SCXI™

SCXI-1520

Руководство пользователя

Май 2009
372583E-01

NATIONAL INSTRUMENTS

Техническая поддержка по всему миру и информация о выпускаемой продукции

ni.com

Штаб-квартира корпорации National Instruments

11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA Tel: 512 683 0100

Офисы по всему миру

Australia 1800 300 800, Austria 43 0 662 45 79 90 0, Belgium 32 0 2 757 00 20, Brazil 55 11 3262 3599,
Canada 800 433 3488, China 86 21 6555 7838, Czech Republic 420 224 235 774,
Denmark 45 45 76 26 00, Finland 385 0 9 725 725 11, France 33 0 1 48 14 24 24,
Germany 49 0 89 741 31 30, India 91 80 41190000, Israel 972 0 3 6393737, Italy 39 02 413091,
Japan 81 3 5472 2970, Korea 82 02 3451 3400, Lebanon 961 0 1 33 28 28, Malaysia 1800 887710,
Mexico 01 800 010 0793, Netherlands 31 0 348 433 466, New Zealand 0800 553 322,
Norway 47 0 66 90 76 60, Poland 48 22 3390150, Portugal 351 210 311 210,
Russia 7 095 783 68 51, Singapore 1800 226 5886, Slovenia 386 3 425 4200,
South Africa 27 0 11 805 8197, Spain 34 91 640 0085, Sweden 46 0 8 587 895 00,
Switzerland 41 56 200 51 51, Taiwan 886 02 2377 2222,
Thailand 662 278 6777, United Kingdom 44 0 1635 523545

За подробной информацией о поддержке обратитесь к документу *Technical Support Information*. Чтобы оставить свои комментарии о документации National Instruments, зайдите на сайт `ni.com/info` и введите код обратной связи `feedback`.

© 2001-2009 National Instruments.

Важная информация

Гарантийные обязательства

На модуль SCXI-1520 действует гарантия, которая подтверждается гарантийным талоном или другим документом. Гарантийный срок составляет один год, начиная с даты продажи. Гарантийные обязательства распространяются на дефекты используемых материалов и брак изделия. National Instruments обязуется отремонтировать или заменить неисправное оборудование в течение гарантийного срока. Гарантийное обслуживание включает в себя замену комплектующих и ремонтные работы.

Гарантия на носитель информации, на котором поставляется программное обеспечение National Instruments, действует в течение 90 дней со дня продажи, который указан в гарантийном талоне или другом документе. National Instruments обязуется в течение гарантийного срока восстановить или заменить бракованный носитель информации с программным обеспечением. National Instruments не гарантирует стабильность и безошибочность работы программного обеспечения.

Перед тем, как оборудование принимается на гарантийное обслуживание, снаружи упаковки должен быть нанесен номер возврата товара, полученный на заводе. National Instruments оплатит почтовые расходы при возврате комплектующих, находящихся на гарантии.

National Instruments ручается за достоверность информации в настоящем документе. Тщательно проверена техническая грамотность документа. При обнаружении технических или орфографических ошибок National Instruments оставляет за собой право внесения изменений в последующих изданиях этого документа с предварительным уведомлением обладателей настоящего издания. В случае подозрений о наличии ошибок читателю следует поставить об этом в известность National Instruments.

Ни при каких обстоятельствах National Instruments не несет ответственность за неисправности, связанные с использованием информации, содержащейся в настоящем документе.

NATIONAL INSTRUMENTS НЕ ДАЕТ БОЛЬШЕ НИКАКИХ ГАРАНТИЙ, ПРЯМЫХ ИЛИ КОСВЕННЫХ, НА ПРИГОДНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОНКРЕТНЫХ ЗАДАЧ. УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ, ВЫЗВАННЫХ НЕБРЕЖНЫМ ОБРАЩЕНИЕМ С ИЗДЕЛИЯМИ NATIONAL INSTRUMENTS, ДОЛЖНО ПРОИЗВОДИТЬСЯ ЗА СЧЕТ ПОКУПАТЕЛЯ. NATIONAL INSTRUMENTS НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НЕИСПРАВНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОТЕРЕЙ ДАННЫХ, ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ УБЫТКИ, ЕСЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬ О НИХ ЗАРАНЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕН. Ответственность National Instruments ограничена независимо от того, было ли изделие повреждено случайно или умышленно. Любые иски против National Instruments должны быть рассмотрены в течение одного года. National Instruments не несет ответственности за любую задержку гарантийного обслуживания в случае возникновения обстоятельств непреодолимой силы. Гарантийному ремонту не подлежат неисправности, дефекты, отказы, вызванные несоблюдением инструкций по установке, работе и обслуживанию изделия; самостоятельной модификацией изделия; небрежным и неправильным обращением; сбоями и импульсными помехами в питающей сети, пожарами, наводнениями, авариями, действиями третьих лиц или обстоятельствами непреодолимой силы.

Авторское право

Согласно законам об авторском праве, это руководство нельзя переиздавать и распространять как в электронной, так и в печатной форме путем ксерокопирования, перезаписи, хранения в информационно-поисковых системах. Также нельзя осуществлять полный или частичный перевод без предварительного письменного разрешения от корпорации National Instruments.

National Instruments относится с уважением к интеллектуальной собственности и призывает своих клиентов к такому же отношению. Программное обеспечение NI защищено законами об охране авторских и смежных прав. Вы имеете право передавать программное обеспечение и прочие материалы, разработанные с помощью программного обеспечения National Instruments, третьим лицам в соответствии с условиями приобретенной Вами лицензии и другими законодательными ограничениями.

Торговые марки

National Instruments, NI. ni.com, LabVIEW являются торговыми марками корпорации National Instruments. За более подробной информацией обратитесь к разделу *Terms of Use* на сайте `ni.com/legal`.

Названия других упомянутых в данном руководстве изделий и производителей также являются торговыми марками, у которых есть правообладатели.

Участники программы партнерства National Instruments Alliance Partner Program ведут свой бизнес независимо от National Instruments, причем они не являются посредниками, партнерами или подразделением совместного с National Instruments предприятия.

Патенты

Для получения информации о патентах, которыми защищены изделия National Instruments, запустите команду **Help»Patents** из главного меню Вашего программного обеспечения, откройте файл `patents.txt` на имеющемся у Вас компакт-диске или зайдите на сайт `ni.com/patents`.

Техника безопасности при работе с изделиями National Instrumants

(1) ИЗДЕЛИЯ NATIONAL INSTRUMENTS НЕ СОДЕРЖАТ КОМПОНЕНТОВ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ИХ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СОВМЕСТНО С ХИРУРГИЧЕСКИМИ ИМПЛАНТАНТАМИ, А ТАКЖЕ В ЛЮБЫХ СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ, ОТКАЗ КОТОРЫХ МОЖЕТ НАНЕСТИ СУЩЕСТВЕННЫЙ ВРЕД ЧЕЛОВЕКУ. ПРОВЕРКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ В ТАКИХ СИСТЕМАХ НЕ ПРОВОДИЛАСЬ.

(2) В ЛЮБЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ, ВКЛЮЧАЯ ВЫШЕУПОМЯНУТЫЕ, НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ МОЖЕТ БЫТЬ СНИЖЕНА ЗА СЧЕТ ФЛЮКТУАЦИЙ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ, НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРА, НАСТРОЕК ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, НАСТРОЕК КОМПИЛЯТОРОВ И СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, В КОТОРОЙ РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ ПРИЛОЖЕНИЕ, ОШИБОК ПРИ УСТАНОВКЕ, ПРОБЛЕМ СОВМЕСТИМОСТИ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕИСПРАВНОСТЕЙ И СБОЕВ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ИЛИ УПРАВЛЕНИЯ, САМОУСТРАНЯЮЩИХСЯ ОТКАЗОВ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕПРАВИЛЬНОГО ОБРАЩЕНИЯ, ОШИБОК ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ИЛИ РАЗРАБОТЧИКА ПРИЛОЖЕНИЯ (ВСЕ ЭТИ ФАКТОРЫ НАЗЫВАЮТСЯ СИСТЕМНЫМИ СБОЯМИ). ЛЮБОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ, ГДЕ СИСТЕМНЫЙ СБОЙ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ИМУЩЕСТВА, А ТАКЖЕ РАНЕНИЮ ИЛИ СМЕРТИ ЛЮДЕЙ, НЕ МОЖЕТ ВЫЗЫВАТЬ ДОВЕРИЕ. ВО ИЗБЕЖАНИЕ ТАКИХ СЛУЧАЕВ РАЗРАБОТЧИК ИЛИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ПРИЛОЖЕНИЯ ДОЛЖНЫ ПРЕДУСМОТРЕТЬ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ СИСТЕМНЫХ СБОЕВ, ВКЛЮЧАЯ МЕХАНИЗМЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ, ПОСКОЛЬКУ, ВО-ПЕРВЫХ, КАЖДАЯ ГОТОВАЯ СИСТЕМА ПРИСПАСАБЛИВАЕТСЯ ДЛЯ КОКРЕТНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ NATIONAL INSTRUMENTS, ВО-ВТОРЫХ, ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ИЛИ РАЗРАБОТЧИК МОЖЕТ КОМБИНИРОВАТЬ ИЗДЕЛИЯ NATIONAL INSTRUMENTS С ДРУГИМИ ИЗДЕЛИЯМИ СПОСОБАМИ, КОТОРЫЕ НЕ ПРОВЕРЯЛИСЬ СПЕЦИАЛИСТАМИ NATIONAL INSTRUMENTS. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ИЛИ РАЗРАБОТЧИК ПОЛНОСТЬЮ ОТВЕЧАЕТ ЗА ПРОВЕРКУ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ СБОРКИ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ИЛИ ПРИЛОЖЕНИЙ, В СОСТАВ КОТОРЫХ ВХОДЯТ ИЗДЕЛИЯ NATIONAL INSTRUMENTS

Условные обозначения

В настоящем руководстве используются следующие обозначения:

< >	Угловые скобки, в которые заключены числа, разделенные многоточием, представляют диапазон значений, ассоциируемых с номерами бит или именами сигналов, например, AO <3..0>.
»	Символ » служит, чтобы показать путь выбора цели с помощью вложенных меню и диалоговых окон. Например, последовательность **File»Page Setup»Options** означает, что Вам следует открыть меню **File**, выбрать там пункт **Page Setup** и затем выбрать команду **Options** в появившемся диалоговом окне.
	Пиктограмма примечания с важной информацией.
	Пиктограмма предупреждения, содержащего рекомендации, как избежать травм, потерь данных или выхода из строя системы. Если такая пиктограмма нанесена на корпус изделия, обратитесь к инструкции по технике безопасности *Read Me First: Safety and Radio-Frequency Interference*, поставляемой вместе с изделием.
	Если такая пиктограмма нанесена на корпус прибора, Вам следует принять меры предосторожности во избежание поражения электрическим током.
	Если такая пиктограмма нанесена на какой-либо компонент изделия, он может оказаться горячим. Прикосновение к нему может вызвать ожог.
полужирный	Полужирным шрифтом выделены пункты меню или органы управления диалоговых окон, а также обозначения параметров.
курсив	Курсивом выделены имена переменных, важные фрагменты текста, перекрестные ссылки, а также пояснения к ключевым понятиям. Курсивом также выделено место в тексте, которое нужно заменить словом или значением.
courier	Таким шрифтом записывается текст или отдельные символы, которые следует вводить с клавиатуры, фрагменты текстов программ, примеры программ, а также примеры синтаксиса отдельных команд. Этот шрифт также используется для имен дисковых накопителей, путей, папок, программ, подпрограмм, имен устройств, функций, операций, переменных, имен файлов и расширений.
courier полужирный	Этот шрифт применяется для обозначения сообщений, автоматически выводимых на экран компьютера. Таким же шрифтом выделяют строки программы, которые отличаются от других примеров.
courier курсив	Этим шрифтом выделяется текст, который указывает место, куда Вам необходимо вставить слово или число.

Содержание

Краткие сведения о модуле SCXI-1520 1
Компоненты, необходимые для начала работы 1
Документация National Instruments 3
Установка программ разработки приложений, драйверов устройств NI-DAQ и DAQ-устройств E/M серий 5
Установка модуля SCXI-1520 в шасси SCXI 5
Подключение модуля SCXI-1520, находящегося в шасси SCXI, к DAQ-устройству для мультиплексированного сбора данных 5
Подключение модуля SCXI-1520, находящегося в комбинированном шасси PXI/SCXI, к DAQ-устройству E/M серий для мультиплексированного сбора данных 5
Проверка правильности установки SCXI 1520 6
Инсталляция SCXI с использованием драйверов NI-DAQmx 6
Добавление модулей SCXI, обслуживаемых драйверами NI-DAQmx, вручную 6
Инсталляция SCXI модулей с использованием драйверов Traditional NI-DAQ 6
Добавление SCXI модулей, обслуживаемых драйверами Traditional NI-DAQ, вручную 6
Проверка правильности установки и самоконтроль SCXI модулей 7
Диагностика по результатам самоконтроля 7
Диагностика устройств в NI-DAQmx 7
Диагностика устройств в Traditional NI-DAQ 8
Подключение сигналов 10
Подключение сигналов с мостового датчика 10
Четвертьмостовая схема (тип I) 10
Четвертьмостовая схема (тип II) 12
Полумостовая схема (тип I) 13
Полумостовая схема (тип II) 14
Полномостовая схема (тип I) 15
Полномостовая схема (тип II) 16
Полномостовая схема (тип III) 17
Дистанционные измерения 18
Назначения контактов 19
Конфигурирование и тестирование 25
Программные настройки модуля SCXI-1520 25
Общие программные настройки 25
Конфигурация моста 25
Уровень напряжения питания 26
Полоса пропускания фильтра 26
Коэффициент усиления/Диапазон входного сигнала 26
Потенциометры коррекции нуля 28
Ключи для включения/отключения калибровочных шунтов 28
Режимы работы 29
Синхронная выборка и хранение 29
Конфигурирование с помощью оболочки MAX 29
NI-DAQmx 30
Создание глобального тензометрического канала или задачи 31
Создание глобального канала или задачи измерения напряжения на выходе измерительной цепи, на которую подается питание 32
Traditional NI-DAQ 33

Конфигурирование модуля на странице свойств Traditional NI-DAQ 34
Создание виртуального канала 35
Калибровка тензометрического виртуального канала 36
Проверка по сигналам 36
Проверка по сигналам с использованием задачи или глобального канала NI-DAQmx 36
Проверка по сигналам средствами Traditional NI-DAQ 37
Проверка прохождения сигнала с помощью строк каналов 37
Проверка по сигналам с использованием тензометрического виртуального канала 38
Применение мастера калибровки тензометрического моста в NI-DAQmx 39
Принцип действия 40
Теоретические основы тензометрии 40
Мосты Уитстона 40
Тензодатчики 41
Сокращения, формулы и определения величин 42
Программное масштабирование и уравнения преобразования 43
Quarter-Bridge Type I (1/4 моста – тип I) 43
Quarter-Bridge Type II (1/4 моста – тип II) 46
Half-Bridge Type I (1/2 моста– тип I) 48
Half-Bridge Type II (1/2 моста – тип II) 50
Full-Bridge Type I (Полный мост – тип I) 52
Full-Bridge Type II (Полный мост – тип II) 54
Full-Bridge Type III (Полный мост – тип III) 57
Принцип действия модуля SCXI-1520 59
Конфигурирование и дополнение моста 62
Питание моста 63
Удаленный датчик 64
Коэффициент усиления 65
Полоса пропускания и частота среза ФНЧ 66
Коррекция смещения нуля 67
Калибровка с помощью шунта 68
Синхронная выборка и хранение 69
Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ при использовании NI-DAQmx 71
Мультиплексированный режим сбора данных 71
Максимальные частоты дискретизации в режиме СВХ в режиме параллельного сбора данных 72
Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ при использовании Traditional NI-DAQ 73
Мультиплексированный режим сбора данных 73
Режимы работы 75
Принцип мультиплексирования 75
Принцип параллельного сбора данных 76
Применение модуля SCXI-1520 78
Разработка приложения в NI-DAQmx 78
Блок-схема типового алгоритма 79
Общие пояснения к типовому алгоритму 81
Создание задачи с помощью DAQ Assistant или программным способом 81
Настройка режимов синхронизации и запуска 81
Настройка свойств канала 82
Выполнение коррекция смещения нуля 84
Калибровка с помощью шунта 84

Сбор, обработка и отображение данных 85
Завершение приложения 85
Разработка приложения в LabVIEW 85
Работа с узлами свойств канала NI-DAQmx в LabVIEW 87
Задание строк каналов в DAQmx 88
Средства разработки приложений на основе текстовых языков программирования 90
LabWindows/CVI 90
Measurement Studio (Visual Basic, .NET, C#) 90
Программируемые свойства NI-DAQmx 92
Разработка приложения в Traditional NI-DAQ 94
Разработка приложения в LabVIEW 94
Блок-схема типового алгоритма 95
Конфигурирование SCXI-1520 в LabVIEW с помощью Traditional NI-DAQ 97
Коррекция смещения нуля с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW 98
Калибровка с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW 100
Конфигурирование, начало и считывание результатов измерений с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW 100
Преобразования масштаба с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW 101
Обработка и отображение данных с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW 102
Traditional NI-DAQ в средах разработки приложений на основе текстовых языков программирования 102
DAQ-функции низкого уровня 103
Конфигурирование системных настроек с помощью Traditional NI-DAQ C API 105
Конфигурирование настроек модуля с помощью Traditional NI-DAQ C API 107
Коррекция смещения нуля с помощью Traditional NI-DAQ C API 109
Калибровка с помощью Traditional NI-DAQ C API 109
Выполнение измерений с помощью Traditional NI-DAQ C API 109
Масштабирование, обработка и отображение данных 110
Другая документация и материалы по приложениям 111
Примеры Traditional NI-DAQ в среде CVI 111
Примеры Traditional NI-DAQ в среде Measurement Studio 111
Калибровка тензометрической системы 111
Калибровка модуля SCXI-1520 111
Внутренняя калибровка 112
Внутренняя калибровка с помощью LabVIEW 112
Внутренняя калибровка с помощью среды разработки приложений на основе языка программирования C 112
Внешняя калибровка 113
Калибровка системы 113
Коррекция смещения нуля 113
Калибровка с помощью шунта 113
Приложение A. 114
Технические характеристики 114
Аналоговый ввод 114
Передаточные характеристики 115
Таблица полных погрешностей измерения напряжения 116
Таблица полных погрешностей измерения деформации при чувствительности тензодатчика 2.0 и напряжении питания 5 В 117
Характеристики усилителя 118
Динамические характеристики 118
Фильтр 118

Синхронная выборка и хранение 119
Нестабильность....119
Характеристики коррекции смещения нуля 119
Характеристики питания 120
Дополнение моста 120
Характеристики калибровки....121
Энергопотребление 121
Массогабаритные характеристики....121
Предельное рабочее напряжение 122
Условия эксплуатации 122
Требования безопасности 122
Электромагнитная совместимость....123
Соответствие требованиям Совета Европы 123
Online-сертификация....123
Охрана окружающей среды....124
Утилизация электрического и электронного оборудования 124
Приложение B....125
Использование строк каналов с Traditional NI-DAQ версии 7.0 и выше....125
Специальные строки каналов для модуля SCXI-1520 126
Строка для удаленного датчика 126
Строка для калибровки смещения нуля 127
Приложение C. 129
Деинсталляция модуля SCXI-1520....129
Деинсталляция модуля SCXI-1520 из оболочки MAX 129
Извлечение модуля SCXI-1520 из шасси 129
Приложение D. 131
Часто задаваемые вопросы....131
Глоссарий....137

1

Краткие сведения о модуле SCXI-1520

Модуль SCXI-1520 имеет восемь каналов для подключения тензометрических мостов, а также других датчиков на основе моста Уитсона.

Примечание: Описания, приведенные в настоящем разделе, непосредственно относятся к первому каналу (канал 0); тем не менее, те же самые описания относятся к каналам <1..7>.

Вы можете программно конфигурировать все настройки каждого канала. Модуль SCXI-1520 конфигурируется с помощью оболочки Measurement & Automation Explorer (MAX) или посредством узлов свойств (property nodes) NI-DAQmx.

