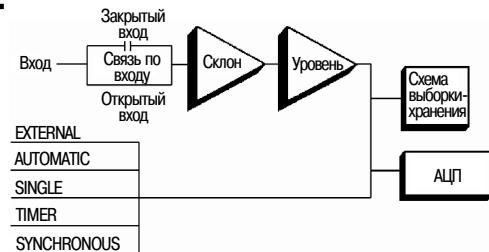
## Захват данных

Запуск начала цикла измерения мультиметра 3458А может быть инициирован: уровнем и склоном входного сигнала, пересечением напряжением сети питания уровня 0 В, командой GET (запуск группы) интерфейса GPIB, внешним сигналом TTL, внутренним генерированным сигналом запуска (при взятии группы отсчетов этот сигнал используется для задания темпа измерений), компьютером при запросе им отсчета.

Мультиметр 3458А обладает всеми средствами, необходимыми для захвата интересующего сигнала, имея три события запуска и до восьми условий, которые следует выполнять, включая уровень и склон формы сигнала. Иерархия событий запуска определяется следующим образом: подготовка запуска (TARM), запуск (TRIG) и число отсчетов на один запуск (NRDGS).

Имеются две дополнительные команды, используемые для прямой дискретизации и субдискретизации: SWEEP, аналогичная по назначению команде NRDGS, и SSRC, задающая источник запуска (по уровню или внешний) для субдискретизации. Из множества событий или условий можно задать именно те, которые должны быть удовлетворены перед выполнением измерений, как показано на рисунке 54. Заданное по умолчанию условие для всех трех событий запуска - AUTO; 3458A сформирует свой собственный запуск так быстро, как позволит текущая конфигурация установок мультиметра.

**Рисунок 54.**  
Показанные варианты  
событий запуска  
представляют гибкость,  
необходимую для широкого  
круга прикладных задач.



TARM - первое событие, которое должно произойти. Его функция - подготовить схему запуска к приему сигнала запуска. Например, если для интересующего сигнала синхронизирующий сигнал был бы внешним, то команда TARM EXT могла бы быть использована для подготовки 3458A к отслеживанию появления события запуска. Кроме того, TARM может использоваться для управления повторяющимися последовательностями измерения посредством добавления числа повторов конкретного цикла измерений. Например, команда TARM SGL,4, задает подготовку запуска мультиметра четыре раза, а затем останавливает режим подготовки запуска. См. рисунок 55.

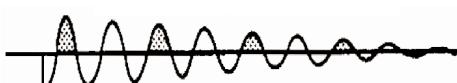
**Рисунок 55.**  
Дискретизация с использованием стандартной команды запуска. Команда подготовки запуска, TARM SGL,4 позволяет повторить цикл измерения только 4 раза, уменьшая число отсчетов, необходимых для определения доли, занимаемой закрашенными областями формы входного сигнала.

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"           ! Устанавливает 3458A
                                         в состояние удерживания
                                         измерения
20 OUTPUT 722,"TRIG EXT"            ! Задает событие запуска
30 OUTPUT 722,"NRDGS 5,TIMER"       ! Задает пакет из 5 отсчетов
                                         на каждый запуск
40 OUTPUT 722;"TIMER 2E 3"          ! Время между отсчетами будет
                                         соответствовать установке
                                         TIMER (2E-3 или 2 мс)
200 OUTPUT 722;"TARM SLG,4"          ! При возникновении внешнего
                                         сигнала запуска разрешено
                                         начать
                                         четыре пакета измерений

```

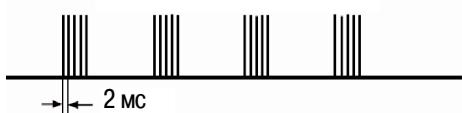
Форма входного сигнала  
(исчезающая синусоида частотой 100 Гц)



Сигнал синхронизации для внешнего  
запуска (TRIG EXT)



Пакеты отсчетов, темп взятия которых  
определяется установками TRIG EXT и  
TIMER (NRDGS 5,TIMER)



**TRIG** - следующее событие, которое должно произойти. Только после того, как произошли оба события, TARM и TRIG, можно реализовать пакет измерений, заданных командой NRDGS. См. рисунок 56.

**NRDGS** [# of readings] [,event]

Эта команда позволяет задать число отсчетов, которое нужно взять, условие запуска для каждого отсчета и число отсчетов, запоминаемых в памяти до или после события запуска.

Команды SWEEP и SSRC специально предназначены для упрощения задачи дискретизации.

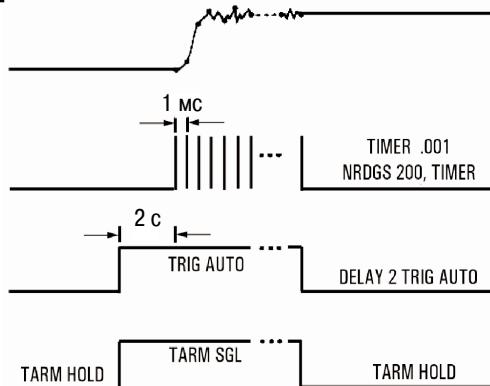
**SWEEP** [effective interval between readings] [,number of readings]

Эта команда объединяет параметры команды NRDGS и TIMER.

Команда SSRC задает источник синхронизации для субдискретизации: внешний или по уровню. Обе команды SWEEP и SSRC используются для SSAC (субдискретизация, закрытый вход) или SSDC (субдискретизация, открытый вход), а NRDGS и TRIG игнорируются. Для команд DSAC (прямая дискретизация, закрытый вход) и DSDC (прямая дискретизация, открытый вход) применяются все команды запуска, но использование обеих этих команд в одном и том же измерении не рекомендуется.

**Рисунок 56.**

При возникновении событий подготовки запуска и запуска для дискретизации формы сигнала можно использовать пакет измерений, как показано в этом примере.



Команда SSRC позволяет задать либо внутренний запуск по уровню, либо синхронизацию с внешним запуском. В режиме субдискретизации команда SSRC EXT подсчитывает число внешних запусков, которые необходимы для выполнения измерения, заданного командой SWEEP.