Модуль SCXI-1520 совместно с дополнительным коннекторным блоком SCXI-1314 предоставляет Вам следующие возможности:

- Включать датчики в любую из конфигураций моста: четверть моста (1/4 моста – 1 чувствительный элемент), полумост (1/2 моста – 2 чувствительных элемента), полный мост (4 чувствительных элемента).
- Задавать постоянное напряжение питания от 0 до 10 В (шаг определяется программным драйвером).
- Выполнять программную коррекцию смещения нуля мостовых схем, подключенных к модулю SCXI-1520.
- Устанавливать значения частоты среза входного аналогового фильтра нижних частот (ФНЧ): 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц или отключать фильтр, т.е. пропускать входной сигнал в обход него.
- Устанавливать любое из 49 значений коэффициента усиления аналогового входного сигнала в диапазоне от 1 до 1000.
- Использовать две независимых схемы для калибровки с помощью шунта.
- Подключать удаленный от модуля мост, предназначенный для дистанционных измерений, и осуществлять его питание.

Компоненты, необходимые для начала работы

Для настройки и эксплуатации модуля SCXI-1520 Вам требуются следующие компоненты:

- ❑ Аппаратные средства
  - Модуль SCXI-1520
  - Один из следующих коннекторных блоков:
  - SCXI-1314
  - SCXI-1314T
  - Шасси SCXI или комбинированное шасси PXI/SCXI
  - Устройство сбора данных (DAQ-устройство) E/M серии
  - Компьютер (при использовании шасси SCXI)
  - Кабели, переходник (кабельный адаптер) и датчики, необходимые для Вашего приложения
- ❑ Программное обеспечение
  - NI-DAQ 7.0 или более поздняя версия
  - Одна из сред разработки программного обеспечения типа LabVIEW, LabWindowsTM/CVITM, Measurement Studio и др.
- ❑ Документация
  - Read Me First: Safety and Radio-Frequency Interference (Первоначальные сведения по технике безопасности и радиопомехам)
  - DAQ Getting Started Guide (Руководство начинающего пользователя DAQ-устройства)
  - SCXI Quick Start Guide (Краткое руководство начинающего пользователя SCXI)
  - SCXI-1520 User Manual (Руководство пользователя SCXI-1520)
  - Документация на Ваши аппаратные средства
  - Документация на Ваш программное обеспечение

Дополнительные компоненты (аксессуары), совместимые с SCXI-1520, приведены в таблице 1-1.

Таблица 1-1. Дополнительные компоненты, совместимые с SCXI-1520

Компонент	Описание
SCXI-1314[1]	Коннекторный блок с винтовыми зажимами – монтируется на лицевой панели модуля SCXI-1520. Он имеет контакты и гнезда для подключения двух калибровочных резисторов, шунтирующих тензодатчик, а также одного резистора на каждый канал, дополняющего датчик типа «1/4 моста».
SCXI-1314T[2]	Коннекторный блок с разъемами типа RJ-50 – монтируется на лицевой панели модуля SCXI-1520. В его состав входят 8 модульных разъемов типа RJ-50 на 10 позиций/10 проводников (10p10c) для подключения интеллектуальных датчиков в соответствии со спецификацией TEDS.

Таблица 1.1. Дополнительные компоненты, совместимые с SCXI-1520 (продолжение)

Компонент	Описание
SCXI-1310[3]	Коннектор и корпус – предоставляет 96 контактных отверстий для облегчения фиксации и пайки сигнальных соединений и подключения нестандартных разъемов.
TBX-96[3]	Коннекторный блок с 96 обычными винтовыми зажимами, монтируемый на DIN-рейке. Для подключения блока TBX-96 к модулю SCXI требуется один из ниже перечисленных кабелей: • Экранированный кабель SH96-96 длиной 1 м • Неэкранированный плоский кабель R96-96 длиной 1 м

[1] Выводы резистора, шунтирующего датчик, необходимо присоединить между контактами, которые соответствуют гнездам SCA на блоке SCXI-1314, и соответствующими выводами мостового датчика. За более подробной информацией обратитесь к разделу 4, *Принцип действия*.

[2] Блок SCXI-1314T поддерживает подключение дополняющего резистора только к гнездам SCA. Подключение дополняющего резистора к гнездам SCB не поддерживается. В этом блоке отсутствуют резисторы, дополняющие датчики типа «1/4 моста». При подключении четверть мостового датчика с помощью блока SCXI-1314T к модулю SCXI-1520 Вы должны установить внешний резистор между контактами, которые соответствуют зажимам P*X*– и S*X*+. За более подробной информацией обратитесь к разделу 2, *Подключение сигналов*.

[3] Внутри блоков SCXI-1310 или TBX-96 отсутствуют резисторы, дополняющие датчики типа «1/4 моста». При подключении четверть мостового датчика с помощью блоков SCXI-1310 или TBX-96 к модулю SCXI-1520 Вы должны установить внешний резистор между контактами, которые соответствуют зажимам P*X*– и S*X*+. За более подробной информацией обратитесь к разделу 2, *Подключение сигналов*.

Документация National Instruments

Настоящее руководство пользователя является частью комплекта документации по системам сбора данных (DAQ-систем). Вам могут потребоваться различные руководства в зависимости от используемых в составе системы аппаратных средств и программного обеспечения. В Вашем распоряжении следующие документы:

- ***Getting Started with SCXI*** – это руководство, с которым Вам нужно ознакомиться в первую очередь. В нем приводятся общие сведения о SCXI системах и содержится самая необходимая информация о модулях, шасси и программном обеспечении.
- Руководства по установке и эксплуатации шасси SCXI или комбинированных шасси PXI/SCXI
- ***DAQ Getting Started Guide*** – содержит информацию по установке устройств сбора данных NI-DAQ и DAQ E/M серий. Установку этих устройств следует производить до установки SCXI модуля.
- ***SCXI Quick Start Guide*** – содержит краткий обзор по установке SCXI шасси, SCXI модулей и коннекторных блоков, а также по подключению датчиков. Здесь же описывается настройка SCXI системы с помощью программной оболочки MAX.

- Руководства пользователя по аппаратным средствам SCXI – следует читать для получения подробной информации, касающейся конфигурирования модуля и подачи на него сигналов. В них также детально поясняется принцип работы модуля, и даются рекомендации по применению.
- Руководства по подключению аксессуаров модулей – коннекторных блоков и кабелей с разъемами. В этих руководствах поясняется, как физически соединить отдельные части системы.
- Документация с описанием DAQ-устройств E/M серий – включает в себя подробную информацию о DAQ-устройстве E/M серий, которое встраивается в компьютер или соединяется с ним. Она содержит инструкции по установке и конфигурированию, а также спецификации и рекомендации по применению DAQ-устройств.
- Документация на программное обеспечение – у Вас может быть документация как на системы разработки прикладных программ, так и драйвера NI-DAQ. Системы разработки прикладных программ National Instruments (NI) включают в себя LabVIEW, LabWindows/CVI и Measurement Studio. После установки аппаратных средств пользуйтесь этой документацией и документацией на NI-DAQ в процессе разработки приложений. Если Вы создаете большую и сложную систему, перед конфигурированием аппаратных средств имеет смысл ознакомиться с документацией на программное обеспечение.
- Один или несколько файлов справки по программному обеспечению:
  - Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help
  - Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ» Traditional NI-DAQ User Manual
  - Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ» Traditional NI-DAQ Function Reference Help
- Учебные пособия или инструкции National Instruments по применению тензодатчиков – на сайте `ni.com/support` есть дополнительный материал о тензометрии и тензодатчиках.

Вы можете загрузить документы на продукцию производства National Instruments с сайта `ni.com/manuals`. Чтобы загрузить последнюю версию NI-DAQ, щелчком мыши перейдите по ссылке **Download Software** на странице `ni.com`.

Установка программ разработки приложений, драйверов устройств NI-DAQ и DAQ-устройств E/M серий

Для установки прикладного программного обеспечения, драйверов NI-DAQ и DAQ-устройства E/M серии, к которому будет подсоединяться SCXI-1520, обратитесь к руководству *DAQ Getting Started Guide*, поставляемому вместе с набором драйверов NI-DAQ. Если у Вас нет набора драйверов NI-DAQ 7.0 или более поздней версии, закажите CD-диск у торгового представителя NI или скачайте последнюю версию с сайта `ni.com`.

Примечание: Перед снятием крышек с корпуса, а также перед подключением или отключением каких-либо сигнальных проводников ознакомьтесь с документом *Read Me First: Safety and Radio-Frequency Interference*.

Установка модуля SCXI-1520 в шасси SCXI

Как установить модуль SCXI-1520, Вы можете узнать из руководства *SCXI Quick Start Guide*.

Подключение модуля SCXI-1520, находящегося в шасси SCXI, к DAQ-устройству для мультиплексированного сбора данных

Чтобы установить адаптер кабеля и соединить SCXI модуль с DAQ-устройством E/M серий, обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*.

Если Вы уже установили нужное программное обеспечение, обратитесь к разделу 3, *Конфигурирование и тестирование*, чтобы узнать, как конфигурировать модуль (модули) SCXI-1520.

Подключение модуля SCXI-1520, находящегося в комбинированном шасси PXI/SCXI, к DAQ-устройству E/M серий для мультиплексированного сбора данных

Чтобы соединить SCXI модуль с DAQ-устройством E/M серий, обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*.

Если Вы уже установили нужное программное обеспечение, обратитесь к разделу 3, *Конфигурирование и тестирование*, чтобы выяснить, как конфигурировать модуль (модули) SCXI-1520.

Проверка правильности установки SCXI 1520

Чтобы узнать, как проверить правильность установки SCXI, обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*.

Инсталляция SCXI с использованием драйверов NI-DAQmx

Обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*, чтобы выяснить, как инсталлировать драйверы NI-DAQmx для модулей SCXI.

Добавление модулей SCXI, обслуживаемых драйверами NI-DAQmx, вручную

Если SCXI модули не обнаружились в автоматическом режиме, Вам следует добавить каждый из них вручную согласно указаниям, приведенным в руководстве *SCXI Quick Start Guide*.

Примечание: При первоначальном конфигурировании шасси NI рекомендует использовать автоматическое обнаружение модулей.

Инсталляция SCXI модулей с использованием драйверов Traditional NI-DAQ

Обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*, чтобы узнать, как инсталлировать драйверы Traditional NI-DAQ, которые являются более ранней версией драйверов NI-DAQ, чем NI-DAQmx.

Добавление SCXI модулей, обслуживаемых драйверами Traditional NI-DAQ, вручную

Если SCXI модули не обнаружились в автоматическом режиме, Вам следует добавить каждый из них вручную согласно указаниям, приведенным в руководстве *SCXI Quick Start Guide*.

Примечание: При первоначальном конфигурировании шасси NI рекомендует использовать автоматическое обнаружение модулей.

Проверка правильности установки и самоконтроль SCXI модулей

Проверка правильности установки SCXI модулей в шасси осуществляется одинаково, как в случае применения NI-DAQmx, так и Traditional NI-DAQ. Чтобы проверить, успешно ли установлены SCXI модули, обратитесь к руководству *SCXI Quick Start Guide*. Следует убедиться в том, что шасси правильно подсоединено к DAQ-устройству E/M серий и на шасси подано напряжение питания.

После проверки правильности установки и самоконтроля SCXI система должна правильно взаимодействовать с Вашей средой разработки программного обеспечения. В противном случае Вам следует обратиться к разделу 3, *Конфигурирование и тестирование*, чтобы узнать, каким образом выполнять диагностику и устранять неисправности.

Диагностика по результатам самоконтроля

Если при самоконтроле конфигурация шасси определилась неправильно, выполните действия для диагностики шасси SCXI, описанные в настоящем параграфе.

Диагностика устройств в NI-DAQmx

- Если у Вас на экране компьютера появляется окно сообщения **Verify SCXI Chassis**, в котором указан номер модификации шасси **Chassis ID: *x***, а также одно или несколько сообщений типа **Slot Number: *x* Configuration has module: SCXI-XXXX** или **1520**, **hardware in chassis is: Empty**, выполните следующие действия для выявления неисправности:
  - Убедитесь, что на шасси подано напряжение питания.
  - Убедитесь, что SCXI модули правильно установлены в шасси в соответствии с инструкциями, приведенными в руководстве *SCXI Quick Start Guide*.
  - Проверьте, правильно ли подключен кабель между шасси SCXI и DAQ-устройством E/M серии.
  - Проверьте разъемы кабеля на наличие согнутых выводов.
  - Убедитесь в том, что Вы используете кабель нужного типа.
  - Проконтролируйте правильность функционирования DAQ-устройства. За подробной информацией обратитесь к файлу справки по DAQ-устройствам.
- Если у Вас на экране появляется окно сообщений **Verify SCXI Chassis**, в котором указано номер модели `Chassis ID: x` и сообщение `Slot Number: x Configuration has module: SCXI-XXXX или 1520, hardware in chassis is: SCXI-YYYY, 1520`, или `Empty`, для устранения данной ошибки выполните следующие действия.

1. Раскройте список NI-DAQmx устройств щелчком по символу + рядом с надписью **NI-DAQmx Devices.**
2. Щелчком правой кнопки мыши по строке SCXI chassis выберите пункт **Properties**, чтобы загрузить конфигуратор шасси.
3. На закладке **Modules** убедитесь, что модуль, к которому подключен кабель, находится в правильном слоте.
4. Если указывается, что модуль, к которому подключен кабель, установлен не в тот слот, выполните следующие действия:
   a. Если указывается, что модуль, к которому подключен кабель, установлен не в тот слот, и слот является пустым, щелчком по левой кнопке мыши раскройте выпадающий список рядом с правильным слотом и выберите подключенный модуль. Далее сконфигурируйте этот модуль согласно руководству *SCXI Quick Start Guide*. Щелкните по кнопке **OK**.
   b. Если на месте подключенного модуля отображается другой модуль, раскройте выпадающий список рядом с правильным слотом и выберите подключенный модуль. Появится окно сообщения, в котором требуется подтвердить замену модуля. Щелкните по кнопке **OK**. Далее сконфигурируйте модуль согласно руководству *SCXI Quick Start Guide*. Щелкните по кнопке **OK**.

- Если в Вашем шасси находятся SCXI модули разных типов, убедитесь, что SCXI модуль, подключенный к DAQ-устройству, имеет самый высокий приоритет. Узнайте в руководстве *SCXI Quick Start Guide*, какой модуль должен быть подключен к DAQ-устройству E/M серий.
- По окончании диагностики и устранения ошибок повторно протестируйте шасси SCXI.

Если SCXI систему все равно не удается сконфигурировать, воспользуйтесь контактной информацией из документа *Technical Support Information* и свяжитесь со специалистами из National Instruments.

Диагностика устройств в Traditional NI-DAQ

- Если на экране Вашего компьютера появляется сообщение Unable to test chassis at this time, это означает, что у Вас не назначено ни одного соединения между SCXI модулем и DAQ-устройством E серии. Ознакомьтесь с параграфом Traditional NI-DAQ раздела 3, Конфигурирование и тестирование, чтобы изменить конфигурацию подключения SCXI модуля с Connected to: None на Connected to: Device x.
- Если на экране появляется сообщение Failed to find, за которым следуют коды модулей, а также сообщение Unable to communicate with chassis, выполните следующие действия:
  - Проверьте, подано ли питание на SCXI шасси.
  - Проверьте, правильно ли включен кабель между шасси и DAQ-устройством E серии.

  - Проверьте, нет ли у разъемов кабеля согнутых выводов.
  - Убедитесь в том, что Вы используете кабель нужного типа.
  - Протестируйте DAQ-устройство E серии на правильность функционирования. Вы можете более подробно узнать об этом из файла справки по DAQ-устройству E серии.

- Если на экране появляется сообщение **`Failed to find`**, за которым следуют коды модулей, а также сообщение **`Instead found: module with ID 0Xxx`**, обратитесь к параграфу *Traditional NI-DAQ* раздела 3*, Конфигурирование и тестирование*, и убедитесь в том, что нужный модуль находится в назначенном ему слоте. Извлеките неправильно установленный модуль, как описано в приложении C, *Деинсталляция модуля SCXI-1520*, и добавьте нужный модуль, как описано в параграфе *Traditional NI-DAQ* раздела 3*, Конфигурирование и тестирование.*
- Если Вы видите сообщение **`Failed to find`**, за которым следует код модуля и сообщение **`Slot x is empty`**, проверьте, установлен ли конфигурируемый модуль в назначенном слоте. Если он установлен неправильно, воспользуйтесь инструкциями в руководстве *Installing the SCXI-1520 Module into the SCXI Chassis.* Если модуль установлен в назначенном слоте, отключите питание шасси, извлеките модуль, как описано в приложении C, *Деинсталляция модуля SCXI-1520*, и проверьте, не загнуты ли выводы разъема на задней панели. Установите модуль еще раз согласно руководству *Installing the SCXI-1520 Module into the SCXI Chassis* и убедитесь в том, что он вставлен в слот до упора и не перекошен.
- По окончании диагностики и устранения ошибок повторно протестируйте шасси SCXI.

Если SCXI систему все-таки не удается сконфигурировать, воспользуйтесь контактной информацией из документа *Technical Support Information* и свяжитесь со специалистами из National Instruments.

2

Подключение сигналов

В настоящем разделе описываются следующие конфигурации подключения мостовых датчиков, собранных по схеме моста Уитстона, к модулю SCXI-1520: 1/4 моста (четвертьмостовая схема), 1/2 моста (полумостовая схема), полный мост (полномостовая схема), схема для дистанционных (удаленных) измерений. Также рассматриваются назначение контактов разъемов на лицевой и на задней панели модуля SCXI-1520.

Подключение сигналов с мостового датчика

В настоящем параграфе обсуждается, каким образом подаются сигналы с тензометрических схем, типы которых поддерживаются модулем SCXI-1520, а также датчиков, включенными по полной мостовой схеме, таких как датчики нагрузки, силы, момента и давления. Рассматриваются линии связи с удаленными датчиками и калибровка с помощью шунтов. Общие представления о тензодатчиках даются в разделе 4, *Принцип действия*. За подробной информацией о подключении сигналов обратитесь к руководству *SCXI-1314 Installation Guide*.

Примечания: В настоящем параграфе приведены схемы, в которых используется коннекторный блок SCXI-1314. Если Вы используете коннекторный блок SCXI-1314T, допустимые варианты конфигурации схем приведены в руководстве *SCXI-1314T TEDS Bridge Sensor Terminal Block Installation Guide (Руководство по инсталляции коннекторного блока SCXI-1314T для подсоединения интеллектуальных мостовых TEDS-датчиков).*

Для подключения датчиков типа «полный мост», таких как датчики нагрузки, силы, момента и давления, используйте принципиальную схему, приведенную на рисунке 2-5.

Четвертьмостовая схема (тип I)

В настоящем параграфе приведена информация о четвертьмостовой тензометрической схеме (тип I), которая показана на рисунке 2-1.

Примечание: Вывод S– остается неподключенным.

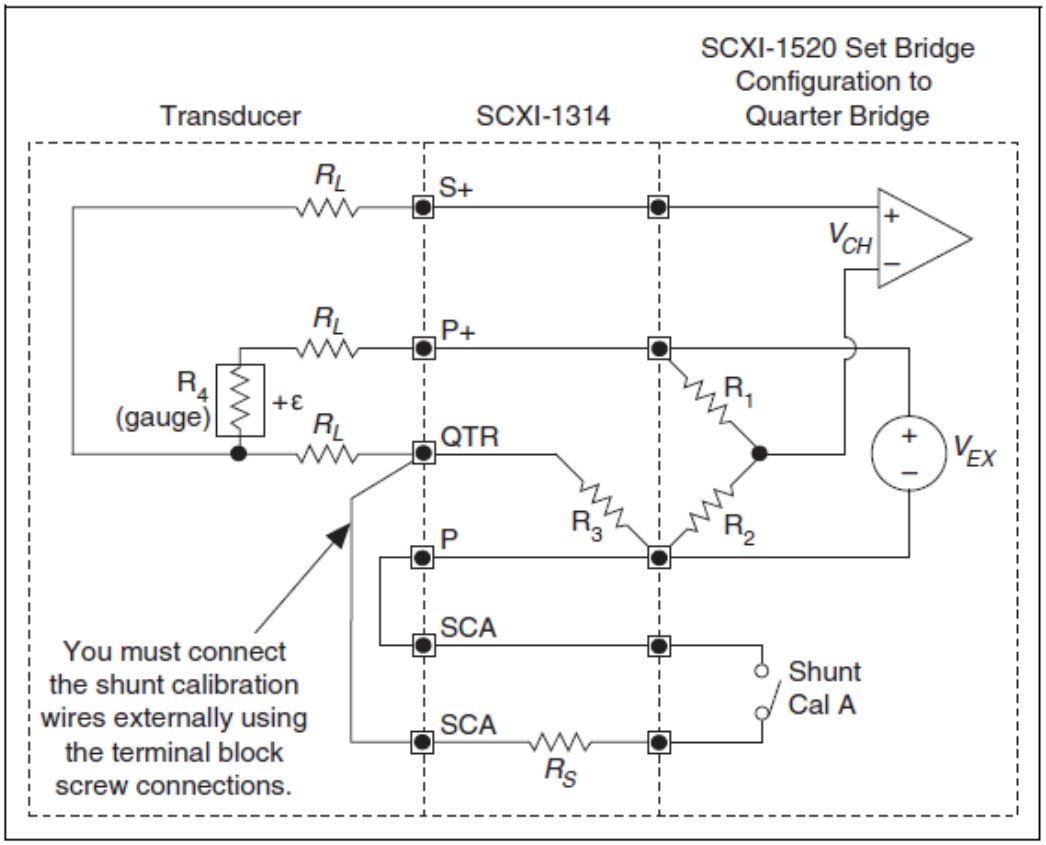


Рисунок 2-1. Четвертьмостовая тензометрическая схема (тип I)

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Проводники, с помощью которых подсоединяется калибровочный резистор, следует подключать снаружи коннекторного блока SCXI-1314 к его винтовым зажимам. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по четвертьмостовой схеме.

На принципиальной схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – дополняющие резисторы для полумостовой схемы.
- R_3 – дополняющий резистор для четвертьмостовой схемы.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Значение резистора R_3, дополняющего четверть мостовой датчик, должно быть равным номинальному сопротивлению тензочувствительного элемента. NI рекомендует использовать резистор с допуском 0.1%.

Четвертьмостовая схема (тип II)

В настоящем параграфе приведена информация о четвертьмостовой тензометрической схеме (тип II), которая показана на рисунке 2-2.

Примечание: Четвертьмостовую схему (тип II) часто путают с более распространенной полумостовой схемой (Тип I). В полумостовой схеме (тип I) активным является элемент R_3, который прикреплен к деформируемому образцу и измеряет деформацию с учетом коэффициента Пуассона. В то же время, в четвертьмостовой схеме (тип II) элемент R_3 сам по себе не измеряет деформацию, однако, он находится в непосредственном тепловом контакте с деформируемым образцом. В этом случае элемент R_3 не прикреплен к образцу. Обычно он располагается в непосредственной близости от образца или наклеивается на поверхности объекта из такого же материала, что и образец, имеющего ту же самую температуру, но при этом не подвергающегося деформации.

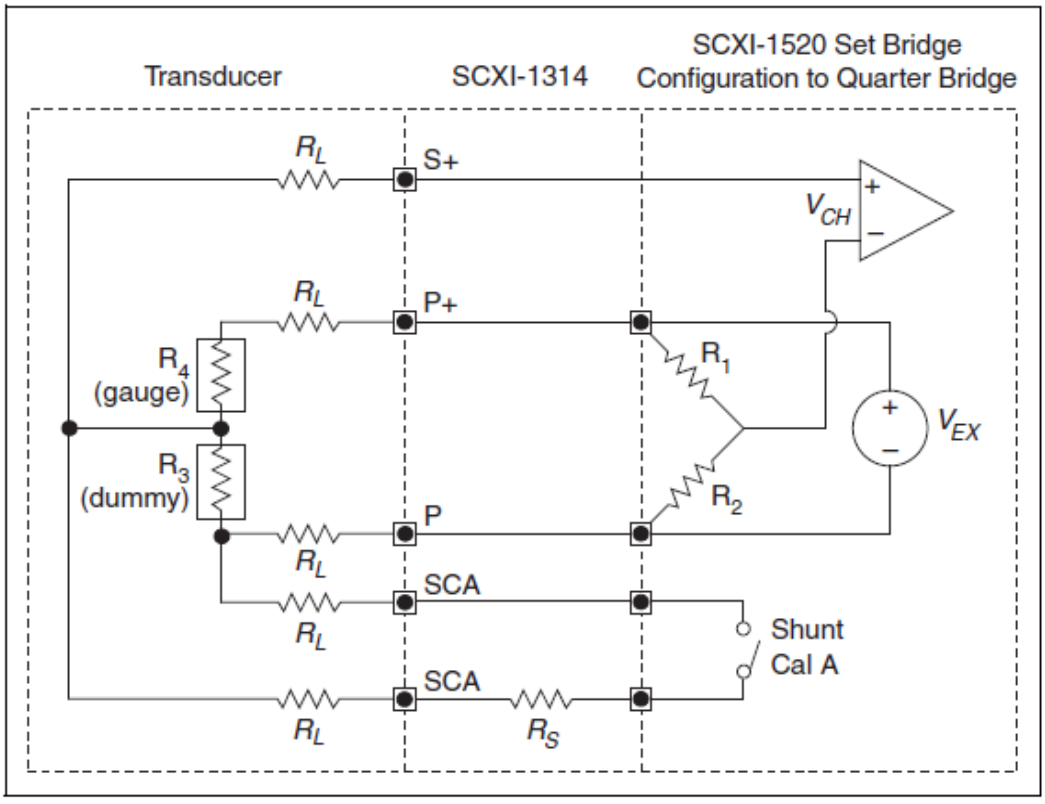


Рисунок 2-2. Четвертьмостовая тензометрическая схема (тип II)

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Dummy – Неработающий (недеформируемый) элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по четвертьмостовой схеме.

На принципиальной схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – дополняющие резисторы для полумостовой схемы.

- R_3 – термочувствительный недеформируемый элемент для четвертьмостовой схемы.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Выводы S– и QTR остаются неподключенными.

Полумостовая схема (тип I)

В настоящем разделе приведена информация о полумостовой тензометрической схеме (тип I), которая показана на рисунке 2-3.

Примечание: вывод S– остается неподключенным.

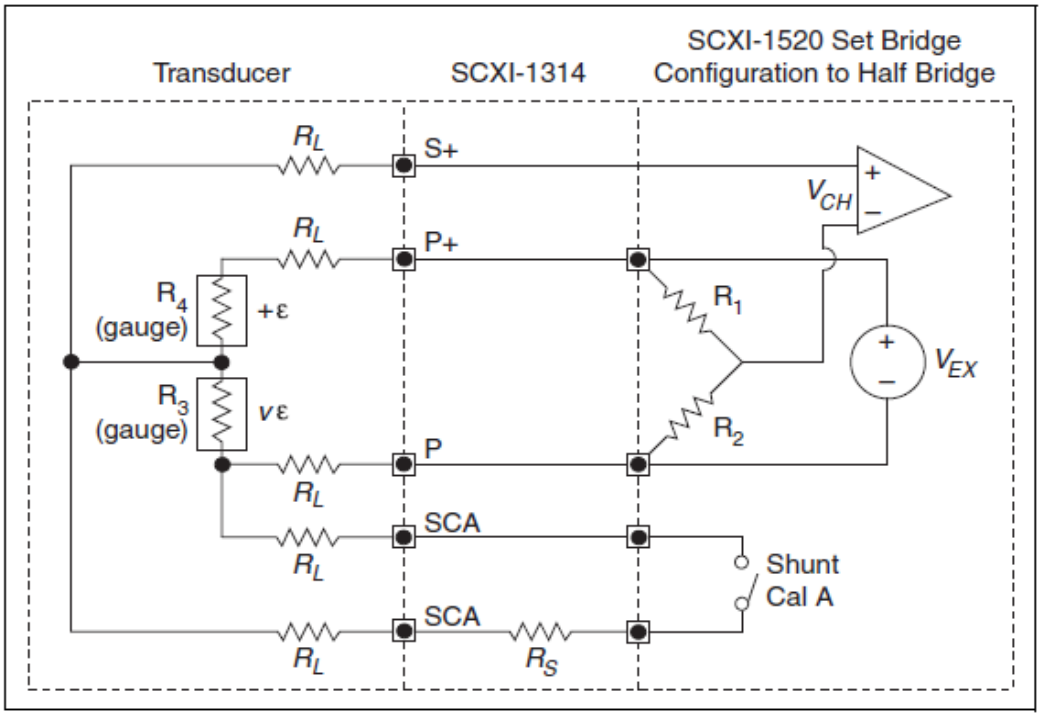


Рисунок 2-3. Полумостовая тензометрическая схема (тип I)

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по полумостовой схеме.

На принципиальной схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – дополняющие резисторы для полумостовой схемы.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия, обусловленную эффектом Пуассона (–νε).
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Чтобы обеспечить наивысшую точность калибровки, используйте согласно рисунку 2-3 раздельные линии, соединяющие мост и зажимы SCA. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Полумостовая схема (тип II)

В настоящем разделе приведена информация о полумостовой тензометрической схеме (тип II), которая показана на рисунке 2-4.

Примечание: Вывод S– остается неподключенным.

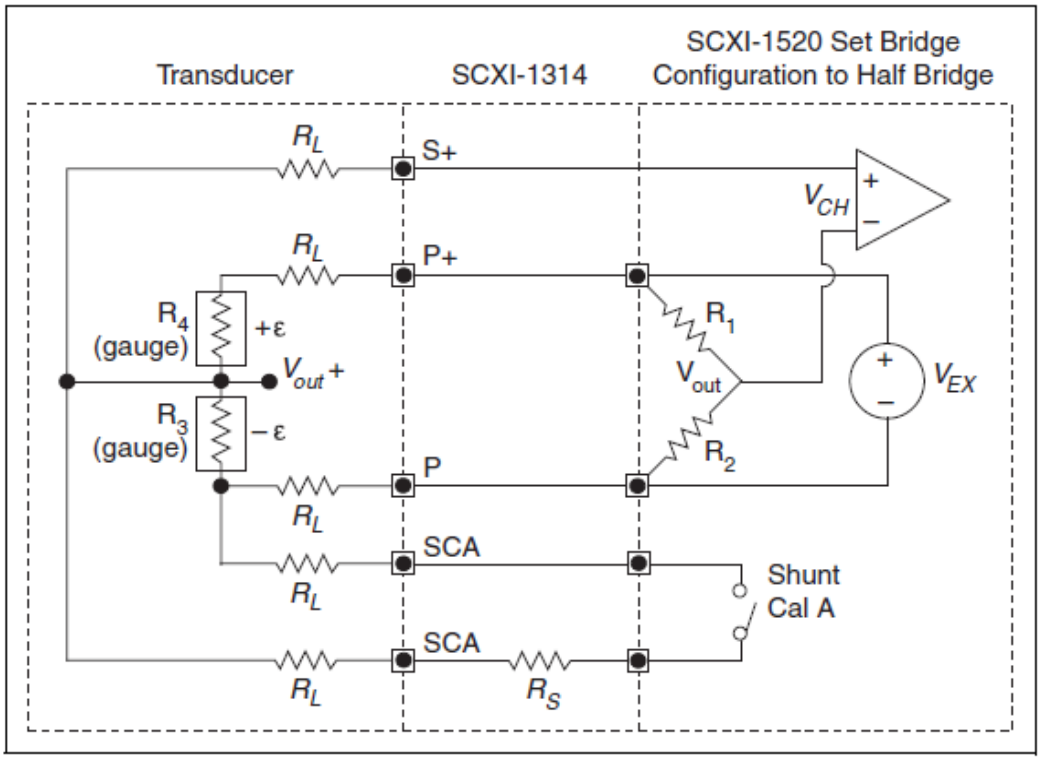


Рисунок 2-4. Полумостовая тензометрическая схема (тип II)

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по полумостовой схеме.

На принципиальной схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – дополняющие резисторы для полумостовой схемы.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия (–ε).
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Чтобы обеспечить наивысшую точность калибровки, используйте согласно рисунку 2-4 раздельные линии, соединяющие мост и зажимы SCA. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Полномостовая схема (тип I)

В настоящем разделе приведена информация о полномостовой тензометрической схеме (тип I), которая показана на рисунке 2-5.

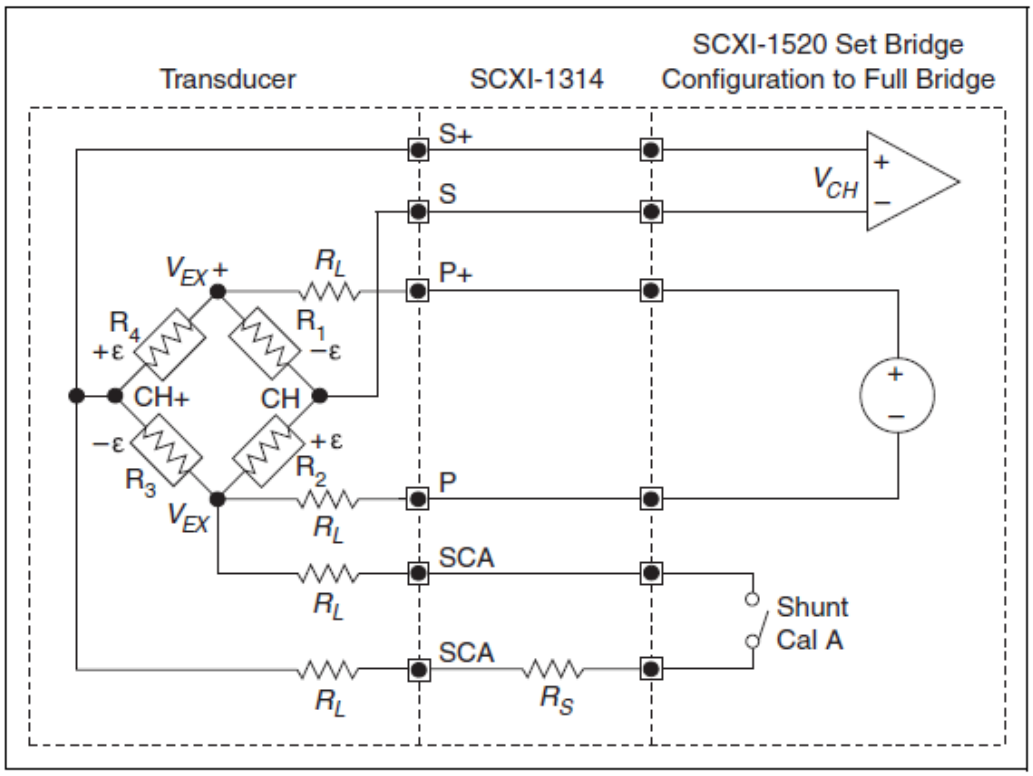


Рисунок 2-5. Полномостовая тензометрическая схема (тип I).

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по полномостовой схеме.

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия (–ε).
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия (–ε).
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Чтобы обеспечить наивысшую точность калибровки, используйте согласно рисунку 2-5 раздельные линии, соединяющие мост и зажимы SCA. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Полномостовая схема (тип II)

В настоящем разделе приведена информация о полномостовой тензометрической схеме (тип II), которая показана на рисунке 2-6.

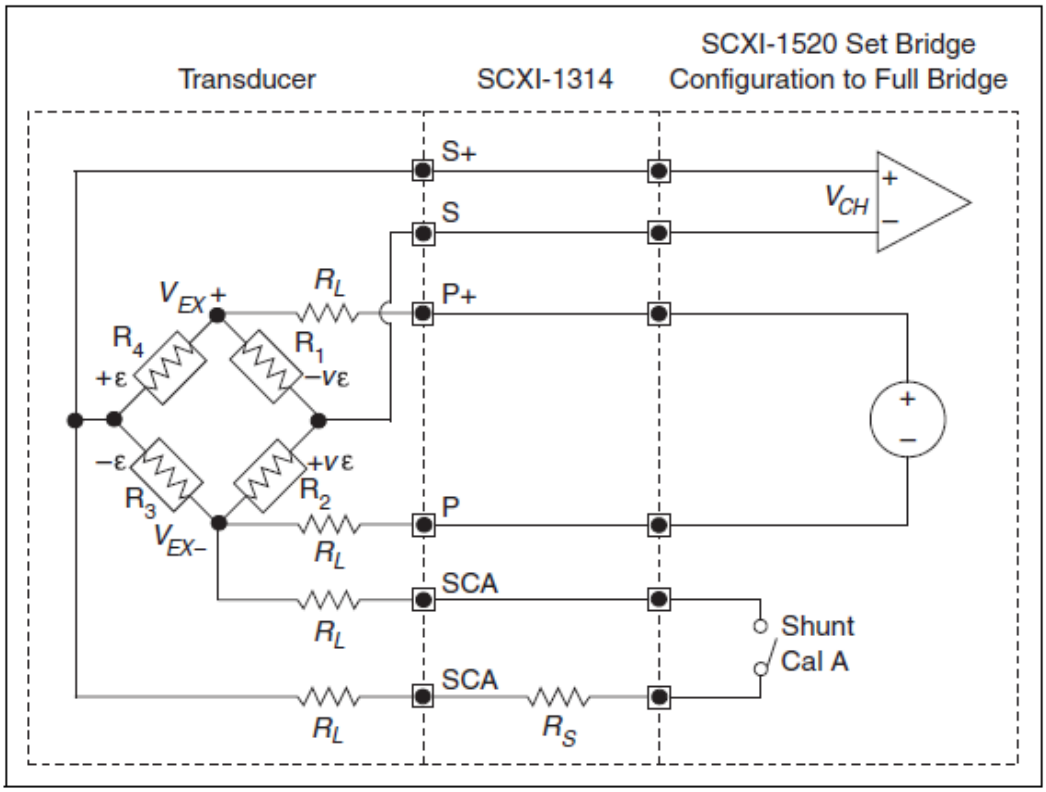


Рисунок 2-6. Полномостовая тензометрическая схема (тип II).

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по полномостовой схеме.

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия, обусловленную эффектом Пуассона (–νε).
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения, обусловленную эффектом Пуассона (+νε).
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия (–ε).
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Чтобы обеспечить наивысшую точность калибровки, используйте согласно рисунку 2-6 раздельные линии, соединяющие мост и зажимы SCA. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Полномостовая схема (тип III)

В настоящем разделе приведена информация о полномостовой тензометрической схеме (тип III), которая показана на рисунке 2-7 Этот тип подключения предназначен для измерения только продольной деформации.

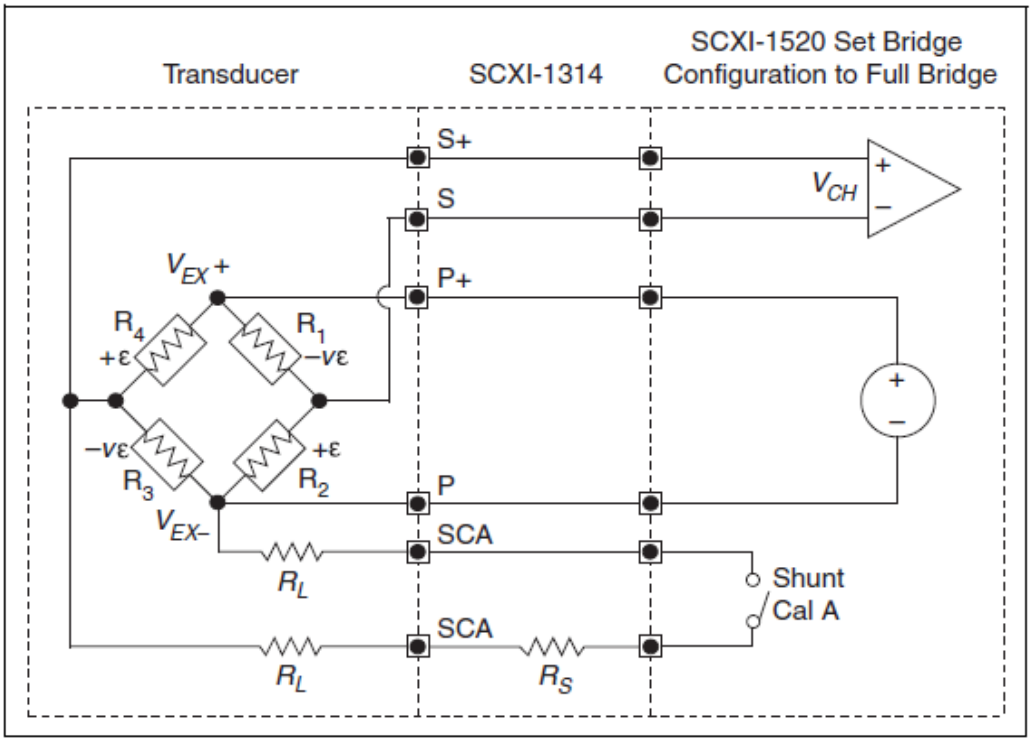


Рисунок 2-7. Полномостовая тензометрическая схема (тип III).