Например, для захвата формы сигнала с временным разрешением 100 нс для 4096 отсчетов следует использовать команду:

[SWEEP 100E-9, 4096 ]

3458A умножает число отсчетов на временной интервал и делит на минимальное время между выборками.

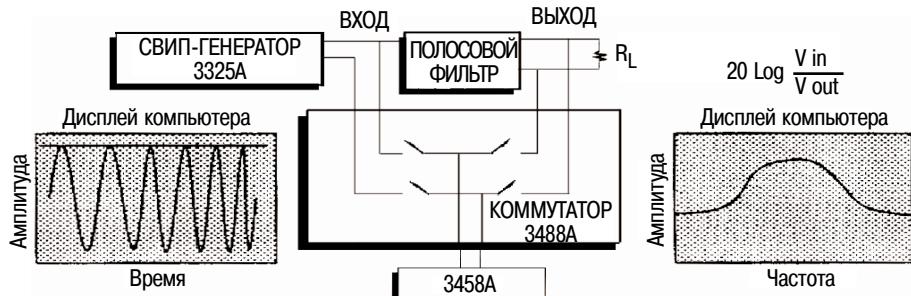
Задержка может быть использована в сочетании с синхронизацией внешним запуском для взвешивания результата измерения с использованием финитной функции, чтобы подробнее исследовать интересующие части формы сигнала. Например, рассмотрим использование 3458A в качестве широкополосного измерителя фазы/коэффициента усиления с помощью источника 3325A для измерения передаточной функции полосового фильтра в диапазоне от 0,5 до 5 МГц. См. рисунок 57. Самая высокая частота - 5 МГц, так что минимальное время между выборками полной полосы диапазона составляет 100 нс для двух выборок за цикл.

Предлагается два метода для данного анализа: (1) свипирование полного спектра частот с интервалом 100 нс, или (2) деление

спектра частот на два диапазона и свипирование этих диапазонов с интервалом  $1/(2f_0)$  для каждого диапазона. В первом случае минимизировано время сбора данных, во втором случае минимальна потребность в быстром компьютере.

Рисунок 57.

Использование 3458A в качестве широкополосного измерителя фазы/коэффициента усиления совместно со свип-генератором для получения зависимости амплитуды от времени и частоты на графиках Боде. Можно измерить характеристики испытуемого устройства (полосового фильтра) в частотной области, выполняя привязку ко времени с помощью синхронизированных по фазе сигналов запуска.



## Высокоскоростная пересылка данных

Мультиметр 3458A может пересыпать отсчеты с максимальной скоростью в компьютер серии 200/300 семейства HP9000 с платой прямого доступа к памяти, если только компьютер настроен для захвата данных на этой скорости. Показания могут пересыпаться из внутренней памяти 3458A или по мере того, как мультиметр выполняет измерения. Необходимы два условия: ресурсы мультиметра должен быть полностью посвящены высокоскоростному взятию отсчетов, и в компьютере должны быть установлены соответствующие буферы.

RESET DIG именно та команда, которая необходима для 3458A. Она устанавливает мультиметр на самую высокую возможную скорость.

До тех пор, пока прямая дискретизация удовлетворяет требованиям пользователя, нет проблем с восстановлением формы сигнала по мере представления данных в компьютер. При использовании памяти для запоминания данных о захваченном сигнале перед пересылкой их в компьютер мультиметр упорядочивает эти данные в соответствии с требованиями пользователя.

### Библиотека Wave Form Analysis

Библиотека анализа формы сигнала (Wave Form Analysis), поставляемая как вариант комплектации 005 мультиметра 3458A, не только позволяет собрать данные формы сигнала без необходимости использования даже простых команд для управления 3458A, но позволяет также анализировать и представлять данные, имея минимум знаний о компьютере и приборе. Простая последовательность выполнения установок для измерения, сбора данных измерения, анализа и представления - это все, что необходимо знать при разработке главной программы пользователя, которая вызывает как подпрограммы на языке BASIC, так и скомпилированные подпрограммы. См. рисунок 58.



В дополнение к анализу параметров во временной области (частота, время нарастания, длительность импульса и выброс на вершине импульса) библиотека анализа формы сигнала предлагает анализ в частотной области с помощью быстрого преобразования Фурье (FFT) и обратного преобразования Фурье (IFT) с функцией фильтра Хэннинга. Кроме того, библиотека анализа формы сигнала предоставляет программу “Fast Scope” (быстрый просмотр), которая позволяет мультиметру 3458А и компьютеру НР 9000 серии 200/300 выполнять измерения со скоростью до 50 Квыборок/с и представлять данные на дисплее компьютера с частотой обновления до 5/с. Фактически такое сочетание аппаратных и программных средств предоставляет в распоряжение пользователя одноканальный осциллограф с полосой пропускания 12 МГц и высоким разрешением.

Библиотека анализа формы сигнала позволяет также сравнить захваченную предварительно форму сигнала с предельными значениями, накладываемыми при измерении входного сигнала. Библиотека анализа формы сигнала предоставляет также несколько сервисных функций: Format форматирует выводимое изображение в технических единицах; Intro выполняет линейную интерполяцию между точками выборок; Sinc выполняет интерполяцию функции sinc между точками выборок для сигналов, захваченных с частотой, близкой к пределу Найквиста; Warn58 печатает сообщения об ошибках и предупреждения на дисплее компьютера или принтере.

В качестве примера рассмотрим, как библиотека анализа формы сигнала может использоваться для захвата амплитудно-модулированного сигнала, чтобы определить несущую, частоту модуляции и глубину модуляции.

Сначала должна быть написана главная программа для вызова библиотечных подпрограмм. Главная программа - это блок программного кода, который управляет и вызывает подпрограммы в порядке, необходимом для решения измерительной задачи. В зависимости от этой задачи, главная программа может быть короткой или длинной. Часть главной программы показана ниже. Эта программа захватывает форму сигнала, используя 3458А, передает данные формы сигнала в компьютер и отображает форму сигнала на дисплее компьютера. Она использует четыре библиотечных подпрограммы: подпрограмма Setup\_dig установки цифрового мультиметра, которая определяет способ дискретизации формы сигнала (DCV, DSAC, DSDC, SSAC, SSDC), временной интервал между выборками и число выборок (если планируется использование подпрограмм FFT или IFT, число выборок должно быть степенью двух); подпрограмма Wfdgtz захвата формы сигнала; подпрограмма Wfmove пересылки данных; подпрограмма Wfplot вычерчивания графика.