Transducer – датчик, Gauge – чувствительный элемент, Shunt Cal A – Калибровочный резистор (шунт) A. Модуль SCXI-1520 сконфигурирован для работы по полномостовой схеме.

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия, обусловленную эффектом Пуассона (–νε).
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия, обусловленную эффектом Пуассона (–νε).
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения (+ε).
- V_{EX} – напряжение питания моста.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое выходное напряжение моста.

Примечание: Чтобы обеспечить наивысшую точность калибровки, используйте согласно рисунку 2-7 раздельные линии, соединяющие мост и зажимы SCA. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Дистанционные измерения

Примечание: NI рекомендует подключение для удаленного датчика, если в Вашем приложении требуется повышенная точность измерений. За более подробной информацией о дистанционных измерениях обратитесь к разделу 4, *Принцип действия*.

Удаленный датчик подключайте к модулю SCXI-1520 в соответствии с рисунком 2-8.

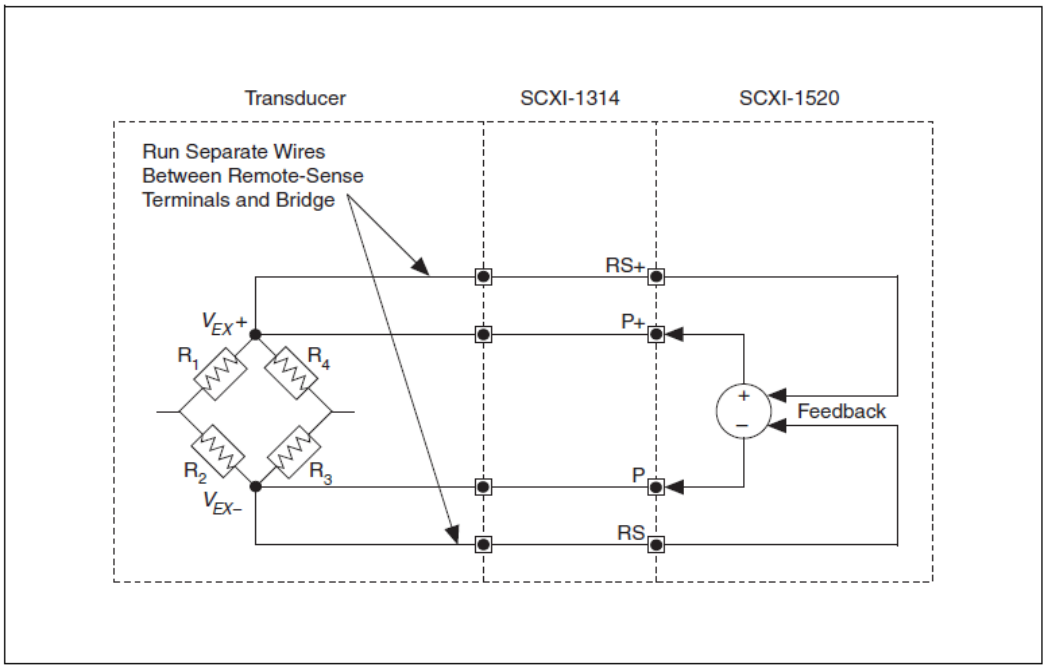


Рисунок 2-8. Принципиальная схема подключения удаленного датчика

Feedback – обратная связь. Для подсоединения удаленного мостового датчика к соответствующим зажимам используйте отдельные соединительные линии.

Примечание: При выполнении дистанционных измерений в уравнениях измерения деформации (ε) сопротивление R_L следует принять равным нулю.

Назначения контактов

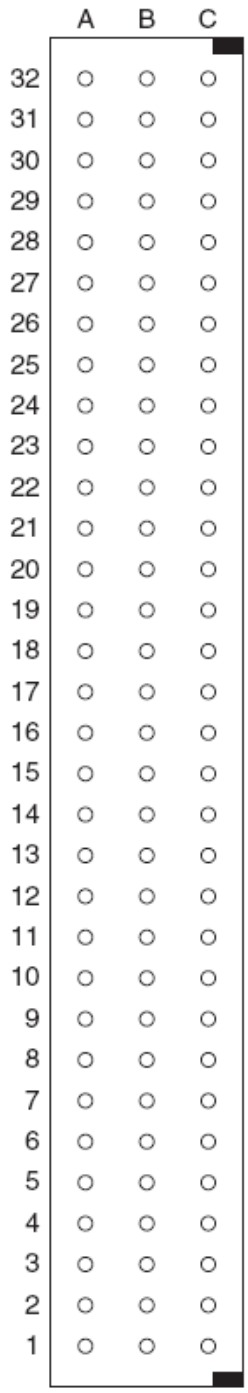
Назначения контактов сигнального разъема на лицевой панели модуля SCXI-1520 приведены в таблице 2-1. Через этот 96-контактный разъем типа DIN C (вилка) реализуются все сигнальные соединения. Зажимы имеют следующее назначение:

- S*X*+ и S*X*– аналоговый вход
- RS*X*+ и RS*X* – подключение удаленного датчика
- P*X*+ и P*X*– выход источника питания
- SCA*X* – подключение калибровочного шунта A
- SCB*X* – подключение калибровочного шунта B

где *X* – номер канала.

Соответствующие зажимы инвертирующих входов расположены в столбце B, а неинвертирующих входов – в столбце C. Контакты, обозначенные RSVD, зарезервированы, поэтому к ним *ничего не следует подключать*.

Таблица 2-1. Назначение контактов разъема на лицевой панели модуля SCXI 1520

Схема расположения контактов	Номер контакта	Столбец A	Столбец B	Столбец C
Столбец  	32	SCB0	S0–	S0+
	31	SCB0	RS0–	RS0+
	30	SCB1	P0–	P0+
	29	SCB1	SCA0	SCA0
	28	RSVD	S1–	S1+
	27	RSVD	RS1–	RS1+
	26	RSVD	P1–	P1+
	25	RSVD	SCA1	SCA1
	24	SCB2	S2–	S2+
	23	SCB2	RS2–	RS2+
	22	SCB3	P2–	P2+
	21	SCB3	SCA2	SCA2
	20	RSVD	S3–	S3+
	19	RSVD	RS3–	RS3+
	18	RSVD	P3–	P3+
	17	RSVD	SCA3	SCA3
	16	SCB4	S4–	S4+
	15	SCB4	RS4–	RS4+
	14	SCB5	P4–	P4+
	13	SCB5	SCA4	SCA4
	12	RSVD	S5–	S5+
	11	RSVD	RS5–	RS5+
	10	RSVD	P5–	P5+
	9	RSVD	SCA5	SCA5
	8	SCB6	S6–	S6+
	7	SCB6	RS6–	RS6+
	6	SCB7	P6–	P6+
	5	SCB7	SCA6	SCA6
	4	RSVD	S7–	S7+
	3	RSVD	RS7–	RS7+
	2	RSVD	P7–	P7+
	1	RSVD	SCA7	SCA7

Сигнальный разъем на задней панели представляет собой 50-контактный кабельный соединитель (вилка) для обеспечения возможности подключения аналоговых сигналов и обмена информацией между модулем SCXI-1520 и DAQ-устройством E/M серии. Этот разъем показан в таблице 2-2. Он позволяет DAQ-устройству иметь доступ ко всем восьми дифференциальным аналоговым выходным сигнала модуля SCXI-1520. Неинвертирующий зажим каждого канала аналогового вывода обозначается CH*X*+, а инвертирующий – CH*X*–.

Таблица 2-2. Назначение контактов разъема на задней панели модуля SCXI-1520

Схема расположения контактов	Обозначение сигнала	Номер контакта	Номер контакта	Обозначение сигнала
	–	1	2	–
	CH 0 +	3	4	CH 0 –
	CH 1+	5	6	CH 1–
	CH 2+	7	8	CH 2–
	CH 3+	9	10	CH 3–
	CH 4+	11	12	CH 4–
	CH 5+	13	14	CH 5–
	CH 6+	15	16	CH 6–
	CH 7+	17	18	CH 7–
	–	19	20	–
	–	21	22	–
	–	23	24	DIG GND
	SER DAT IN	25	26	SER DAT OUT
	DAQ D*/A	27	28	–
	SLOT 0 SEL	29	30	–
	–	31	32	–
	DIG GND	33	34	–
	–	35	36	AI HOLD COMP, AI HOLD
	SER CLK	37	38	–
	–	39	40	–
	–	41	42	–
	–	43	44	–
	–	45	46	SYNC
	–	47	48	–
	–	49	50	–

В режиме параллельного вывода у выходного мультиплексора выбирается канал 0, который подключается к контакту CH 0. Остальные 7 каналов подключены непосредственно к контактам с CH1 по CH7 разъема на задней панели.

В режиме мультиплексирования для подачи сигналов со всех 8 каналов модуля SCXI-1520, а также аналоговых сигналов с других модулей на DAQ-устройство E/M серии используется сигнальная пара CH 0. Если модуль присоединен непосредственно к DAQ-устройству, другие аналоговые каналы этого DAQ-устройства недоступны для обычного аналогового ввода, поскольку они подключены к выходам усилителя SCXI-1520. Это означает, что подключение модуля SCXI-1180 к разъему с 50 изолированными контактами устройства SCXI-1349 или какому-нибудь другому кабельному адаптеру, может привести к появлению помех и погрешностям измерений при подключении модуля SCXI-1520 к DAQ-устройству.

Соответствие интерфейсных сигналов между DAQ-устройством и SCXI-системой приведено в таблице 2-3. Если DAQ-устройство подключено к модулю SCXI-1520, то по этим линиям не может осуществляться обычный цифровой ввод-вывод.

Таблица 2-3. Обозначение интерфейсных сигналов модуля SCXI-1520

Номера контактов	Обозначения сигналов для SCXI	Обозначения сигналов для устройств NI-DAQmx	Обозначения сигналов для устройств Traditional NI-DAQ	Направление	Описание
24, 33	DIG GND	D GND	DGND	—	Цифровая земля – контакт питания, является общим для цифровых сигналов DAQ-устройства E/M серий и соединяется с общей цифровой цепью модуля.
25	SER DAT IN	P0.0	DIO0	Ввод	Вход последовательных данных – соединяется с линией MOSI шины SCXI, чтобы последовательные данные передавались в модуль или на слот 0.
26	SER DAT OUT	P0.4	DIO4	Вывод	Выход последовательных данных – соединяется с линией MISO шины SCXI для получения последовательных данных из модуля.
27	DAQ D*/A	P0.1	DIO1	Ввод	Линия селектора адрес/данные – этот сигнал соединяется с линией D*/A шины SCXI, чтобы SCXI модуль мог определить, какая часть потока последовательных данных передается: адрес или данные.

Таблица 2-3. Обозначение интерфейсных сигналов модуля SCXI-1520 (продолжение)

Номера контактов	Обозначения сигналов для SCXI	Обозначения сигналов для устройств NI-DAQmx	Обозначения сигналов для устройств Traditional NI-DAQ	Направление	Описание
29	SLOT0SEL*	P0.2	DIO2	Ввод	Выбор слота 0 – этот сигнал подается на линию INTR* шины SCXI, чтобы сигнализировать, куда направляется информация по линии MOSI: на модуль или слот 0.
36	SCANCLK	AI HOLD COMP, AI HOLD	SCANCLK	Ввод	Синхронизация опроса (сканирования) – положительный фронт указывает SCXI модулю, что DAQ устройство E/M серии получило отсчет измеряемого сигнала и можно переходить к следующим каналам.
37	SER CLK	EXTSTROBE*	EXTSTROBE*	Ввод	Синхронизация последовательной передачи данных – этот сигнал подается на линию SPICLK шины SCXI, чтобы синхронизировать данные на линиях MOSI и MISO.
46	HOLD TRIG	PFI 7/ AI SAMP CLK, AI SAMP	PFI7/ START SCAN	Ввод	Фиксация выборки – этот сигнал используется для установки модуля в состояние выборки-хранения.

3

Конфигурирование и тестирование

В настоящем разделе рассматривается процесс конфигурирования модуля SCXI-1520 с помощью оболочки MAX для работы с драйверами NI-DAQmx или драйверами более ранней версии Traditional NI-DAQ, создания и тестирования виртуальных каналов (virtual channel), глобальных каналов (global channel) и/или задач (task).

Программные настройки модуля SCXI-1520

В этом параграфе описывается, каким образом настраивается конфигурация моста, уровень напряжения питания, полоса пропускания фильтра, диапазон входных сигналов или коэффициент усиления, а также как производится конфигурирование в MAX программного обеспечения для выполнения коррекции смещения нуля и калибровки с помощью шунта. Здесь же указывается, как выполняется конфигурирование модуля SCXI-1520 для устройств NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ. Более подробную информацию о влиянии настроек на результаты измерений и конфигурировании в разрабатываемых Вами приложениях можно узнать в разделе 4, *Принцип действия*.

Общие программные настройки

Здесь описываются наиболее часто используемые программные настройки модуля SCXI-1520. В разделе 4, *Принцип работы*, Вы можете найти полный список программных настроек.

Конфигурация моста

Программная настройка конфигурации моста позволяет Вам легко подключать мостовые датчики, состоящие из одного (1/4 моста – четверть моста), из двух (1/2 моста – полумост) и из четырех (полный мост) рабочих плеч моста Уитстона. Если выбрана конфигурация «1/4 моста» или «1/2 моста», зажим S*X* (*X* – номер отдельного канала) коннекторного блока отсоединяется от сигнального разъема на лицевой панели модуля и подсоединяется к цепи внутри модуля, которая дополняет конфигурацию «1/2 моста». Дополнение конфигурации «1/4 моста» требует также внешних проводных соединений с дополняющим резистором, который находится внутри коннекторного блока.

Уровень напряжения питания

Программная настройка уровня напряжения питания позволяет Вам установить значение напряжения питания на зажимах P*X*+ и P*X*– (где *X* – номер канала) в диапазоне от 0 до 10 В. Чтобы не допустить перегрева модуля, не устанавливайте напряжение, которое превышает значение:

$$R_{PX} \times 29\ мА,$$

где R_{PX} – сопротивление между зажимами P*X*+ и P*X*–.

Примечание: В вышеприведенной формуле не требуется учитывать влияние внутренних резисторов, дополняющих полумост, в качестве сопротивления нагрузки. При использовании резистора внутри коннекторного блока, дополняющего четверть моста, необходимо учитывать сумму номинального сопротивления датчика и сопротивления этого резистора: $R_3 + R_4$.

В таблице 3-1 приведены предельно допустимые напряжения питания для стандартных конфигураций моста и номинальных сопротивлений.

Таблица 3-1. Напряжение питания для разных конфигураций и сопротивлений датчика

Конфигурация/Датчик	Сопротивление	Диапазон напряжений питания (NI-DAQmx)	Диапазон напряжений питания (Traditional NI-DAQ)
1/4 или 1/2 моста	120 Ом	≤6.96 В	от 0 до 6.875 В
	350 Ом	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В
	1000 Ом	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В
Полный мост или мостовой датчик с четырьмя рабочими плечами	120 Ом	≤3.48 В	от 0 до 3.125 В
	350 Ом	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В
	1000 Ом	от 0 до 10 В	от 0 до 10 В

Полоса пропускания фильтра

Программная настройка полосы пропускания фильтра позволяет выбрать одно из значений частоты среза фильтра нижних частот (ФНЧ): 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, либо отключить фильтр (пропускать сигнал в обход фильтра). Если в Вашем приложении требуются другие частоты среза, обратитесь к разделу 4, *Принцип действия*.

Коэффициент усиления/Диапазон входного сигнала

Программная настройка диапазонов входного сигнала/коэффициента усиления позволяет Вам подобрать такой коэффициент усиления, который позволяет полностью охватить диапазон входных сигналов DAQ-устройства E/M серий. В большинстве приложений драйвер DAQ-устройства выбирает и устанавливает коэффициент усиления в зависимости от задаваемого

диапазона входных сигналов. Эта возможность рассмотрена в разделе 4, *Принцип действия*. Другими словами, Вы должны определить соответствующий коэффициент усиления, используя диапазон напряжений входного сигнала и допустимые пределы выходного напряжения модуля SCXI-1520. Для обычных конфигураций тензодатчиков, соответственно «1/4 моста», «1/2 моста» и «полный мост», для которых коэффициент тензочувствительности равен 2.0, максимальный входной сигнал (в микровольтах) соответственно вычисляется по формулам:

$$V_{вх}^{1/4} = \varepsilon_{\max} \times V_n \times (0.5\ мкВ/В/(\varepsilon \cdot 10^{-6}))$$

$$V_{вх}^{1/2} = \varepsilon_{\max} \times V_n \times (1.0\ мкВ/В/(\varepsilon \cdot 10^{-6}))$$

$$V_{вх}^{1/1} = \varepsilon_{\max} \times V_n \times (2.0\ мкВ/В/(\varepsilon \cdot 10^{-6}))$$

где $\varepsilon_{\max}$ – максимальная деформация, V_n – напряжение питания, ε – деформация.

После того, как Вы определили напряжение входного сигнала, Вы можете получить коэффициент усиления по формуле:

$$K_y \le \frac{\Delta V_{вых} \times 10\ В}{V_{вх}}$$

где $\Delta V_{вых}$ – диапазон напряжений на выходе модуля SCXI-1520, $V_{вх}$ – входное напряжение.

Максимальное напряжение на входе DAQ-устройства зависит от указанной производителем чувствительности мостового датчика, которая обычно выражается в мВ/В, и вычисляется по формуле:

$$V_{вх}^{\max} = \frac{S \cdot V_n \cdot \varepsilon_{\max}}{\varepsilon_{пш}}$$

где S – чувствительность датчика, $\varepsilon_{\max}$ – максимальная деформация, измеряемая на входе DAQ-устройства, $\varepsilon_{пш}$ – деформация, соответствующая полной шкале датчика (максимальная деформация, которую может измерять датчик).

Если, например, у Вас есть датчик для измерения давления в диапазоне от 0 до 500 фунтов на квадратный дюйм (3447 кПа), который имеет чувствительность 3.0 мВ/В, максимальный уровень сигнала на входе DAQ-устройства при напряжении питания 10 В и максимальном давлении 200 фунтов на квадратный дюйм (1379 кПа) вычисляется по формуле:

$$\frac{3.0\ мВ/В \times 10\ В \times 1379\ кПа}{3447\ кПа}$$ и равно 12 мВ

Если Вы используете DAQ-устройство, у которого максимальный диапазон напряжений аналогового ввода ±10 В, а максимальное напряжение на входе модуля SCXI-1520 составляет +12 мВ, установите коэффициент усиления близкий к значению

$$\frac{10\ B}{12\ мВ} = 833,$$

но *НЕ превышающий* его, поскольку завышенный коэффициент усиления приводит к насыщению входа DAQ-устройства при подаче на вход SCXI-1520 напряжения 12 мВ. В данном примере ближайший меньший коэффициент усиления для модуля SCXI-1520 равен 750.

Потенциометры коррекции нуля

Программные настройки грубого и точного потенциометров коррекции нуля позволяют Вам убирать нежелательное напряжение смещения. В большинстве случаев вместо того, чтобы «вручную» регулировать потенциометры, Вы можете доверить программному драйверу их автоматическую регулировку. Тем не менее, если хотите осуществлять «ручную» регулировку потенциометров, Вы можете сами написать для этого прикладную программу. За более подробной информацией обратитесь к разделу 4, *Принцип действия*.

Ключи для включения/отключения калибровочных шунтов

Для осуществления калибровки коэффициента усиления есть возможность программного управления ключами A и B, с помощью которых включаются или отключаются калибровочные резисторы (шунты). В большинстве случаев вместо ручного управления ключами Вы можете разрешить программному драйверу автоматическое управление ими в процессе процедуры автоматической калибровки. Тем не менее, если хотите осуществлять «ручное» управление ключами, Вы можете сами написать для этого прикладную программу. За более подробной информацией обратитесь к разделу 4, *Принцип действия*.

Примечание: Настройка коэффициента усиления осуществляется автоматически, если калибровка выполнена с помощью драйвера NI-DAQ. За более подробной информацией о калибровке с помощью драйвера обратитесь к параграфам *Traditional NI-DAQ* и *NI-DAQmx*.

Режимы работы

Модуль SCXI-1520 может работать в режимах мультиплексированного и параллельного сбора данных. Набор драйверов NI-DAQmx позволяет осуществлять сбор данных или в мультиплексированном, или в параллельном режиме. Набор драйверов Traditional NI-DAQ поддерживает только мультиплексированный режим. За более подробной информацией о режимах работы обратитесь к параграфу *Теоретические основы тензометрии* раздела 4, *Принцип действия*.

Синхронная выборка и хранение

Если необходимо измерять два или более сигналов в один и тот же момент времени, требуется синхронная выборка и хранение (СВХ). К типичным приложениям, где может потребоваться режим СВХ, относятся измерения вибрации и разности фаз. Если Вам нужны частоты сканирования (опроса) каналов, которые превышают предельно допустимые значения для СВХ, Вы можете запретить этот режим в NI-DAQmx из своего приложения. NI рекомендует оставлять режим СВХ разрешенным.

Примечание: Оболочка MAX не позволяет изменять состояние режима СВХ. Для изменения состояния режима СВХ необходимо воспользоваться узлом свойств `NI-DAQmx Channel` в среде разработки приложений типа LabVIEW или LabWindows/CVI. За более подробной информацией обратитесь к файлу справки по Вашей среде разработки приложений.

Конфигурирование с помощью оболочки MAX

Примечание: Если Вы будете использовать системы проектирования других компаний, а не National Instruments, работать с системами проектирования National Instruments более ранних версий, чем 7.0, или будете пользоваться нелицензированными копиями текущих версий, утилита NI License Manager будет открывать дополнительные диалоговые окна, в которых можно создавать задачи или глобальные каналы в демонстрационном режиме. Эти окна с сообщениями будут появляться до тех пор, пока Вы не установите лицензионную среду разработки версии 7.0 и выше.

Далее описывается, каким образом можно изменять программные настройки с помощью оболочки MAX. Расположение настроек зависит от версии программных драйверов: более старая версия Traditional NI-DAQ (параграф *Traditional NI-DAQ*) или более новая версия NI-DAQmx (параграф *NI-DAQmx*). За более подробной информацией по установке и конфигурированию аппаратуры Вы можете обратиться к руководствам *DAQ Getting Started Guide* и *SCXI Quick Start Guide*. Вы можете также конфигурировать измерительные задачи, каналы и шкалы с помощью `DAQ Assistant` в графическом интерактивном режиме.

NI-DAQmx

NI-DAQmx позволяет конфигурировать такие программные настройки, как конфигурация моста, уровень напряжения питания, полоса пропускания фильтра, диапазон входных сигналов/коэффициент усиления, а также настройки калибровки следующими способами:

- С использованием задачи или глобального канала в MAX
- С использованием функций Вашего приложения

Примечание: Не все программные настройки могут быть выполнены обоими способами. В этом параграфе рассматривается только конфигурирование с помощью MAX. Информация по конфигурированию Вашего приложения с помощью функций приведена в разделе 4, *Принцип действия*.

В этих параграфах описывается, какие настройки Вы можете изменять с помощью MAX, и где они находятся. «Измерение деформации» и «Измерение напряжения на выходе измерительной цепи, на которую подается питание» – типы задач (**NI-DAQmx Task**) и глобальных каналов (**NI-DAQmx Global Channel**), наиболее часто используемые при работе с модулем SCXI-1520. Задачу или глобальный канал **Custom Voltage with Excitation NI-DAQmx** (Измерение напряжения на выходе измерительной цепи, на которую подается питание) следует применять при измерении выходных напряжений мостовых датчиков веса, силы, момента, давления и т.д.

- Конфигурация моста – настраивается с помощью закладки **NI-DAQmx Task** или **NI-DAQmx Global Channel**, а также функций Вашего приложения. Свойства канала имеют более высокий приоритет относительно свойств модуля, т.е. при конфигурировании свойств канала свойства модуля игнорируются. По умолчанию в NI-DAQmx задана конфигурация «полный мост».
- Напряжение питания задается с помощью задачи **NI-DAQmx Task**, так и с помощью канала **NI-DAQmx Global Channel**. Также Вы можете устанавливать его уровень с помощью Вашего приложения. В NI-DAQmx Вы можете выбрать напряжение питания из ряда значений в диапазоне от 0 до 10 В с малым шагом. По умолчанию оно установлено равным 0 В.
- Полоса пропускания фильтра – настраивается на закладке **Device** (Устройство) как для задачи (**NI-DAQmx Task)**, так для глобального канала (**NI-DAQmx Global Channel)**. Значение полосы пропускания Вы можете также установить с помощью Вашего приложения. По умолчанию в NI-DAQmx задана частота среза 10 кГц.
- Диапазон входного сигнала – настраивается как с помощью **NI-DAQmx Task**, так и с помощью **NI-DAQmx Global Channel**. Когда Вы устанавливаете минимальный и максимальный диапазон для задачи (**NI-DAQmx Task)** или глобального канала (**NI-DAQmx Global Channel)**, драйвер выбирает наиболее подходящий для данного измерения коэффициент усиления, который Вы также

можете установить с помощью Вашего приложения. По умолчанию NI-DAQmx установлен коэффициент усиления, равный 1.0, который соответствует диапазону входного напряжения ±10 В.

- Настройки калибровки – настройки потенциометров коррекции нуля и ключей для управления включением/отключением калибровочных шунтов выполняются только с помощью задачи **Strain NI-DAQmx Task**, глобального канала **Strain NI-DAQmx Global Channel** или Вашего приложения. Задача **Custom Voltage with Excitation NI-DAQmx Task** или глобальный канал **NI-DAQmx Global Channel** не позволяют настраивать режим калибровки в оболочке MAX, поэтому их следует настраивать с помощью Вашего приложения. По умолчанию потенциометры установлены в средние положения: грубый потенциометр – в положение 62, а точный потенциометр – в положение 2,047. По умолчанию калибровочные ключи находятся в разомкнутом состоянии, в котором калибровочные шунты остаются отключенными от схемы.
- Режимы работы – настраиваются только при программной инсталляции шасси. За более подробной информацией обратитесь к разделу 1, *Краткие сведения о модуле SCXI-1520*. По умолчанию в NI-DAQmx установлен режим мультиплексированного сбора данных.
- Синхронная выборка и хранение (CBX) – настраивается только с помощью Вашего приложения. В NI-DAQmx данный режим включен по умолчанию.

Примечание: Информация по конфигурированию настроек Вашего приложения с помощью Traditional NI-DAQ приведена в разделе 4, *Принцип действия*.

Создание глобального тензометрического канала или задачи

Для создания в NI-DAQmx нового глобального тензометрического канала или задачи (для измерения деформации) выполните следующие действия:

1. Щелкните два раза левой кнопкой мыши по иконке **Measurement & Automation** на рабочем столе.
2. Нажатием на правую кнопку мыши по строке **Data Neighborhood** выберите команду **Create New** (Создать).
3. Выберите **NI-DAQmx Task** (задача) или **NI-DAQmx Global Channel** (канал) и нажмите на кнопку **Next** (Далее).
4. Выберите **Analog Input** (Аналоговый ввод).
5. Выберите **Strain** (Деформация).
6. Если Вы создаете задачу, Вы можете выбрать подряд идущие каналы, удерживая клавишу <Shift>. Также Вы можете выбрать несколько произвольно расположенных каналов, удерживая клавишу <Ctrl>. Если Вы создаете канал, выбрать можно только один канал. Нажмите на кнопку **Next**.

7. Задайте имя задачи или канала и нажмите на кнопку **Finish**.
8. В окне **Channel List** выберите канал/каналы, которые Вы хотите сконфигурировать. Вы можете выбрать несколько подряд идущих каналов, удерживая клавишу <Shift>. Вы можете выбрать несколько отдельных каналов, удерживая клавишу <Ctrl>.
9. Введите значения параметров для Вашего приложения на закладке **Settings**. Контекстная справка для каждого параметра приведена в правой части экрана.
10. Перейдите на закладку **Device** (устройство) и выберите режим автоматической коррекции нуля, а также частоту среза ФНЧ.
11. Убедитесь в том, что Вы выбрали тензометрический канал/каналы, который хотите откалибровать. Для осуществления калибровки нажмите на кнопку **Calibration** (Калибровка).
12. В появившемся окне разрешите коррекцию смещения нуля и/или включение калибровочного шунта. Введите информацию о калибровочном шунте. Нажмите на кнопку **Next**.
13. В окне **Measure and Calibrate** (Измерение и калибровка) отображается информация, относящаяся именно к тензометрическому каналу/каналам. Для получения сигнала с тензометрического канала/каналов нажмите на кнопку **Measure** (Измерение), а для сброса параметров в состояние по умолчанию нажмите на кнопку **Reset Data** (Сброс данных). Для калибровки тензометрического канала/каналов нажмите на кнопку **Calibrate**. После завершения калибровки нажмите на кнопку **Finish**.
14. Если Вы создаете задачу и хотите настроить органы управления синхронизацией и запуском, введите соответствующие значения на закладках **Task Timing** (Синхронизация задачи) и **Task Triggering** (Запуск задачи).

Создание глобального канала или задачи измерения напряжения на выходе измерительной цепи, на которую подается питание

При использовании мостовых датчиков нагрузки, силы, момента, давления и т.д. создайте задачу **Custom Voltage with Excitation NI-DAQmx Task** или глобальный канал **Custom Voltage with Excitation NI-DAQmx Global Channel**, для чего выполните следующие действия:

1. Щелкните два раза левой кнопкой мыши по иконке **Measurement & Automation** на рабочем столе.
2. Нажатием на правую кнопку мыши по строке **Data Neighborhood** выберите команду **Create New** (Создать).
3. Выберите **NI-DAQmx Task** (задача) или **NI-DAQmx Global Channel** (канал) и нажмите на кнопку **Next** (Далее).
4. Выберите **Analog Input** (Аналоговый ввод), а затем **Custom Voltage with Excitation** (Измерение напряжения на выходе измерительной цепи, на которую подается питание).

5. Если Вы создаете канал, Вы можете выбрать только один канал. Если Вы создаете задачу, Вы можете выбрать подряд идущие каналы, удерживая клавишу <Shift>. Также Вы можете выбрать несколько произвольно расположенных каналов, удерживая клавишу <Ctrl>. Нажмите на кнопку **Next.**
6. Задайте имя задачи или канала и нажмите на кнопку **Finish.**
7. В окне **Channel List** выберите канал/каналы, которые Вы хотите сконфигурировать. Вы можете выбрать несколько подряд идущих каналов, удерживая клавишу <Shift>. Вы можете выбрать несколько отдельных каналов, удерживая клавишу <Ctrl>.
8. Введите значения параметров для Вашего приложения на закладке **Settings**. Контекстная справка для каждого параметра приведена в правой части экрана.
9. Перейдите на вкладку **Device** (устройство) и выберите режим автоматической коррекции нуля, а также частоту среза ФНЧ.
10. Если Вы применяете специальное масштабирование, выберите команду из выпадающего меню **Create New** и далее следуйте указаниям мастера.
11. Если Вы создаете задачу и хотите настроить органы управления синхронизацией и запуском, введите соответствующие значения на закладках **Task Timing** (Синхронизация задачи) и **Task Triggering** (Запуск задачи).

Traditional NI-DAQ

С помощью драйверов Traditional NI-DAQ, предшествующих NI-DAQmx, Вы можете программно конфигурировать различные настройки типа конфигурации моста, уровня напряжения питания, полосы пропускания фильтра, диапазона входных сигналов/коэффициента усиления, а также настройки калибровки следующими способами:

- Используя страницы со свойствами модуля в оболочке MAX
- Используя окна свойств виртуальных каналов в оболочке MAX
- Используя функции в составе используемой Вами среды разработки приложений

Примечание: Не все программные настройки могут быть выполнены этими тремя способами. В этом параграфе рассматривается только конфигурирование с помощью MAX. Информация по конфигурированию Вашего приложения с помощью функций приведена в разделе 4, *Принцип действия*.

Большинство параметров доступно через свойства модулей и/или через виртуальные каналы:

- Конфигурация моста – настраивается с помощью свойств модуля, свойств виртуального канала, а также функций Вашего приложения. Свойства виртуального канала имеют более высокий приоритет

относительно свойств модуля. По умолчанию в Traditional NI-DAQ устанавливается конфигурация «1/4 моста».

- Напряжение питания – задается с помощью свойств модуля или свойств виртуального канала. Свойства виртуального канала имеют более высокий приоритет относительно свойств модуля. Напряжение питания можно также задать в Вашем приложении. Предусмотрен выбор одного из 17 значений напряжения питания в диапазоне от 0 до 10 В. По умолчанию напряжение питания в Traditional NI-DAQ установлено 2.5 В.
- Полоса пропускания фильтра – настраивается только с помощью свойств модуля. Значение полосы пропускания Вы можете также установить с помощью Вашего приложения. По умолчанию в Traditional NI-DAQ задана ширина полосы пропускания 10 Гц.
- Коэффициент усиления/Диапазон входного сигнала – настраивается с помощью свойств модуля. Когда Вы устанавливаете минимальную и максимальную границу диапазона для виртуального канала, драйвер выбирает наиболее подходящий коэффициент усиления. По умолчанию Traditional NI-DAQ устанавливает коэффициент усиления, равный 100.
- Настройки калибровки – настройки потенциометра установки нуля и ключей для включения/отключения калибровочного шунта выполняются только с помощью виртуального канала или Вашего приложения. По умолчанию потенциометры устанавливаются в средние положения: грубый потенциометр – в положение 62, а точный потенциометр – в положение 2047. По умолчанию калибровочные ключи находятся в разомкнутом состоянии, в котором калибровочные шунты остаются отключенными от схемы.
- Режимы работы – настраиваются только с помощью свойств модуля. По умолчанию в Traditional NI-DAQ устанавливается режим мультиплексированного сбора данных. Режим параллельного сбора данных в Traditional NI-DAQ не поддерживается.
- Режим синхронной выборки и хранения настраивается только с помощью NI-DAQmx.

Примечание: Информация по конфигурированию настроек Вашего приложения с помощью Traditional NI-DAQ приведена в разделе 4, *Принцип действия*.

Конфигурирование модуля на странице свойств Traditional NI-DAQ

1. Щелкните правой кнопкой мыши на названии модуля SCXI-1520, с которым Вы хотите работать, и выберите пункт контекстного меню **Properties** (Свойства). Далее щелчком левой кнопки мыши выберите закладку **General** (Общие).
2. Если конфигурируемый модуль подключен к DAQ-устройству E серии, выберите это устройство с помощью команды **Connected to** (Подключен к). Если Вы хотите, чтобы DAQ-устройство E серии осуществляло управление шасси, проверьте, установлен ли флажок **This device will control the chassis** (Это устройство управляет шасси).

Если конфигурируемый Вами модуль не подключен к DAQ устройству, выберите **None**.

3. Выберите закладку **Channel**, а затем для каждого канала – соответствующие настройки коэффициента усиления, фильтра, напряжения питания и конфигурации моста. Если Вы хотите конфигурировать одновременно все каналы, выберите выпадающий список **Channel**, прокрутите его до конца вниз и выберите команду **All Channels** (Все каналы). Детальное описание каждого параметра Вы можете узнать в параграфе *Программные настройки SCXI-1520*. После завершения конфигурирования щелкните по кнопке **Apply** (Применить).
4. Перейдите на закладку **Accessory** (Вспомогательные устройства). Выберите тип вспомогательного устройства, подключенного к модулю. Если конфигурирование Вами завершено, нажмите на кнопку **OK**.

В конечном итоге шасси и модуль SCXI-1520 должны быть сконфигурированы правильно. Если Вам требуется изменить конфигурацию модуля, щелкните по его названию правой кнопкой мыши и повторите шаги с 1 по 4. Протестируйте систему путем выполнения действий, изложенных в параграфе *Диагностика после самоконтроля* раздела 1, *Краткие сведения о модуле SCXI-1520*.

Создание виртуального канала

Для создания виртуального канала выполните следующие действия:

1. Щелчком правой кнопки мыши откройте меню **Data Neighborhood** и выберите команду **Create New** (Создать).
2. Выберите **Traditional NI-DAQ Virtual Channel** (виртуальный канал) и нажмите на кнопку **Finish** (Завершение).
3. Нажмите на кнопку **Add Channel** (Добавить канал).
4. Из выпадающего списка выберите **Analog Input** (Аналоговый ввод) и нажмите на кнопку **Next** (Далее).
5. Заполните поля **Channel Name** (Название канала) и **Channel Description** (Описание канала), затем нажмите на кнопку **Next**.
6. Выберите из выпадающего списка **Strain Gauge** (Тензодатчик) и нажмите на кнопку **Next**.
7. Введите следующую информацию
   a. **Bridge type** (Тип моста – из выпадающего списка)
   b. **V init** (Начальное напряжение), В
   c. **Lead Resistance** (Сопротивление соединительной линии), Ом
   d. **Nominal Gauge** (Номинальное сопротивление), Ом
   e. **Gauge Factor** (Коэффициент тензочувствительности)
   f. **Range min** (Нижняя граница диапазона измерений), $\varepsilon \cdot 10^{-6}$
   g. **Range max** (Верхняя граница диапазона измерений), $\varepsilon \cdot 10^{-6}$

8. Нажмите на кнопку **Next**.
9. Введите следующую информацию:
   a. **What DAQ hardware will be used?** (Какое оборудование сбора данных будет использоваться?) – из выпадающего списка
   b. **What channel on your DAQ hardware?** (Какой канал будет задействован?) – из выпадающего списка
   c. **Which analog input mode will be used?** (Какой режим аналогового ввода будет использоваться?) – из выпадающего списка
   d. **What is the Excitation Voltage's source and value?** (Что является источником напряжения питания и какова величина этого напряжения?) – из выпадающего списка
   e. **Voltage** (Напряжение), В
10. Нажмите на кнопку **Finish**.

Калибровка тензометрического виртуального канала

Для калибровки тензометрического виртуального канала выполните следующие действия:

1. Щелчком правой кнопки мыши откройте контекстное меню для виртуального канала, который Вы хотите калибровать, и выберите пункт **Properties**.
2. Нажмите на кнопку **Calibration**.
3. Из выпадающего списка выберите пункт **Engineering Units**.
4. Введите калибровочные данные в поле **Calibration Data** и нажмите на кнопку **Update** (Обновить).
5. Выберите **Shunt Cal Circuit A** (Включение калибровочного шунта А) и **Operation** (Выполнение), затем нажмите на кнопку **Start** (Запуск).
6. По окончании калибровки нажмите на кнопку **Exit** (Выход).

Проверка по сигналам

В настоящем параграфе описывается, как выполнять измерения, используя тестовые панели, чтобы проверить прохождение сигнала, установку и конфигурацию системы средствами NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ.

Проверка по сигналам с использованием задачи или глобального канала NI-DAQmx

Чтобы проверить прохождение сигналов через модуль SCXI-1520 средствами NI-DAQmx, Вам следует выполнить следующие действия:

1. Щелкните по символу **+** рядом с надписью **Data Neighborhood**.
2. Щелкните по символу **+** рядом с надписью **NI-DAQmx Tasks**.