```

1280 CALL Setup_dig(1,1.e 5,1000)
1270 CALL Wfdgtz(1)
1280 CALL Wfmove("1","98",Scal(*),Wavf(*),Clip)
1290 CALL Wfplot(Scal(*),"Wave form 1",Wavf(*),1,1)

```

Подпрограмма - один из наиболее мощных элементов, доступных в любом языке программирования. Каждая подпрограмма имеет собственный контекст или состояние в отличие от главной программы. Это означает, что каждая подпрограмма имеет собственный набор переменных и собственных меток строк.

## Стартер главной программы

Каждая программа, использующая библиотечные подпрограммы, должна иметь главную программу. Для большинства массивов данных, рассматриваемых в данном приложении, должны быть определены размеры в каждой главной программе. Кроме того, операторы СОМ, используемые многими библиотечными подпрограммами, необходимы в большинстве главных программ. Стартер главной программы, включенный в состав библиотеки анализа формы сигнала, может формировать начало всех главных программ, как показано ниже.

```

10 ! Главная программа
20 ! Основной шаблон главной программы
30 !***ОБЩИЙ БЛОК
40 COM/Hp3458/@Recorder,Xist_plotter,Prt,Bus,Xist
50 !***Массивы вещественных чисел
60 REAL Scal(0:4),Yamp(0:7)
70 !СТРОКИ
80 DIM Source$(50),Destin$(50),Titles$(30)
90 !***МАССИВЫ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ
100 INTEGERWavf(1:16384),Redg(0:30),Fedg(0:30),Bandwf(0:163)
110 DISP
120 OUTPUT I USING "@"
130 !
140 CALL Init58
150 !
160 GINIT
170 !
180 !Вставить пользовательскую главную программу отсюда
190 !и до сюда
250
260 END

```

Возвращаясь к первоначальной задаче, можно перечислить подпрограммы, необходимые для анализа амплитудно-модулированного сигнала:

**Setup\_dig, Wfdgtz, Wfmove, Fft и Fft\_plot**

Другими словами следующие строки нужно вставить как главную программу:

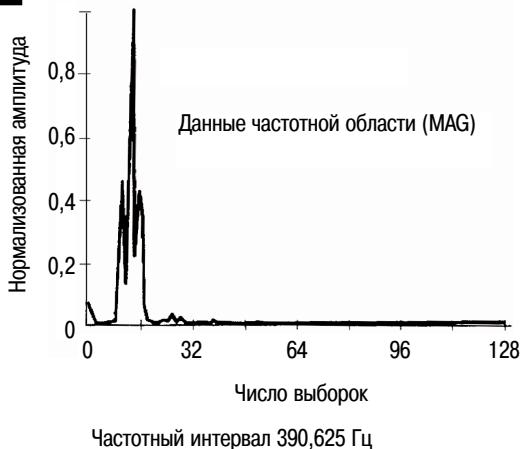
```

190 CALL Setup_dig(2,20E 6,512)
200 CALL Wfdgtz (1)
210 CALL Wfmove("1","98",Scal(*),Wavf(*),Clip)
220 CALL Fft (512,1,Hanning,Wavf(*),Real_dat(*),Imag_dat(*),Magn_dat(*))
240 CALL Fft_plot(Magn_data(*),Smpl_intvl,Dyn_range,F_start,F_stop,Title$)
250 END

```

Результаты исполнения этой программы показаны на рисунке 59.

**Рисунок 59.**  
Пример результатов,  
полученных при  
использовании библиотеки  
Wave Form Analysis.



## Погрешности измерения

Гибкость 3458А позволяет избежать или компенсировать многие из погрешностей измерения, которые могут возникнуть в процессе дискретизации. Погрешности, связанные с дискретизацией, можно подразделить по их вкладу в амплитудную погрешность и временную погрешность, определяющих общую погрешность измерения. Для динамических сигналов временные ошибки приводят к амплитудным погрешностям. К счастью, большинство измерений, зависящих от времени, дифференциальные. Поэтому любые абсолютные временные ошибки устраняются посредством калибровки. Более близкий взгляд на блок-схему 3458А помогает обнаружить источники погрешностей измерения, перечень которых приведен на рисунке 60.

Вообще говоря, ошибки, которые влияют на результаты измерения с использованием дискретизации, очевидны как для амплитудной, так и временной оси.

Для амплитудной оси:

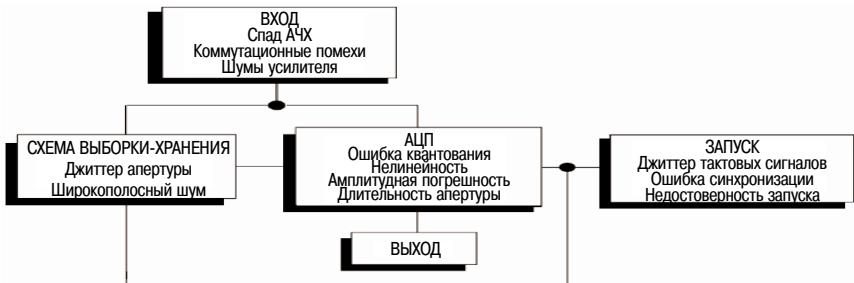
1. Ошибка квантования
2. Пропущенный код
3. Нелинейность
4. Шум
5. Полоса пропускания
6. Амплитудная погрешность

Для временной оси:

1. Джиттер временной базы
2. Недостоверность запуска
3. Ошибка запуска
4. Время задержки запуска
5. Длительность апертуры
6. Джиттер апертуры

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержимое этого руководства не может быть скопировано, загружено, воспроизведено, опубликовано, передано, изменено, передано или предоставлено целиком или по частям без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство Agilent Technologies: тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

**Рисунок 60.**  
Указанные источники ошибок дискретизации должны учитываться при любом измерении.



## Амплитудные погрешности

Узел согласования входного сигнала 3458А имеет переключатели (реле), аттенюаторы и усилители, предназначенные для согласования (нормализации) и маршрутизации сигнала либо для АЦП, либо для схемы выборки-хранения. Автоматическая калибровка нуля устраняет ошибки смещения входа, но остаточная погрешность распространяется дальше. Данный узел - низкочастотная часть 3458А. Поэтому, в зависимости от полосы частот, сигнал проходит через фильтр низких частот (входной усилитель), прежде чем поступит на вход АЦП.

Ошибка квантования - это фундаментальная, непреодолимая ошибка, связанная с совершенным квантованием непрерывного (аналогового) сигнала в конечное число цифровых битов. Следовательно, разрешающая способность АЦП непосредственно влияет на возможность детального измерения формы сигнала на входе. Некоторые ограничения могут быть преодолены избирательными усилителями, которые позволяют провести детальное исследование сигнала в присутствии больших смещений, но введение усилителя добавляет ошибки в измерение, поэтому это не является необходимым для АЦП с высоким разрешением.

Пропущенный код может проявляться только на высокой скорости. Наиболее общими причинами пропуска кода являются диэлектрические потери и поляризация диполей в изоляционном материале, окружающем проводник. Тщательно продуманная конструкция может устранить эту проблему, но диэлектрические потери могут стать причиной влияния на результаты измерения "следов" от предыдущих измерений. Однако если для АЦП задано достаточное время установления, влияние этой причины становится ниже уровня квантования.

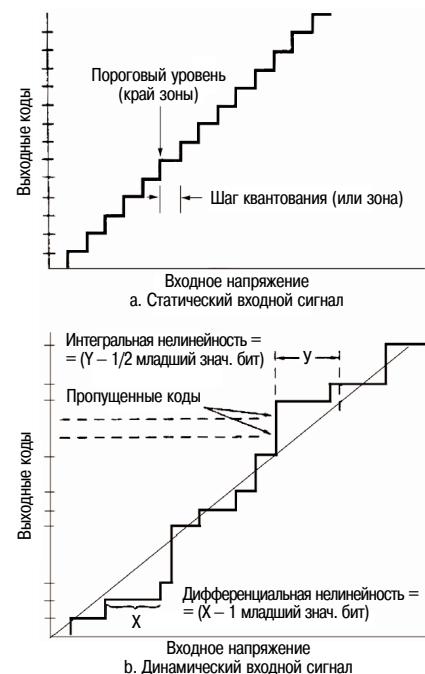
Пропущенный код вместе с погрешностью квантования приводят к нелинейности АЦП, которая проявляется в двух формах: дифференциальная нелинейность и интегральная нелинейность. Дифференциальная нелинейность самая большая ступень (перепад), которая возникает между последовательными уровнями квантования. Интегральная нелинейность максимальное отклонение кривой нелинейности от обработки результатов методом наименьших квадратов. Вообще, дифференциальная нелинейность может привести к существенной погрешности измерения, если случится так, что сигнал низкого уровня попадет на ту часть передаточной функции АЦП, в которой присутствует ошибка дифференциальной нелинейности. Интегральная нелинейность в АЦП вообще наиболее пагубно проявляется при оцифровке сигналов полной шкалы.

Необходимо понять, что передаточная функция для АЦП очень сильно зависит от скорости нарастания ( $dV/dt$ ). Передаточная функция уровня входного сигнала постоянного тока может быть

почти идеальной. Передаточная функция в динамическом рабочем режиме может порождать многочисленные ошибки, как показано на рисунке 61.

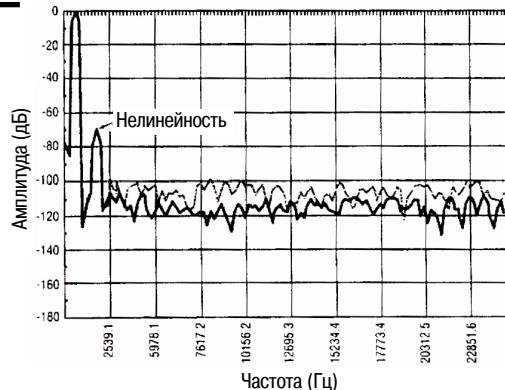
Неизбежная реальность в любом измерении - сопутствующий шум при увеличении ширины полосы пропускания. Влияние случайного шума измерения может быть уменьшено посредством усреднения результатов измерения. Независимо от того, вызван ли этот шум тепловым шумом (шумом Джонсона) или другим шумом, связанным с работой схемы, либо шумом на входном сигнале, устранение этих шумов всегда приводит к увеличению времени измерения. Критерий качества измерительного прибора, использующего метод дискретизации входного сигнала, называемый "эффективными битами" разрешающей способности, учитывает шум вместе с линейностью АЦП, чтобы показать пригодное для использования разрешение дискретизатора: эффективные биты =  $N - \log_2$  (среднеквадратическая (фактическая) ошибка/среднеквадратическая (идеальная) ошибка)

**Рисунок 61.**  
При статических уровнях  
входного сигнала  
постоянного тока АЦП  
может демонстрировать  
идеальную передаточную  
функцию, как показано на  
рисунке 12а. Однако  
в динамическом режиме  
могут возникнуть ошибки,  
показанные на рисунке 12б.



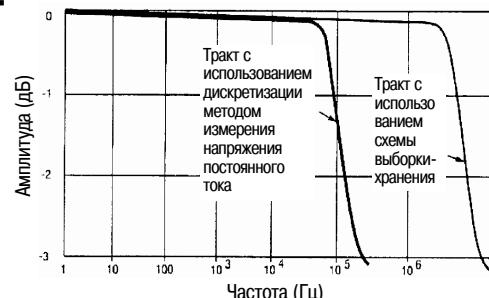
Среднеквадратическая (фактическая) ошибка - это ошибка, измеренная относительно наилучшего приближения абсолютной (гармонической) волны. Среднеквадратическая (идеальная) ошибка - это теоретическая ошибка совершенного N-разрядного АЦП. Для приборов с низким разрешением эффективные биты настоящий критерий качества; для приборов с высоким разрешением шум, связанный с любым измерением, снижает фактическую эффективность АЦП. Однако если берется большое число выборок или, что эквивалентно, выборки усредняются, шум может быть снижен до значения, при котором становятся заметны действительные ошибки квантования и нелинейности при выполнении преобразования Фурье над собранными данными. Этот результат показан на рисунке 62. Третья гармоника входного сигнала является фактически интегральной нелинейностью. Усреднение десяти выборок не сокращает ее степень, тогда как уровень шума падает на 10 дБ.