3. Щелкните по идентификатору задачи.
4. Добавьте или удалите каналы из списка, если это возможно. Для добавления каналов нажмите на кнопку и выберите тип канала, который Вы хотите добавить.
   a. В появившемся окне нажмите на символ + рядом с интересующим модулем.
   b. Выберите каналы, который Вы хотите проверить. Удерживая клавишу <Shift>, Вы можете выбрать несколько подряд идущих каналов, или, удерживая клавишу <Ctrl> – выбрать несколько каналов в произвольном порядке. Нажмите на кнопку **OK**.
5. Введите соответствующую информацию на закладке **Settings** (Настройки).
6. Щелкните по закладке **Device** (Устройство) и введите на ней соответствующую информацию.
7. Чтобы открыть тестовую панель, щелкните по кнопке **Test** (Тестирование).
8. Если необходимо, щелкните по кнопке **Start**.
9. По окончании проверки каналов закройте окно тестовой панели.

Выполнение вышеуказанных действий позволит Вам проверить конфигурацию модуля SCXI-1520 и правильность подключения источников сигнала.

Примечание: Более подробную информацию, в частности, по конфигурированию модуля и проведению измерений средствами LabVIEW, Вы можете узнать из раздела 4, *Принцип действия*.

Проверка по сигналам средствами Traditional NI-DAQ

Далее рассматривается, как проверить прохождение сигнала средствами Traditional NI-DAQ, используя символьные строки конфигурирования каналов и виртуальные каналы.

Проверка прохождения сигнала с помощью строк каналов

Строка каналов имеет следующий формат:

`obx ! scy ! mdz ! channel`

где

`obx` – канал DAQ-устройства E серии с номером *x*, на который подается сигнал с мультиплексора SCXI модуля. Если измерительная система состоит из одного шасси, значение *x* равно 0, что соответствует каналу 0 DAQ-устройства E серии. Если система состоит из нескольких шасси или шасси удаленное, то каналу с номером *x* DAQ-устройства соответствует шасси с

номером *n-1,* т. е. канал *x* DAQ-устройства используется для опроса n-го шасси системы.

`scy` – идентификатор шасси с номером *y*, который Вы присваиваете при конфигурировании шасси.

`mdz` – номер слота *z*, в котором находится модуль. Слоты в шасси нумеруются слева направо, начиная с 1.

`channel` – опрашиваемый канал модуля, находящегося в слоте с номером *z*.

Отдельный n-ый канал системы в символьной строке представляется, как:

`obx ! scy ! mdz !` ***n***, где ***n*** –номер одиночного канала.

Для проверки канала с помощью строк каналов выполните следующие действия:

1. Раскройте список задач и каналов щелчком по символу + рядом с надписью **Devices and Interfaces**.
2. Раскройте список устройств щелчком по символу + рядом с надписью **Traditional NI-DAQ Devices**.
3. Щелкните правой кнопкой мыши по строке DAQ-устройства E-серии.
4. Щелкните по кнопке **Test Panels** (Тестовые панели).
5. Введите строку канала.
6. Введите граничные значения входного сигнала.
7. Выберите режим **Data Mode** (Режим сбора данных).
8. Выберите **Y Scale Mode** (Режим по оси Y).

За более подробной информацией и о форматах строк каналов для различных приложений обратитесь к руководству *LabVIEW Measurements Manual* (Измерения в LabVIEW).

Проверка по сигналам с использованием тензометрического виртуального канала

Если Вы уже создали виртуальный канал, для проверки по сигналам выполните следующие действия:

1. Щелкните правой кнопкой мыши по виртуальному тензометрическому каналу, который Вы хотите проверить, и выберите команду **Test** (Тестирование).
2. В окне **Channel Names** (Имена каналов) выберите канал, который Вы хотите проверить.
3. По окончании проверки канала нажмите на кнопку **Close**.

Применение мастера калибровки тензометрического моста в NI-DAQmx

При использовании NI-DAQmx Вы можете выполнить автоматическую калибровку одного или нескольких тензометрических каналов в Вашей задаче с помощью мастера калибровки в MAX.

Примечание: При работе с мастером калибровки все каналы должны быть тензометрическими.

Чтобы выполнить калибровку с помощью мастера (Calibration Wizard), выполните следующие действия:

1. Раскройте список устройств щелчком по символу **+** рядом с надписью **Data Neighborhood**.
2. Раскройте список задач щелчком по символу **+** рядом с надписью **NI-DAQmx Tasks**.
3. Выберите ранее созданную тензометрическую задачу.
4. Щелкните по закладке **Device** (Устройство).
5. Выберите из выпадающих списков **Auto Zero Mode** (Режим автоматической коррекции смещения нуля) и **Lowpass Filter Cutoff Frequency** (Частота среза ФНЧ).
6. Щелкните по кнопке **Calibration** (Калибровка) и следуйте инструкциям, которые появятся на экране.

4

Принцип действия

В этом разделе дается общее представление о тензометрии, а также теоретические основы технических измерений.

Теоретические основы тензометрии

В настоящем параграфе рассматриваются вопросы классификации, подключения и масштабирования сигналов от мостовых датчиков, причем особое внимание уделяется тензодатчикам.

Мосты Уитстона

Основой всех конфигураций тензодатчиков является понятие моста Уитстона, который состоит из четырех резистивных плеч. В одно или несколько плеч могут быть включены активные чувствительные элементы. Принципиальная схема моста Уитстона приведена на рисунке 4–1.

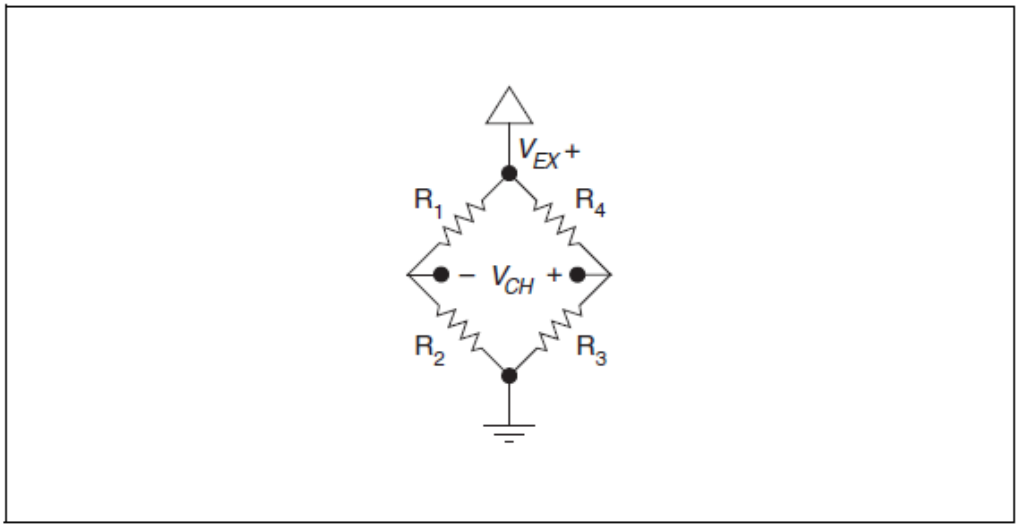


Рисунок 4-1. Принципиальная схема моста Уитстона.

Мост Уитстона выполнен из двух параллельно включенных делителей напряжения, один из которых состоит из резисторов R_1 и R_2, а другой – из резисторов R_4 и R_3. Выходное напряжение измеряется между средними точками этих делителей.

При изменении деформации или температуры образца изменяется сопротивление чувствительных элементов, включенных по схеме моста Уитстона. Эта схема полезна для измерения малых изменений сопротивления чувствительных элементов, обусловленных изменениями физического состояния исследуемого образца.

Тензодатчики

Конфигурации тензодатчиков построены на основе схемы моста Уитстона. Датчик состоит из всех активных элементов моста Уитстона. Известны три типа конфигураций тензодатчика: 1/4 моста, 1/2 моста и полный мост. Тип конфигурации моста определяется количеством плеч моста Уитстона, в которые включены активные элементы. В таблице 4-1 приведено количество активных элементов для каждой конфигурации.

Таблица 4-1. Конфигурации тензодатчиков

Конфигурация	Количество активных элементов
1/4 моста	1
1/2 моста	2
полный мост	4

Каждая из этих конфигураций бывает нескольких типов в зависимости от ориентации активных элементов и вида измеряемой деформации. Программное обеспечение National Instruments поддерживает семь конфигураций мостов. Тем не менее, специальное программное масштабирование позволяет использовать конфигурацию моста Уитстона любого типа совместно с каким угодно устройством производства NI, которое поддерживает данную конфигурацию.

Поддерживаемые типы конфигураций тензодатчиков позволяют измерять как по отдельности, так и совместно, продольную деформацию и деформацию изгиба. Несмотря на то, что некоторые похожие типы конфигураций позволяют измерять деформацию кручения, их не поддерживает программное обеспечение National Instruments, которое выполняет масштабирование. Измерять деформацию кручения с помощью изделий производства NI все же можно, если Вы сами зададите специальный масштаб в MAX или выполните масштабирование в Вашем программном приложении.

В настоящем документе для каждой конфигурации тензодатчика, поддерживаемой NI, рассматриваются все аспекты механики, электротехники и масштабирования.

Сокращения, формулы и определения величин

Для всех рисунков и уравнений, приведенных в настоящем документе, справедливы следующие сокращения, формулы и определения величин:

ε – измеренная деформация ($+\varepsilon$ – деформация растяжения, $-\varepsilon$ – деформация сжатия).

ε_S – имитируемая (расчетная) деформация.

GF – коэффициент тензочувствительности датчика, который должен быть указан производителем.

R_g – номинальное сопротивление датчика, которое должно быть указано производителем.

R_L – сопротивление одной из соединительных линий, которое может значительно повлиять на погрешность измерений, если длина линий слишком большая.

R_s – сопротивление калибровочного шунта.

U – отношение ожидаемого значения выходного напряжения моста к напряжению питания при включенном калибровочном шунте. Параметр *U* имеет место в уравнениях для имитируемой деформации и определяется согласно следующему уравнению:

$$U = \frac{-R_g}{4R_s + 2R_g}$$

ν – коэффициент Пуассона, который определяется как отношение поперечной деформации к продольной деформации, взятое со знаком «минус». Этот коэффициент является свойством материала, из которого изготовлен исследуемый образец.

V_{CH} – измеренное значение выходного напряжения моста.

V_{EX} – напряжение питания.

V_r – отношение, используемое в уравнениях преобразования деформации в напряжение:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH} \quad \varepsilon \neq 0 \; - V_{CH} \quad \varepsilon = 0}{V_{EX}} \right), \text{ где}$$

$V_{CH} \quad \varepsilon \neq 0$ – выходное напряжение при наличии деформации,

$V_{CH} \quad \varepsilon = 0$ – выходное напряжение при отсутствии деформации

Программное масштабирование и уравнения преобразования

После того, как Вы измерили выходное напряжение V_{CH} , его можно перевести в соответствующие единицы деформации программным путем. Преобразование значения напряжения в единицы деформации выполняется автоматически с помощью тензометрической задачи в NI-DAQmx или тензометрического виртуального канала в Traditional NI-DAQ. Также Вы можете осуществлять данное преобразование вручную внутри Вашего приложения с помощью уравнений, приведенных в настоящем документе для каждой конфигурации моста.

В заключение следует отметить, что функции перевода напряжения в единицы деформации включены в состав LabVIEW, NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ. В LabVIEW такая функция `Convert Strain Gauge Reading VI` находится в субпалитре **Data Acquisition»Signal Conditioning**. Прототипы функций в составе NI-DAQ, которые имеют названия `Strain_Convert` и `Strain_Buf_Convert`, находятся в заголовочном файле `convert.h` для программирования на языке C/C++, а также в заголовочном файле `convert.bas`, для программирования на языке Visual Basic. За более подробной информацией обратитесь к руководствам *Traditional NI-DAQ User Manual* и *LabVIEW Measurements Manual*.

Названия типов конфигураций тензометрических мостов (тензомостов) в последующих параграфах однозначно соответствуют вариантам конфигураций мостов, которые есть в MAX, а также в LabVIEW в виртуальном приборе `Convert Strain Gauge Reading VI`.

Quarter-Bridge Type I (1/4 моста – тип I)

Конфигурация тензомоста «1/4 моста – тип I» предназначена для измерения либо продольной деформации, либо деформации изгиба. На рисунке 4-2 показано, как располагать тензорезистор при измерении и той, и другой деформации, а на рисунке 4-3 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

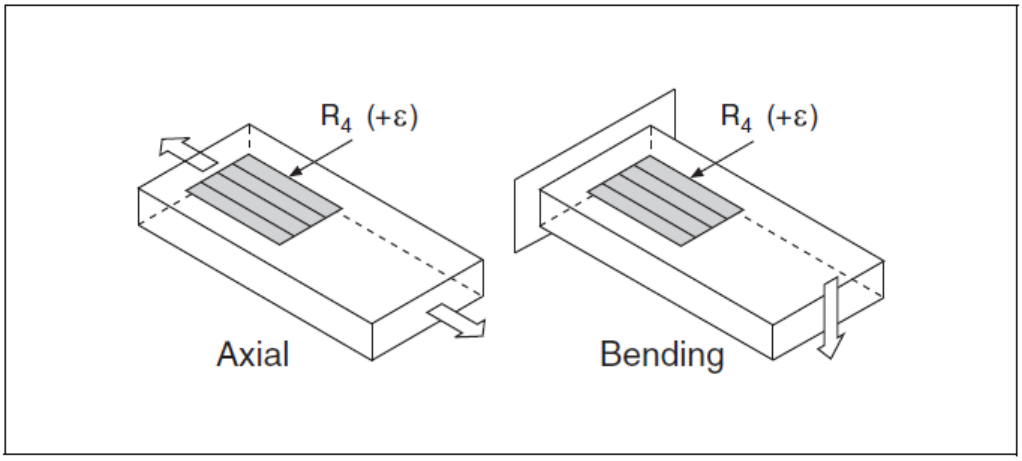


Рисунок 4-2. Тензорезистор в схеме «1/4 моста – тип I», который измеряет продольную деформацию (Axial) и деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «1/4 моста – тип I» имеет следующие характеристики:

- Единственный активный тензочувствительный элемент устанавливается вдоль главного направления продольной деформации или деформации изгиба.
- Кроме дополняющего полумоста требуется пассивный дополняющий резистор, который не подвергается деформации.
- Колебания температуры образца приводят к увеличению погрешности измерений.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $0.5mV_{out}/V_{EX}$.

Примечание: Контакт S– остается не подключенным.

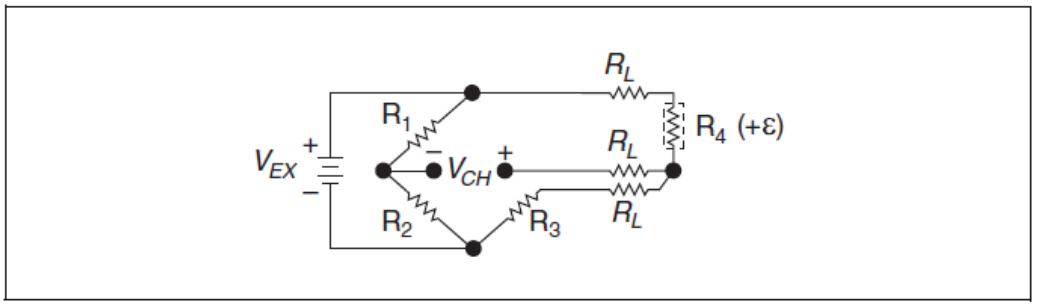


Рисунок 4-3. Принципиальная схема конфигурации «1/4 моста – тип I»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – резисторы, дополняющие полумостовую схему.
- R_3 – пассивный резистор, дополняющий четвертьмостовую схему.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-4V_r}{GF(1+2V_r)} \times \left(1 + \frac{R_L}{R_g}\right),$$

где

R_g – номинальное сопротивление тензодатчика.

R_L – сопротивление соединительной линии.

GF – коэффициент тензочувствительности.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-4U}{GF\ 1+4U}$$

Примечания: Сопротивление пассивного резистора, дополняющего четвертьмостовую схему, должно быть равно номинальному сопротивлению тензодатчика. Согласно рекомендациям NI допуск этого резистора должен быть 0.1%.

Для уменьшения погрешностей из-за температурного дрейфа, тензодатчик должен иметь коэффициент температурной коррекции, который соответствует коэффициенту теплового расширения материала, из которого изготовлен исследуемый образец. Датчики с температурной коррекцией обладают температурной чувствительностью, которая компенсирует коэффициент теплового расширения образца. Коэффициент температурной коррекции приблизительно равен отношению изменения деформации к вызвавшему его изменению температуры, и выражается в относительных единицах деформации, умноженных на 10^{-6}, на градус Фаренгейта. Если, например, образец изготовлен из алюминия, необходимо использовать датчик с коэффициентом температурной коррекции 13.0. Если образец стальной, следует применять датчик с коэффициентом температурной коррекции 6.0.

Чтобы уменьшить погрешности из-за температурного дрейфа в соединительных линиях, используйте трехпроводную схему подключения датчика, приведенную на рисунке 4-3. В линиях, присоединенных к зажимам S+ и QTR, течет одинаковый ток, причем они находятся на противоположных сторонах одного и того же элемента моста. Таким образом, выходное напряжение V_{CH} остается неизменным за счет компенсации любых изменений падения напряжения на сопротивлении соединительной линии R_L, обусловленных колебаниями температуры. Поскольку падение напряжения на сопротивлении соединительной линии в четвертьмостовой схеме (тип I) не поддается компенсации на аппаратном уровне, необходимо точно определить это сопротивление и затем либо ввести его в MAX, либо подставить в уравнение, которое программным путем реализовано в Вашем приложении.

Если мост откалиброван с помощью шунта или соединительные линии очень короткие (менее 10 футов – 3.05 м), то, в зависимости от схемы подключения датчика, сопротивлениями соединительных линий R_L Вы можете пренебречь. Например, медный проводник длиной 10 футов типа 24-AWG имеет сопротивление жилы 0.25 Ом.

Quarter-Bridge Type II (1/4 моста – тип II)

Конфигурация тензомоста «1/4 моста – тип II» предназначена для измерения либо продольной деформации, либо деформации изгиба. На рисунке 4-4 показано, как располагать тензорезистор при измерении и той, и другой деформации, а на рисунке 4-5 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

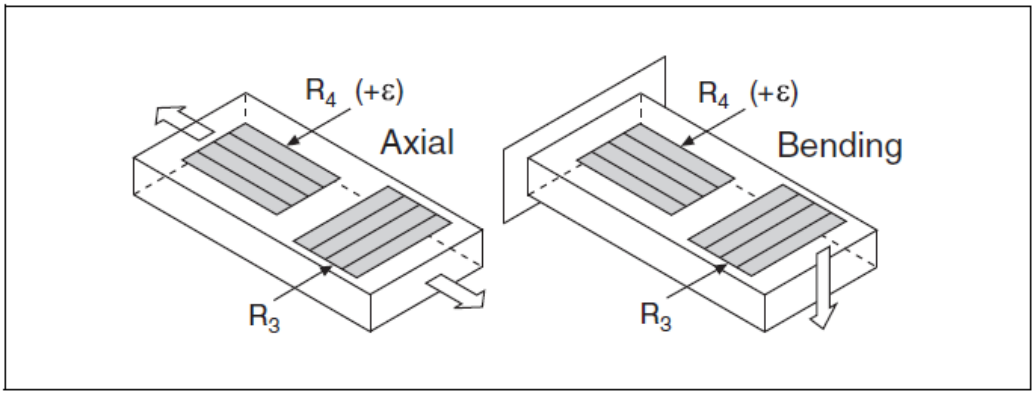


Рисунок 4-4. Тензорезистор в схеме «1/4 моста – тип II», который измеряет продольную деформацию (Axial) и деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «1/4 моста – тип II» имеет следующие характеристики:

- В одно плечо включается активный тензочувствительный элемент, а в соседнее плечо – термочувствительный элемент (пассивный датчик). Тензочувствительный элемент устанавливается вдоль главного направления продольной деформации или деформации изгиба. В свою очередь, пассивный датчик обычно монтируется перпендикулярно главной оси деформации, причем он находится в плотном тепловом контакте с деформируемым образцом, но не прикреплен к нему.
- Данную конфигурацию часто путают с конфигурацией «1/2 моста – тип I», где элемента R_3 является активным, причем он прикреплен к образцу для измерения деформации с учетом коэффициента Пуассона.
- Дополняющие резисторы образуют дополняющий полумост.
- Обеспечивается температурная компенсация.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $0.5mV_{out}/V_{EX}$.