**Рисунок 62.**  
**АЦП**, в которых  
 проявляются ошибки  
 нелинейности, вызывают  
 паразитные отклики. Эти  
 отклики не устраняются  
 при усреднении.  
**Мультиметр 3458A**  
 обладает линейными  
 характеристиками до 16 бит  
 на скорости до  
 до 100000 отсчетов/с.



В мультиметре 3458A имеется два тракта прохождения входного сигнала. Различия заключаются в том, что прямой тракт АЦП (измерение напряжения постоянного тока) имеет полосу пропускания до 160 кГц и частоту дискретизации до 100000 отсчетов/с; тракт, в котором используется схема выборки-хранения, обладает полосой пропускания 12 МГц при частоте дискретизации 50000 отсчетов/с. Оба тракта имеют спад амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в области верхних частот: номинально на 3 дБ вниз (половина мощности) на частоте среза. Поэтому в результаты измерения могут проникнуть два источника ошибок: наложение побочных частот и спад АЧХ. В тракте с использованием схемы выборки-хранения наложение побочных частот может быть устранено путем увеличения эффективной частоты дискретизации до 100 Мвыборок/с, а для схемы выборки-хранения может быть получена характеристика спада амплитуды в интересующей полосе частот для компенсации этого спада. В случае тракта, использующего измерение напряжения постоянного тока, единственным решением проблемы наложения побочных частот является применение низкочастотного аналогового фильтра. См. рисунок 63.

**Рисунок 63.**  
**Спад амплитудно-частотной**  
**характеристики**  
**мультиметра 3458A** для его  
 двух различных трактов  
 измерения.



Наконец, погрешность самого измерения, хотя и не часто рассматриваемая для таких устройств, как дискретизаторы, связывается с нормируемой погрешностью мультиметра 3458A. Для статических и динамических измерений абсолютная погрешность фактически не превышает разрешающей способности мультиметра. Например, при долговременном дрейфе абсолютная погрешность составляет менее  $7 \times 10^{-6}$  за год.

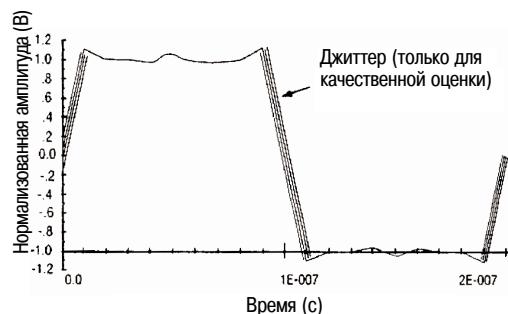
## Погрешности запуска и временной базы

Прецизионный термостатированный кварцевый генератор, используемый в мультиметре в качестве источника временной базы, имеет собственный дрейф и дрожание фазы (джиттер), которые влияют на измерение амплитуды входного сигнала. Но поскольку значения погрешности временной базы и джиттера очень малы (менее 50 пс), они не оказывают фактического влияния на результаты измерения в пределах полосы пропускания 3458A.

Погрешность из-за джиттера временной базы не накапливается. Поэтому в каждой точке выборки существует только собственная погрешность, связанная с джиттером, которая не связана с джиттером в предыдущей точке выборки. Влияние всех погрешностей временной базы показано на рисунке 64.

Погрешность запуска на несколько порядков больше, чем погрешность временной базы и погрешность, связанная с джиттером. На нее влияют два фактора. Поскольку в 3458А отсутствует линия задержки, имеется время ожидания запуска (временная задержка между запуском и началом измерения), которое устанавливается микропрограммным обеспечением, тактовым сигналом и схемами синхронизации. Установленное значение этого времени составляет менее 175 нс для внешнего запуска. На погрешность запуска может повлиять также шум на сигнале запуска и колебания интерполятора времени между измерениями. Величина погрешности запуска составляет порядка 50 пс, за исключением случаев с очень большими помехами, в которых рекомендуется использовать фильтр для сигнала запуска, сокращающий полосу пропускания схемы запуска до номинального значения 70 кГц.

**Рисунок 64.**  
Здесь показано влияние джиттера временной базы. Для мультиметра 3458А величина джиттера составляет порядка 50 пс (СК3). Поскольку джиттер является повторяющимся явлением, его характеристики могут быть измерены и учтены.



# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

---

## A

ACDCI, клавиша, 29  
ACDCV, клавиша, 29  
ACI, клавиша, 29  
ACV, клавиша, 29  
ASCII, формат, 92  
Auto, клавиша, 30  
AZERO OFF, сигнализатор, 27

## B

Back Space, клавиша, 38  
BASIC, язык, 20

## C

Clear, клавиша, 31, 38

## D

DB (вычисление в дБ),  
математическая операция, 120  
DBM (вычисление в дБм),  
математическая операция, 121  
DCV, клавиша, 29  
Def Key, клавиша, 40  
DINT, формат  
пример, 100  
формата вывода, использование, 99  
DREAL, формат вывода, 101

## E

ENTER, оператор, 42  
ERR, сигнализатор, 27  
Error, клавиша, 31  
EXTOUT ONCE, команда, 115  
EXTOUT, сигнал, 110

## F

f0 - f9, клавиши, 40  
FILTER (фильтрация),  
математическая операция, 124  
FREQ, клавиша, 29  
FUNCTION, группа клавиш, 29

## G

GPIB, адрес  
изменение, 43  
считывание, 42  
GPIB, максимально число устройств, 20

## GPIB, шина

высокоскоростная, пересылка отсчетов по  
шине, 107

## H

Hold, клавиша, 29

## L

Local, клавиша, 44  
просмотр длинных записей, 38  
LSTN, сигнализатор, 27

## M

MATH, сигнализатор, 27  
MENU, группа клавиш, 36  
MORE INFO, сигнализатор, 27  
MRNG, сигнализатор, 27

## N

Nrdgs/Trig, клавиша, 33  
NULL (компенсация уровня нуля),  
математическая операция, 117

## O

OHM, клавиша, 29  
OHMF, клавиша, 29  
OUTPUT, оператор, 42

## P

Pass/fail (допусковый контроль),  
математическая операция, 123  
PER, клавиша, 29  
PERC (вычисление процента),  
математическая операция, 120  
RESET FAST, команда, 103

## R

Recall State, клавиша, 33  
Recall, клавиша, 39  
REM, сигнализатор, 27  
Reset, клавиша, 32

## S

SCALE (масштабирование),  
математическая операция, 119  
SHIFT, сигнализатор, 27

- SINT, формат  
пример, 99  
формат вывода, 99
- SMPL, сигнализатор, 27
- SREAL, формат  
пример, 93  
формат вывода, 101
- SREAL, формат, 93
- SRQ (запрос на обслуживание), сигнал, 27  
сигнализатор, 27
- Store State, клавиша, 33
- Т**
- TALK, сигнализатор, 27
- Test, клавиша, 30
- TRANSFER, оператор, 42
- Trig, клавиша, 33
- А**
- автозапуск подпрограмм, 73
- автокалибровка  
выполнение, 49  
рекомендации по проведению, 49
- автоматическая калибровка, 48
- автоматическая коррекция нуля, 61
- автоматическое и ручное переключение  
пределов, 29
- автоматическое переключение пределов, 53
- адрес  
изменение адреса GPIB, 43  
клавиша, 42  
считывание адреса GPIB, 42
- апertureы, сигнал, 114
- АЦП, конфигурирование, 58
- В**
- варианты выбора событий, 82
- варианты комплектации и принадлежности, 16
- включение математических операций, 116
- включение питания  
самотестирование, 25  
состояние, 25
- включение питания, 25
- вложенные подпрограммы, 73
- внешний  
буферизация внешнего запуска, 88  
запуск, 87
- внешний запуск, буферизация, 88
- время задержки, 105
- время интегрирования  
и разрешающая способность, 104  
прямая установка, 60  
установка, 59, 67
- входное сопротивление, 62
- входной буфер, 75
- входные клеммы, выбор, 50  
выбор  
входных клемм, 50  
параметра, 33
- выборки  
пересылка в контроллер, 144  
пересылка в память, 144
- вызов  
отсчетов, 96  
состояний, 74
- выполнение автокалибровки, 49
- выполнение отсчетов с заданным периодом, 85
- выполнение отсчетов с задержкой, 86
- выполнение подпрограмм, 72
- выполнение подпрограмм, приостановка, 72
- высокоскоростные  
2-проводное измерение сопротивления,  
пример, 105  
4-проводного измерения сопротивления,  
пример, 105
- измерения напряжения постоянного  
тока, пример, 105
- измерения постоянного тока, пример, 106
- пересылка из памяти, 108
- пересылка по шине GPIB, 107
- режим измерения, 102
- Г**
- гарантийные обязательства, 2
- Д**
- двоичный дополнительный код, 92
- дискретизация  
методом измерения напряжения  
постоянного тока, 134  
методы, 129
- дискретизация  
замечания относительно метода  
синхронных выборок, 63
- частота, 131
- дистанционное управление  
посылка команд, 43  
работа, 42
- дополнительный двоичный код, 92

## **3**

завершение ввода, 114  
завершение взятия группы отсчетов, 113  
завершение взятия отсчета, 112  
завершение вывода, 99  
 заводская установка адреса, 20  
 замена  
    предохранителя токовой защиты, 21  
    сетевого предохранителя, 21  
замечания  
    метод синхронных выборок, 63  
    по дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока, 135  
    по методу прямой дискретизации, 138  
    по методу субдискретизации, 143  
замечания по дискретизации методом измерения напряжения постоянного тока, 135  
запоминание  
    подпрограмм, 71  
    состояний, 74  
запросы, стандартные, 37  
запуск  
    буферизация внешнего запуска, 88  
    подготовка нескольких запусков, 84  
    событие запуска, 82  
запуск  
    внешний, 87  
    измерений, 81  
    по уровню, 132  
    примеры, по уровню, 132  
    установка, 105  
значения по умолчанию, 34

## **И**

изменение  
    адреса GPIB, 43  
    измерительных функций, 28  
изменение установленного значения  
    разрешающей способности, 61, 69  
измерение сопротивления  
    2-проводное, 57  
    4-проводное, 57  
измерение сопротивления  
    2-проводное, высокоскоростное, пример, 105  
измерение сопротивления 4-проводное,  
    высокоскоростное, пример, 106  
измерение температуры, 125  
измерения  
    запуск, 81

конфигурирование для измерений на переменном токе, 62  
конфигурирование для измерений на постоянном токе или сопротивления, 54  
конфигурирование для измерения отношений, 70  
установка измерения отношений, 71  
измерения на переменном токе  
    конфигурирование, 62  
    метод измерения напряжения, установка, 64  
    напряжение, 62  
    полоса частот, 105  
    ток, 64  
измерения на постоянном токе или сопротивлении, конфигурирование, 54  
измерения отношений, 70  
измерительная функция  
    переключение, 28  
    установка, 53  
индикатор, 26  
    клавиши со стрелками, 38  
    отображение дополнительной информации, 39  
    очистка, 37  
    редактирование отображаемых данных, 38  
    тест, 32  
    управление, 37  
индикации разряды, 39  
инструкция по транспортированию, 22  
использование  
    входного буфера, 75  
    клавиш группы MENU, 36  