Примечание: Контакты S– и QTR остаются не подключенными.

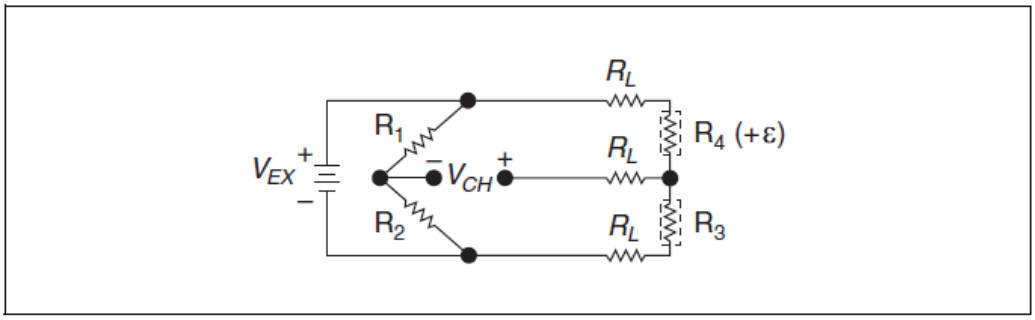


Рисунок 4-5. Принципиальная схема конфигурации «1/4 моста – тип II»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – резисторы, дополняющие полумостовую схему.
- R_3 – термочувствительный элемент (пассивный датчик), который включается в четвертьмостовую схему в соседнее плечо с активным тензочувствительным элементом.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-4V_r}{GF(1+2V_r)} \times \left(1+\frac{R_L}{R_g}\right), \text{ где}$$

R_g – номинальное сопротивление тензодатчика.

R_L – сопротивление соединительной линии.

GF – коэффициент тензочувствительности.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-4U}{GF\ \ 1+4U}$$

Примечания: Пассивный датчик крепится на поверхности из такого же материала, что и активный датчик, однако он не должен подвергаться деформации. Температура пассивного датчика должна точно отслеживать температуру активного датчика.

Допускается несоответствие коэффициента температурной коррекции датчиков типу материала, из которого изготовлен образец.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-5 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Если мост откалиброван с помощью шунта или соединительные линии очень короткие (менее 10 футов – 3.05 м), то, в зависимости от схемы подключения датчика, их сопротивлениями R_L Вы можете пренебречь. Например, медный проводник типа 24-AWG длиной 10 футов имеет сопротивление 0.25 Ом.

Номинальное сопротивление пассивного датчика R_3 равно сопротивлению активного датчика R_g.

Half-Bridge Type I (1/2 моста– тип I)

Конфигурация тензомоста «1/2 моста – тип I» предназначена для измерения либо продольной деформации, либо деформации изгиба. На рисунке 4-6 показано, как располагать тензорезисторы при измерении и той, и другой деформации, а на рисунке 4-7 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

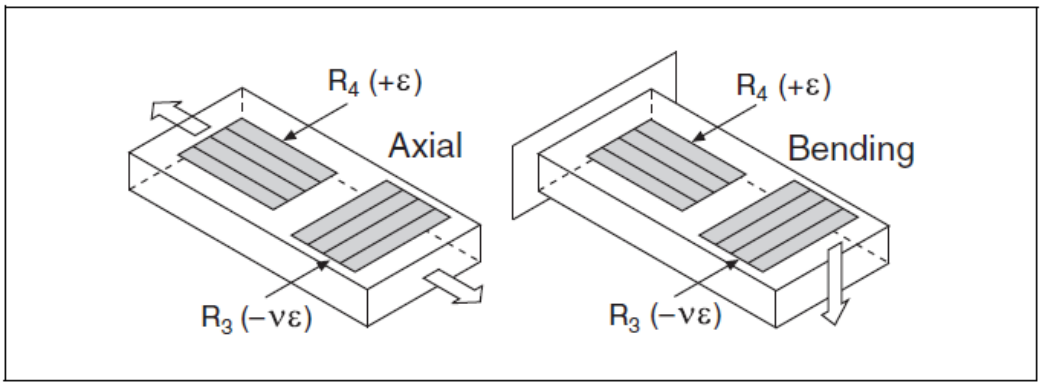


Рисунок 4-6. Тензорезисторы в схеме «1/2 моста – тип I», которые измеряют продольную деформацию (Axial) и деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «1/2 моста – тип I» имеет следующие характеристики:

- Состоит из двух активных тензочувствительных элементов. Один из тензодатчиков монтируется по направлению продольной деформации, а другой – в качестве измерителя деформации с учетом коэффициента Пуассона – перпендикулярно главной оси деформации.
- Дополняющие резисторы образуют дополняющий полумост.
- Обладает чувствительностью и к продольной деформации, и к деформации изгиба.

- Обеспечивается температурная компенсация.
- Компенсируется совокупное влияние коэффициента Пуассона для материала, из которого изготовлен образец, на измерение основной деформации.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $0.65mV_{out}/V_{EX}$.

Примечание: Контакт S– остается не подключенным.

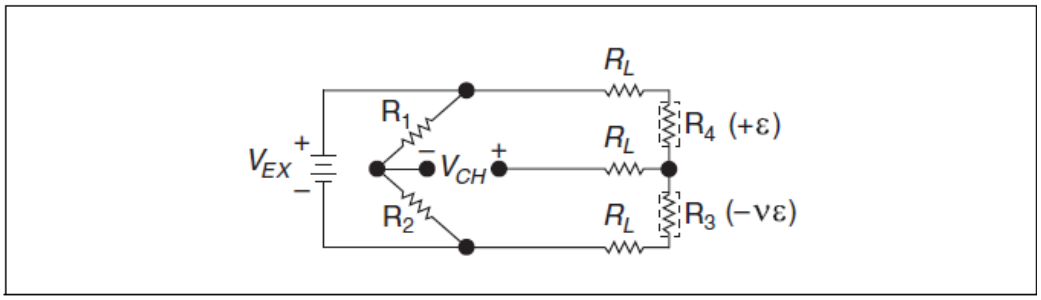


Рисунок 4-7. Принципиальная схема конфигурации «1/2 моста – тип I»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – резисторы, дополняющие полумостовую схему.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия с учетом коэффициента Пуассона $-\nu\varepsilon$.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-4V_r}{GF\ (1+\nu) - 2V_r(\nu - 1)} \times \left(1 + \frac{R_L}{R_g}\right),$$

где

R_g – номинальное сопротивление тензодатчика.

R_L – сопротивление соединительной линии.

ν – коэффициент Пуассона.

GF – коэффициент тензочувствительности.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-4U}{GF\ (1+\nu) - 2U(\nu - 1)}$$

Примечания: В данной конфигурации R_4 монтируется вдоль главной оси поля напряжений, а R_3 – перпендикулярно ей. Эта конфигурация пригодна для приложений, где вдоль оси датчика поперечной деформации поле напряжений отсутствует.

Тензодатчики необязательно должны иметь конкретное значение коэффициента температурной коррекции.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-7 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Если мост откалиброван с помощью шунта или соединительные линии очень короткие (менее 10 футов – 3.05 м), то, в зависимости от схемы подключения датчика, их сопротивлениями R_L Вы можете пренебречь. Например, медный проводник типа 24-AWG длиной 10 футов имеет сопротивление 0.25 Ом.

Номинальные значения сопротивлений датчиков R_3 и R_4 равны R_g.

Half-Bridge Type II (1/2 моста – тип II)

Конфигурация тензомоста «1/2 моста – тип II» предназначена для измерения только деформации изгиба. На рисунке 4-8 показано, как располагать тензорезисторы при измерении деформации изгиба, а на рисунке 4-9 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

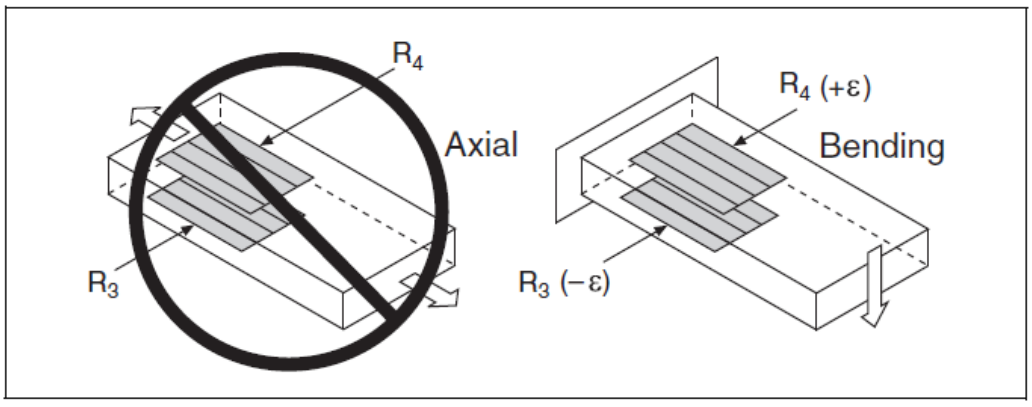


Рисунок 4-8. Тензорезисторы в схеме «1/2 моста – тип II», которые измеряют только

деформацию изгиба (Bending), но не измеряют продольную деформацию (Axial).

Тензомост «1/2 моста – тип II» имеет следующие характеристики:

- Один из активных тензометрических элементов монтируется по направлению деформации изгиба на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой – в том же направлении с противоположной стороны (снизу).
- Дополняющие резисторы образуют дополняющий полумост.
- Обладает чувствительностью к деформации изгиба.
- Не измеряет продольную деформацию
- Обеспечивается температурная компенсация.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $1mV_{out}/V_{EX}$.

Примечание: Контакт S– остается не подключенным.

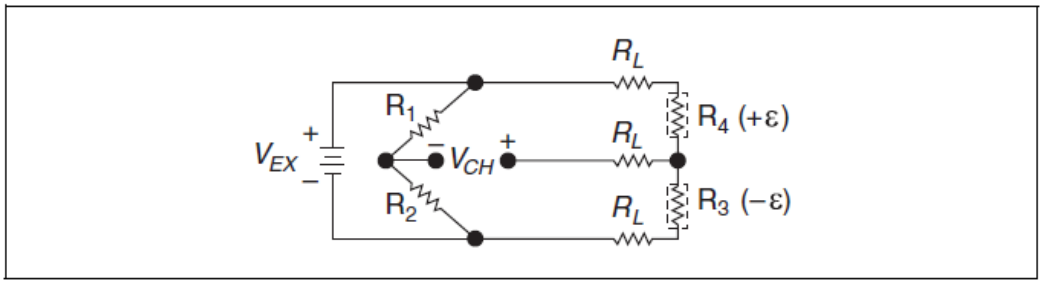


Рисунок 4-9. Принципиальная схема конфигурации «1/2 моста – тип II»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 – резисторы, дополняющие полумостовую схему.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия $-\varepsilon$.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеренное значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-2V_r}{GF} \times \left(1 + \frac{R_L}{R_g}\right), \text{ где}$$

R_g – номинальное сопротивление тензодатчика.

R_L – сопротивление соединительной линии.

GF – коэффициент тензочувствительности.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-2U}{GF}$$

Примечания: В данной конфигурации требуется, чтобы один тензодатчик подвергался деформации растяжения, а другой тензодатчик – деформации сжатия, равной по величине деформации растяжения. Эта конфигурация часто используется для измерения деформации изгиба, причем тензодатчики монтируются с противоположных сторон бруска.

Тензодатчики необязательно должны иметь конкретное значение коэффициента температурной коррекции.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-9 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Если мост откалиброван с помощью шунта или соединительные линии очень короткие (менее 10 футов – 3.05 м), то, в зависимости от схемы подключения датчика, их сопротивлениями R_L Вы можете пренебречь. Например, медный проводник типа 24-AWG длиной 10 футов имеет сопротивление 0.25 Ом.

Номинальные значения сопротивлений датчиков R_3 и R_4 равны R_g.

Full-Bridge Type I (Полный мост – тип I)

Конфигурация тензомоста «полный мост – тип I» предназначена для измерения только деформации изгиба. На рисунке 4-10 показано, как располагать тензорезисторы при измерении деформации изгиба, а на рисунке 4-11 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

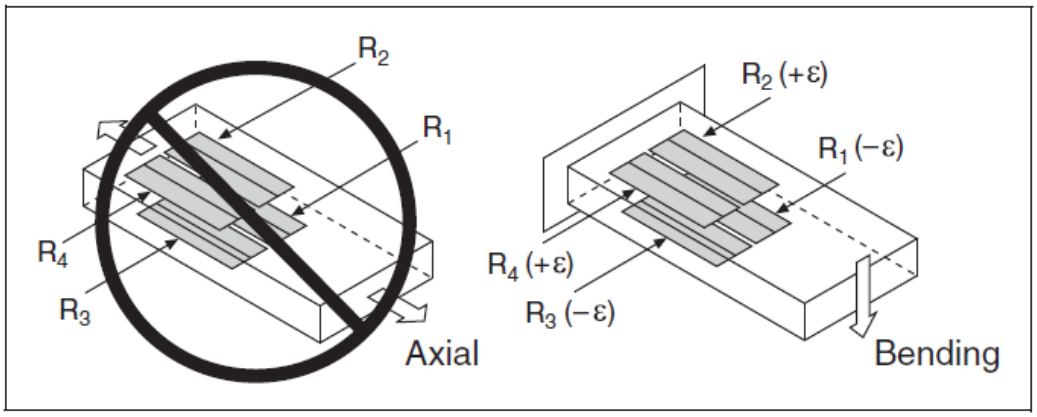


Рисунок 4-10. Тензорезисторы в схеме «полный мост – тип I», которые не измеряют продольную деформацию (Axial), а измеряют только деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «полный мост – тип I» имеет следующие характеристики:

- Два активных тензочувствительных элемента монтируются по направлению деформации изгиба на одной стороне деформируемого образца (сверху), а два других – в том же направлении с противоположной стороны (снизу).
- Обладает высокой чувствительностью к деформации изгиба.
- Не измеряет продольную деформацию
- Обеспечивается температурная компенсация.
- Обеспечивается компенсация сопротивления соединительной линии.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $2mV_{out}/V_{EX}$.

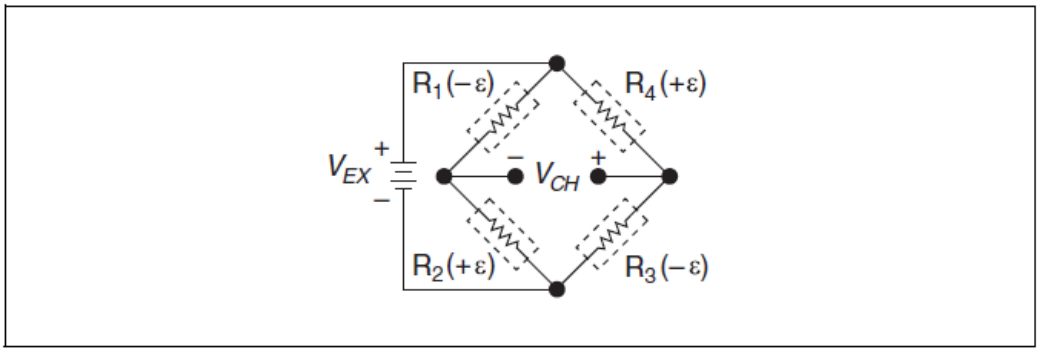


Рисунок 4-11. Принципиальная схема конфигурации «полный мост – тип I»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия $-\varepsilon$.
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.

- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия $-\varepsilon$.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеренное значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-V_r}{GF},$$

где

GF – коэффициент тензочувствительности.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-U}{GF}$$

Примечания: Тензодатчики необязательно должны иметь конкретное значение коэффициента температурной коррекции.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-11 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Номинальные значения сопротивлений R_1, R_2, R_3 и R_4 равны R_g.

Full-Bridge Type II (Полный мост – тип II)

Конфигурация тензомоста «полный мост – тип II» предназначена для измерения только деформации изгиба. На рисунке 4-12 показано, как располагать тензорезисторы при измерении деформации изгиба, а на рисунке 4-13 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

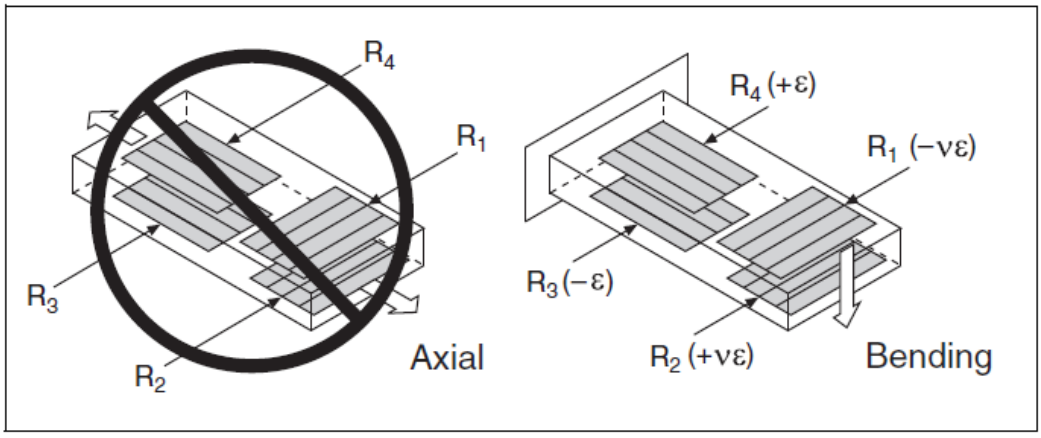


Рисунок 4-12. Тензорезисторы в схеме «полный мост – тип II», которые не измеряют продольную деформацию (Axial), а измеряют только деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «полный мост – тип II» имеет следующие характеристики:

- Два из четырех активных тензочувствительных элементов монтируется по направлению деформации изгиба, причем один из них крепится на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой – на противоположной стороне (снизу). Остальные два элемента ведут себя как датчики деформации с учетом коэффициента Пуассона, которые крепятся перпендикулярно к главной оси деформации, причем один из них располагается на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой – на противоположной стороне (снизу).
- Не измеряет продольную деформацию
- Обеспечивается температурная компенсация.
- Компенсируется совокупное влияние коэффициента Пуассона для материала, из которого изготовлен образец, на измерение основной деформации.
- Обеспечивается компенсация сопротивления соединительной линии.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $1.3 m V_{out}/V_{EX}$.

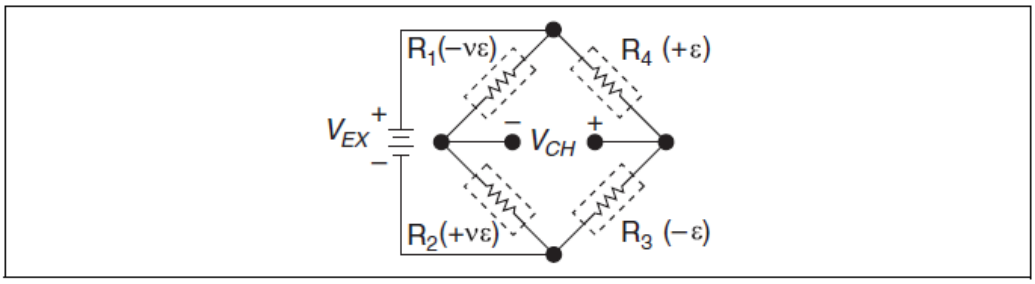


Рисунок 4-13. Принципиальная схема конфигурации «полный мост – тип II»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия с учетом эффекта Пуассона $-\nu\varepsilon$.
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения с учетом эффекта Пуассона $+\nu\varepsilon$.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия $-\varepsilon$.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеряемое значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-2V_r}{GF\ \ 1+\nu},$$

где

GF – коэффициент тензочувствительности.