    клавиш конфигурирования, 32  
    неявного считывания, 97  
    номеров отсчетов, 96  
    памяти отсчетов, 94  
    памяти подпрограмм, 71  
    памяти состояний, 74  
    регистра статуса, 75  
    формата вывода DINT, 99  
    формата вывода DREAL, 101  
    формата вывода SINT, 99  
    формата вывода SREAL, 101

## **К**

кабель GPIB, подключение, 19  
калибровка, 48  
капсюль  
    сетевой предохранитель, 21  
клавиша меню, 36  
клавиши группы USER, 40

клавиши прокрутки меню, 36  
клавиши, определяемые пользователем, 40  
команда  
    дистанционного управления , 43  
команда PRESET FAST, 103  
команды запросов, 37  
комбинирование событий, 88  
компенсация смещения, 62, 105  
компьютеры серии 200/300, 20  
конфигурирование  
    АЦП, 58  
    для высокой скорости взятия отсчетов, 103  
    для измерений на переменном токе, 62  
        для измерений на постоянном токе или  
        сопротивлений, 54  
    для измерения отношений, 70  
конфигурирование, использование клавиш, 32  
конфигурирование, общие сведения, 47

## M

максимальное число устройств GPIB, 20  
математические операции, 116  
    включение, 116  
метод аналогового преобразования  
    преобразование в СКЗ, 64  
    пример измерения напряжения  
        переменного тока , высокоскоростного, 106  
    пример измерения суммы напряжений  
        переменного и постоянного тока,  
        высокоскоростного, 106  
метод синхронных выборок  
    взятие отсчетов, 84  
    некоторые замечания, 63  
    преобразование выборок, 63  
    пример высокоскоростного измерения  
        напряжения переменного тока, 106  
    пример высокоскоростного измерения  
        суммы напряжения переменного и  
        постоянного тока, 106  
метод случайных выборок  
    преобразование на основе, 64  
    пример высокоскоростного измерения  
        напряжения переменного тока, 106  
    пример высокоскоростного измерения  
        суммы напряжений переменного и  
        постоянного тока, 106  
методы дискретизации, 129  
мультиметр  
    предустановка, 52  
    установка в исходное состояние, 32  
    установка в стойку, 20  
    установка, 17

## H

напряжение  
    переключатели, установка напряжения сети  
        питания, 18  
    переменного тока, 62  
    пределы напряжения сети питания, 18  
    сумма напряжений переменного и  
        постоянного тока, 62  
    установка метода измерения напряжения  
        переменного тока, 64  
напряжение постоянного тока, 168  
    дискретизация, 134  
    пример высокоскоростного измерения, 105  
    пример, 136  
напряжение постоянного тока, 54  
непрерывное взятие отсчетов, 82  
нескольких запусков, подготовка, 84  
несколько  
    запусков, подготовка, 84  
    отсчетов, взятие, 83  
    параметров, 35  
неявное считывание, использование, 97

## O

обеспечение защиты, 51  
обслуживание  
    запрос, 114  
    ремонт, 22  
обслуживание, 21  
общая длина кабелей GPIB, 20  
общие сведения о конфигурировании, 47  
ограничение прав, 2  
оператор  
    ENTER, 42  
    OUTPUT, 42  
    TRANSFER, 42  
операторы ввода/вывода, 42  
опорная частота, 58  
определение скорости взятия отсчетов, 109  
отображение дополнительной информации, 39  
отсчеты  
    взятие нескольких, 83  
    взятие однократных, 83  
    вызов, 96  
    выполнение с заданным периодом, 85  
    выполнение с задержкой, 86  
    конфигурирование для высокой скорости  
        взятия, 103  
    непрерывное взятие, 82  
    пересылка пошине, 98

приостановка взятия, 51  
синхронное взятие, 84  
очистка индикатора, 37  
ошибок  
регистр, считывание, 31  
регистры, считывание, 48

## П

память  
высокоскоростная пересылка из памяти, 108  
использование памяти отсчетов, 94  
использование памяти подпрограмм, 71  
форматы, 95  
параметр, выбор, 33  
параметры, 152  
несколько, 35  
по умолчанию, 152  
числовые параметры, 34  
экспоненциальное выражение, 35  
перегрузка, индикация, 96, 99  
передняя панель, 27  
переключатели, установка напряжения сети питания, 18  
переключатель  
блокировка, 311  
переключение пределов  
автоматическое и ручное, 29  
ручное, 30  
пересылка  
выборок в контроллер, 144  
выборок в память, 144  
команды дистанционного управления, 43  
отсчетов по шине, 98  
пересылка  
из памяти, высокоскоростная, 108  
по шине GPIB, высокоскоростная, 107  
пересылка выборок в контроллер, 144  
период, 65  
питание  
включение, 25  
выключатель сети питания, 25  
потребляемая мощность, 17  
предохранитель сетевой, замена, 21  
предохранитель сетевой, установка, 18  
сетевой шнур, 17, 18  
сетевые предохранители, 21  
требования к напряжению сети питания, 17  
число периодов сети питания, установка, 59  
по умолчанию  
задержки, 87  
значения, 34

по уровню  
запуск, 132  
примеры запуска, 132  
фильтрация, 134  
по уровню, фильтрация, 134  
подключение кабеля GPIB, 19  
подпрограммы  
автозапуск, 73  
выполнение, 72  
запоминание, 71  
использование памяти, 71  
приостановка выполнения, 72  
подпрограммы  
вложенные, 73  
сжатие, 73  
удаление, 74  
подставки, позволяющие приподнять переднюю панель, 20  
полоса пропускания  
при измерениях на переменном токе, 105  
установка, 66  
постоянный ток, 55, 168  
пример высокоскоростного измерения, 106  
предварительный осмотр, 15  
предел, установка, 54  
пределы напряжения сети питания, 18  
предохранитель  
замена сетевого предохранителя, 21  
замена токового предохранителя, 21  
капсюль сетевого предохранителя, 21  
установка сетевого предохранителя, 18  
**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ**, 3  
предустановка мультиметра, 52  
преобразование  
аналоговое в СКЗ, 64  
метод синхронных выборок, 63  
метод случайных выборок, 64  
преобразование, метод синхронных выборок, 63  
метод случайных выборок, 64  
прерывания, 77  
приборов, подключенных к GPIB,  
максимальное число, 20  
пример  
высокоскоростного 2-проводного измерения сопротивления, 105  
высокоскоростного 4-проводного измерения сопротивления, 105  
высокоскоростного измерения напряжения переменного тока методом аналогового преобразования, 106

высокоскоростного измерения напряжения переменного тока методом случайных выборок, 106

высокоскоростного измерения напряжения постоянного тока, 105

высокоскоростного измерения переменного тока, 107

высокоскоростного измерения периода, 107

высокоскоростного измерения постоянного тока, 106

высокоскоростного измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока методом аналогового преобразования, 106

высокоскоростного измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока методом случайных выборок, 106

высокоскоростного измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока методом синхронных выборок, 106

высокоскоростного измерения суммы переменного и постоянного тока, 107

высокоскоростного измерения частоты, 107

измерения напряжения постоянного тока, 136

прямая дискретизация, 139

с форматом DINT, 100

с форматом SINT, 99

с форматом SREAL, 93

пример высокоскоростного измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока методом синхронных выборок, 106

пример измерения напряжения переменного тока

высокоскоростного, методом аналогового преобразования, 106

высокоскоростного, методом синхронных выборок, 106

пример измерения переменного тока, высокоскоростного, 107

пример измерения суммы напряжений переменного и постоянного тока

высокоскоростного, методом аналогового преобразования, 106

высокоскоростного, методом синхронных выборок, 106

пример измерения суммы переменного и постоянного тока, высокоскоростного, 107

примеры запуска по уровню, 132

принцип субдискретизации, 140

приостановка

взятия отсчетов, 51

выполнения подпрограмм, 72

проверка перед включением питания, 25

проверка правильности установки, 21

просмотр длинных записей, 38

прямая дискретизация, 137

замечания, 138

пример, 139

## P

работа при дистанционном управлении, 42

разрешающая способность

время интегрирования и, 104

изменение установленного значения, 61, 69

установка, 60, 68

регистр

считывание регистра ошибок, 31

считывание регистра статуса, 77

регистр статуса, 75

считывание, 77

регистры

математических операций, 117

считывание ошибок, 48

регистры математических операций, 117

редактирование отображаемых данных, 38

режим, быстродействующий, 102

ремонт, гарантийный, 22

ручное переключение пределов, 30

автоматическое и, 29

## C

самотестирование, 30, 47

при включении питания, 25

серии 200/300, компьютеры, 20

серийный номер, 22

сетевые шнуры, 18

сеть питания

капсиюли предохранителей, 21

переключатели напряжения, установка, 18

пределы напряжения, 18

предохранители, сетевые, 21

сетевой предохранитель, замена, 21

сетевой предохранитель, установка, 18

требования к напряжению, 17

сжатие подпрограмм, 73

сигнал апертуры, 114

сигнализатор

AZERO OFF, 27

ERR, 27

LSTN, 27

MATH, 27

MORE INFO, 27

MRNG, 27

Авторское право компании Agilent Technologies, Inc. 2002, распространяется на все  
содержимое данного руководства по эксплуатации и защищено  
национальным и международным законодательством об авторском праве.  
Воспроизведение этого руководства, опубликовано, не может быть скопировано, загружено,  
воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, передано или  
передано, издано или  
предоставлено целиком или по частям без получения предварительного  
письменного разрешения от компании Agilent Technologies.  
Российское представительство Agilent Technologies:  
Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

REM, 27  
SHIFT, 27  
SMPL, 27  
SRQ, 27  
TALK, 27  
**СЕЗ**  
аналоговое преобразование, 64  
смещение, компенсация, 62, 105  
событие  
варианты выбора, 82  
замера, 82  
запуска, 82  
источника синхронизации, 141  
подготовки запуска, 82  
событие замера, 82  
событие источника синхронизации, 141  
событие подготовки запуска, 82  
сопротивление, 56  
фиксированное входное, 62  
состояние  
память, использование, 74  
при включении питания, 25  
состояния  
вызов, 74  
запоминание, 74  
удаление, 75  
стандартные запросы, 37  
статистическая обработка, 122  
субдискретизация, 139  
субдискретизация, 143  
замечания, 143  
принцип, 140  
сумма напряжений переменного и постоянного тока, 62  
сумма переменного и постоянного тока, 64  
считывание  
адреса GPIB, 42  
регистра ошибок, 31  
регистра статуса, 77  
регистров ошибок, 48  
считывание, неявное, 97

## Т

температура, измерение, 125  
тест индикатора, 32  
ток  
переменный, 64  
сумма переменного и постоянного, 64  
трафарет, установка на клавиатуру, 41

требования  
к заземлению, 17  
к напряжению сети питания, 17  
требования к заземлению, 17  
**У**  
увеличение скорости взятия отсчетов, 102  
удаление  
подпрограмм, 74  
состояний, 75  
управление индикатором, 37  
условные обозначения по технике безопасности, 3  
установка  
мультиметра, 17  
сетевого предохранителя, 18  
трафарета клавиатуры, 41  
установка  
в качестве настольного прибора, 20  
в стойку, 20  
мультиметра, 20  
установка  
времени интегрирования, 59, 67  
переключателей напряжения сети питания, 18  
установка  
времени интегрирования, прямая, 60  
измерения отношений, 71  
измерительных функций, 53  
метода измерения напряжения переменного тока, 64  
полосы пропускания, 66  
предела измерения, 54  
разрешающей способности, 60, 68  
числа периодов сети питания, 59  
установка в стойку, 20  
установка времени интегрирования, прямая, 60  
установка мультиметра в исходное состояние, 32  
установка условий запуска, 105  
установка числа периодов сети питания, 59

## Ф

фиксация предела, 29  
фиксированное входное сопротивление, 62  
формат вещественный двойной точности, 94  
формат целочисленный  
двойной точности, 92  
одинарной точности, 92  
формат целочисленный двойной точности, 92

форматы  
вывода, 98  
запоминания, 95  
отчетов, 92

форматы вывода  
DINT, 99  
DREAL, 101  
SINT, 99  
SREAL, 101

функция измерительная, переключение, 28  
функция измерительная, установка, 53

## X

хронология изданий документации, 3

## Ч

частота, 65  
опорная, 58  
частота, пример высокоскоростного измерения,  
107  
число разрядов индикации, 39  
число устройств GPIB, максимальное, 20  
числовые параметры, 34

## III

шина, пересылка отсчетов, 98  
шнурсы, сетевые, 18

## Э

экспоненциальное выражение числовых  
параметров, 35