ν – коэффициент Пуассона.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-2U}{GF\ \ 1+\nu}$$

Примечания: Иногда рассматриваемый мост применяется для измерения деформации изгибающихся брусков. Тензорезисторы R_3 и R_4 располагаются вдоль оси бруска на его противоположных сторонах, а R_1 и R_2 располагаются поперек оси бруска на его противоположных сторонах.

Тензодатчики необязательно должны иметь конкретное значение коэффициента температурной коррекции.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-13 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Номинальные значения сопротивлений R_1, R_2, R_3 и R_4 равны R_g.

Full-Bridge Type III (Полный мост – тип III)

Конфигурация тензомоста «полный мост – тип III» предназначена для измерения только продольной деформации. На рисунке 4-14 показано, как располагать тензорезисторы при измерении продольной деформации, а на рисунке 4-15 приведена принципиальная схема данной конфигурации.

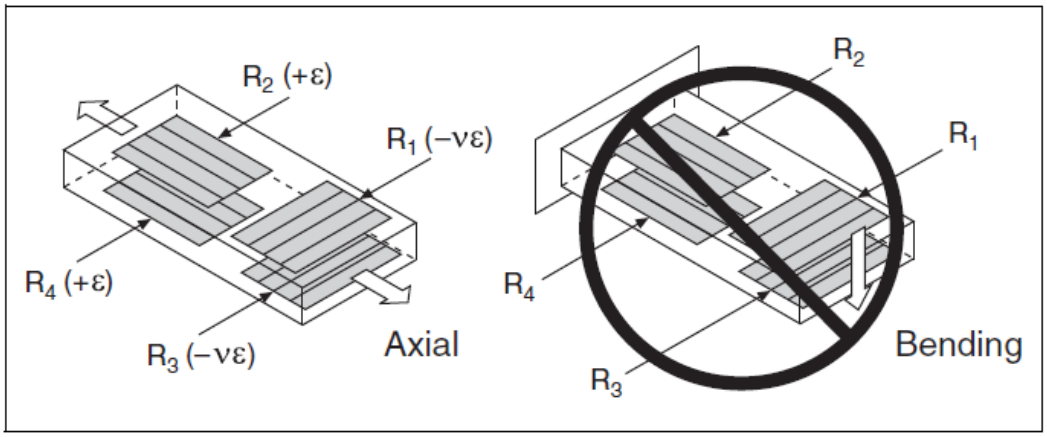


Рисунок 4-14. Тензорезисторы в схеме «полный мост – тип III», которые измеряют продольную деформацию (Axial), но не измеряют деформацию изгиба (Bending).

Тензомост «полный мост – тип III» имеет следующие характеристики:

- Два из четырех активных тензочувствительных элементов монтируются по направлению продольной деформации, причем один из них крепится на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой – на противоположной стороне (снизу). Остальные два элемента ведут как датчики деформации с учетом коэффициента Пуассона, которые крепятся перпендикулярно к главной оси деформации, причем один из них располагается на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой на противоположной стороне (снизу).
- Обеспечивается температурная компенсация.
- Не измеряет деформацию изгиба.
- Компенсируется совокупное влияние коэффициента Пуассона для материала, из которого изготовлен образец, на измерение основной деформации.
- Обеспечивается компенсация сопротивления соединительной линии.
- Чувствительность при относительной деформации $10^{-3} \cdot \varepsilon$ примерно равна $1.3 mV_{out}/V_{EX}$.

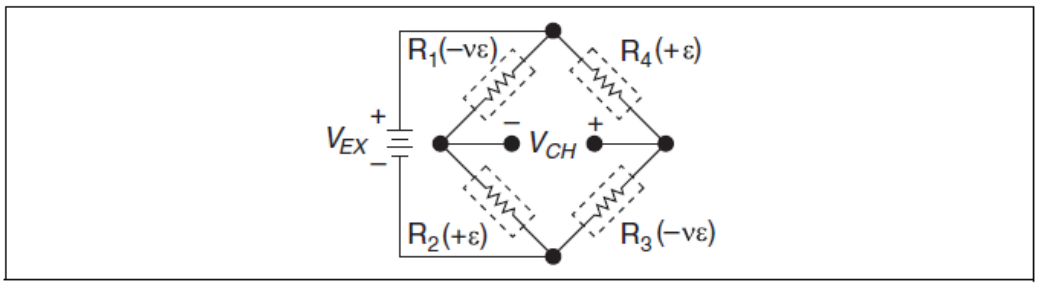


Рисунок 4-15. Принципиальная схема конфигурации «полный мост – тип III»

На принципиальной схеме и в последующих уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия с учетом эффекта Пуассона $-\nu\varepsilon$.
- R_2 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- R_3 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию сжатия с учетом эффекта Пуассона $-\nu\varepsilon$.
- R_4 – активный тензочувствительный элемент, который измеряет деформацию растяжения $+\varepsilon$.
- V_{EX} – напряжение питания.
- R_L – сопротивление соединительной линии.
- V_{CH} – измеренное значение выходного напряжения моста.

Уравнение преобразования напряжения в единицы деформации имеет вид:

$$\varepsilon = \frac{-2V_r}{GF\left[\ 1+\nu\ -V_r\ \nu-1\ \right]},$$

где

GF – коэффициент тензочувствительности.

ν – коэффициент Пуассона.

Расчет деформации, имитируемой путем включения шунта параллельно R_3, производится в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_s = \frac{-4U}{GF[(1+\nu)-U(\nu-1)]}$$

Примечания: Иногда рассматриваемый мост применяется для измерения продольной деформации. Тензорезисторы R_2 и R_4 располагаются вдоль оси бруска на его противоположных сторонах, а R_1 и R_3 – поперек оси бруска на его противоположных сторонах.

Тензодатчики необязательно должны иметь конкретное значение коэффициента температурной коррекции.

Чтобы обеспечить наименьшую погрешность калибровки, в соответствии с рисунком 4-15 используйте для соединения моста с зажимами SCA отдельные линии. Не соединяйте контакты S+ и P– непосредственно с зажимами SCA внутри коннекторного блока SCXI-1314 за исключением случая, если кабель от тензодатчика слишком короткий.

Номинальные значения сопротивлений R_1, R_2, R_3 и R_4 равны R_g.

Принцип действия модуля SCXI-1520

Этот раздел содержит краткий обзор устройства модуля и детальное описание его схемотехнической реализации. При чтении дальнейшего материала обращайтесь при необходимости к рисунку 4-16.

Надписи на рисунке 4-16:

Screw Terminals to Field Wiring – Винтовые зажимы для внешних проводов
Quarter Bridge Completion – дополняющий резистор для четвертьмостовой схемы
Shunt Cal A – Калибровочный шунт А
Shunt Cal B – Калибровочный шунт В
Inst. Amp. X1 or X20 – Инструментальный усилитель с коэффициентом усиления 1 или 20
Low-pass filter – ФНЧ,
Variable Gain X1 to X50 – Усилитель с регулируемым коэффициентом усиления от 1 до 50
Track and Hold, X1 – Устройство выборки и хранения с единичным коэффициентом передачи
Calibration Source – Источник калиброванного напряжения
Excitation voltage setting – Устройство, задающее напряжение питания моста
Null Compensation Coarse – Грубая коррекция нуля
Null Compensation Fine – Точная коррекция нуля
Output Amp – Выходной усилитель,
Half-Bridge Completion – схема, дополняющая полумост
Shunt Calibration Switches – ключи для включения калибровочных шунтов
Analog Multiplexer – Аналоговый мультиплексор
Multiplexer Control – Схема управления мультиплексором
Buffer – буфер
Analog Bus Switch – Ключ для переключения аналоговой шины
To Analog Bus – К аналоговой шине
Digital Interface and Control – Цифровой интерфейс и устройство управления
Scan Clock – Синхронизация сканирования (опроса)
Rear Signal Connector – Разъем на задней панели
SCXIbus connector –Шинный интерфейс SCXI

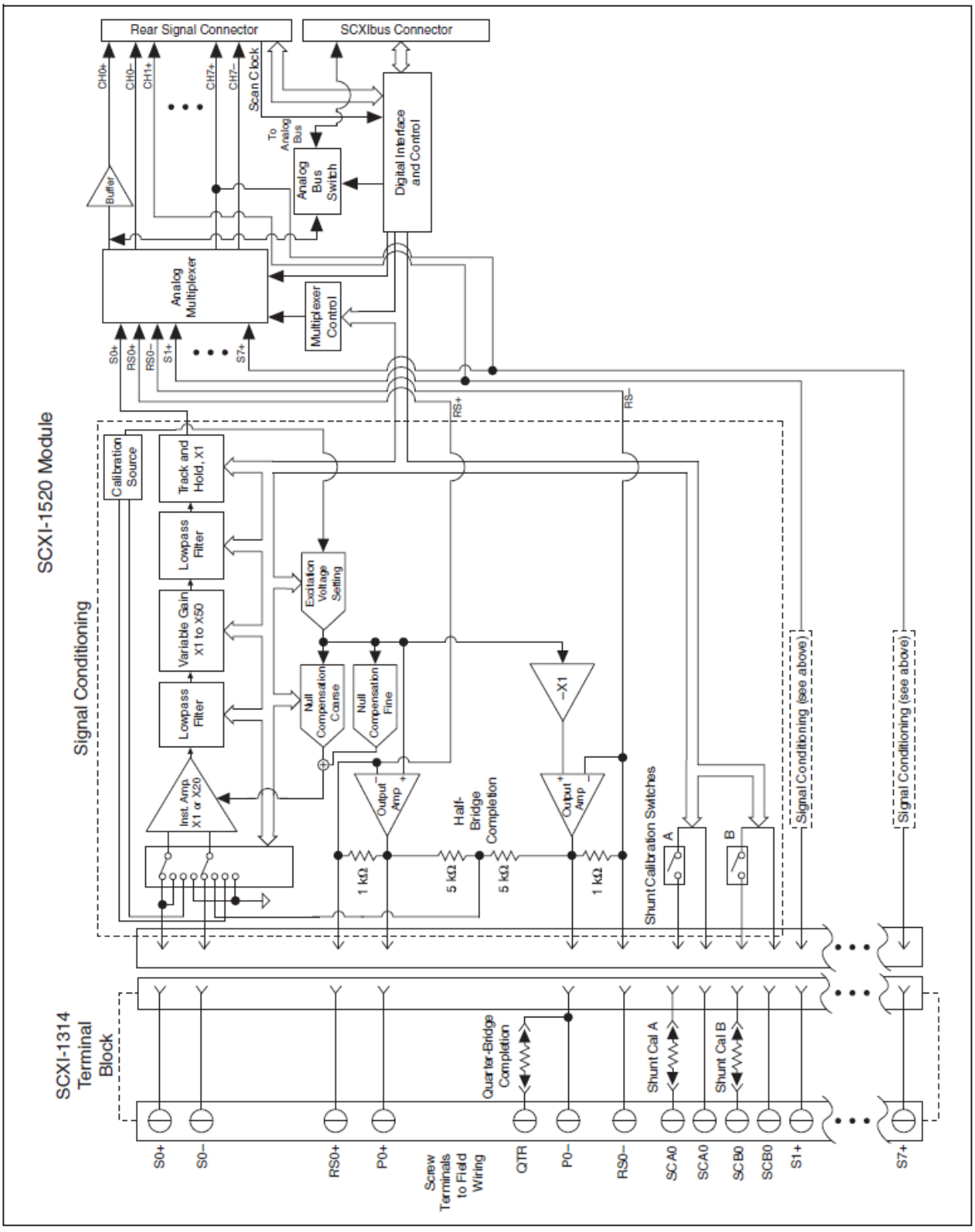


Рисунок 4-16. Блок-схема коннекторного блока (Terminal Block) SCXI-1314 и модуля кондиционирования сигналов (Signal Conditioning) SCXI-1520

Аналоговый входной сигнал от тензодатчика или другого мостового датчика, подается на зажимы SX+ и SX– коннекторного блока. Далее сигнал проходит через коннекторный блок на электронный четырехпозиционный коммутатор внутри модуля SCXI-1520. На рисунке 4-16 коммутатор находится в положении, в котором входной сигнал подается через схему нормирования (кондиционирования) сигнала на DAQ-устройство E/M серии.

Вышеупомянутый коммутатор может находиться в одном из четырех положений:

- **Положение 1.** Входы S*X*+ и S*X*– непосредственно соединены со входами инструментального усилителя. Предназначено для подключения полномостовых схем или аналогового ввода общего назначения.
- **Положение 2.** Инвертирующий вход SX– соединен с внутренним делителем напряжения между зажимами, на которые подается напряжение питания. Внутренний делитель напряжения служит в качестве дополнения четвертьмостовых и полумостовых схем.
- **Положение 3.** Для калибровки коэффициента усиления на вход усилителя подается калибровочное напряжение от внутреннего источника.
- **Положение 4**. Для коррекции смещения нуля оба входа SX+ и SX– замкнуты на землю.

Инструментальный усилитель имеет очень высокое входное сопротивление и усиливает только дифференциальный сигнал. Схема коррекции нуля вносит соответствующую поправку для входного сигнала по напряжению, после того, как определено начальное смещение нуля.

В режиме мультиплексированного сбора данных сигнал с выхода инструментального усилителя проходит через ФНЧ, усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, затем еще один ФНЧ, и, наконец, схему синхронной выборки и хранения на выход мультиплексора. В режиме параллельного сбора данных сигналы со входов S1±, S2±…S7± подаются непосредственно на разъем на задней панели модуля SCXI-1520.

Вы можете установить одно из 5 значений частоты среза ФНЧ. Для получения максимальной полосы пропускания 20 кГц можно отключить ФНЧ, пустив сигнал в обход его.

Усилитель с регулируемым коэффициентом усиления позволяет Вам устанавливать множество дискретных значений коэффициента усиления в диапазоне от 1 до 50. С учетом коэффициентов усиления инструментального усилителя 1 или 20 можно получить 49 значений коэффициентов усиления всего модуля SCXI-1520 в диапазоне от 1 до 1000.

Устройство выборки и хранения в синхронном режиме осуществляет одновременную фиксацию отсчетов со всех каналов. Если этот режим разрешен, УВХ удерживает сигнал от момента начала сканирования и возвращается в режим слежения (выборки) по завершению сканирования.

С выхода устройства синхронной выборки и хранения сигнал попадает на мультиплексор. Если мультиплексор сконфигурирован для работы в режиме мультиплексированного сбора данных, то он подключает к выходу нормированный аналоговый сигнал с одного из 8 каналов, который подается на канал 0 DAQ-устройства, если модуль SCXI-1520 подключен к DAQ-устройству, и/или на шинный интерфейс SCXI. В режиме параллельного сбора данных сигналы через разъем на задней панели направляются на DAQ-устройство (дигитайзер).

Управление мультиплексором осуществляется через цифровой интерфейс и схему управления, которая хранит список опрашиваемых каналов и допускает сканирование каналов в произвольном порядке.

В состав модуля SCXI-1520 входят схема питания и ключи для включения калибровочных шунтов, которые непосредственно не являются частью тракта прохождения измеряемого сигнала. Схема питания представляет собой источник стабилизированного напряжения с управляемой цепью обратной связи, в которую включается датчик для дистанционных измерений. Сигнал с этого датчика подключен к аналоговому мультиплексору, и его можно опрашивать только в режиме мультиплексированного сбора данных.

Ключи для включения калибровочного шунта работают под управлением цифрового интерфейса и схемы управления. Чтобы выполнить калибровку моста для обеспечения правильного функционирования, к нему через зажимы SC*X* необходимо подключить один из шунтов. Когда ключ замкнут, выбранный шунт внутри SCXI-1314 включается параллельно одному из плеч моста Уитстона.

За более подробной информацией о функционировании любых выше описанных схем, обратитесь к параграфам *Конфигурирование и дополнение моста, Питание моста, Коэффициент усиления, Полоса пропускания ФНЧ и частота среза, Коррекция смещения нуля, Калибровка моста с помощью шунта, Синхронная выборка и хранение* и *Режимы работы*.

Конфигурирование и дополнение моста

Вы можете сконфигурировать модуль SCXI-1520 для работы с датчиками, построенными по схеме моста Уитстона, для которых требуется дополнение до полного моста. К таким датчикам относятся четвертьмостовые и полумостовые. Модуль SCXI-1520 можно сконфигурировать для работы с любой схемой включения датчиков: «1/4 моста», «1/2 моста», «полный мост», выполнив необходимые дополнения. Если выбрана конфигурация «1/4 моста» или «1/2 моста», зажим S*X*– (где *X* – номер канала) отключается от разъема на лицевой панели и подключается внутри модуля к дополняющему полумосту. Если выбрана конфигурация «1/4 моста», дополняющий резистор внутри коннекторного блока подключается к гнездам между зажимами P*X*– и QTR. Собственно датчик подключается снаружи между зажимами P*X*+ и QTR. Убедитесь в том, чтобы допуск дополняющего резистора соответствовал номинальному сопротивлению датчика. Дополняющий резистор четвертьмостовой схемы устанавливается в гнезда и его легко можно заменить.

Примечание: Если блок SCXI-1314 и модуль SCXI-1520 сконфигурированы для дополнения четвертьмостового датчика, не присоединяйте его к зажиму SX– и не подавайте на этот зажим никакие сигналы.

За более подробной информацией о программной настройке дополнения моста в MAX обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией по программной настройке дополнения моста в NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Питание моста

Модуль SCXI-1520 формирует постоянное напряжение питания мостового датчика, построенного по схеме моста Уитстона. Для схем типа «полумост» и «полный мост» напряжение питания выдается на зажимы P*X*+ и P*X*– коннекторного блока. В четвертьмостовых схемах зажим PX– не используется, вместо этого подключаются к зажимам P*X*+ и QTR*X*, а выводы QTR*X* и P*X*– соединяются внутри блока.

Напряжение питания для каждого канала формируется с помощью двух выходных буферов. Поскольку управление каждым каналом осуществляется независимо, короткое замыкание зажимов, на которые выдается напряжение питания одного канала, не влияет на питание другого канала. Выходные буферы охвачены отрицательной обратной связью через зажимы удаленного датчика RS*X*+ и RS*X*– коннекторного блока. Вы можете провести отдельные линии от моста к этим зажимам, чтобы включить мост непосредственно в цепь обратной связи и, тем самым, установить напряжение, стимулирующее мост, равным требуемому значению.

Источником напряжения питания моста являются два выходных буфера на канал. Один буфер генерирует положительное напряжение, а другой – отрицательное напряжение. Поскольку управление каждым каналом осуществляется независимо, короткое замыкание зажимов источника питания в одном канале не влияет на питание другого канала.

Напряжение на зажиме P*X*+ всегда положительно относительно земли, а на зажиме P*X*– – всегда отрицательно относительно земли. Инвертирующий усилитель –X1 с единичным коэффициентом усиления выравнивает по модулю относительно земли напряжения на зажимах P*X*+ и P*X*–. Например, если Вы установили напряжение питания, формируемое модулем, +5 В, то напряжение на зажиме P*X*+ должно быть +2.5 В, а на зажиме P*X*– должно быть –2.5 В относительно земли. Напряжение питания задается с помощью внутреннего цифроаналогового преобразователя (ЦАП). Вы можете установить практически любое напряжение питания с помощью NI-DAQmx в диапазоне от 0 до 10 В с шагом 0.625 В с помощью Traditional NI-DAQ. Вы можете подавать напряжение питания 10 В на полный мост сопротивлением 350 Ом, не превышая предельно допустимую мощность источника питания. На выходах источника питания есть защита от перенапряжения, чтобы

предотвратить появление на любом из этих выходов напряжения более 6 В относительно заземления шасси.

Примечание: Заземление шасси имеет тот же потенциал, что и общее заземление, если шасси включено в стандартную 3-штырьковую розетку сети переменного тока. Если зажим P*X*– замкнут на землю, источник питания работает неправильно.

За более подробной информацией о программной настройке уровня напряжения питания моста в MAX обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией по программной настройке уровня напряжения питания моста в NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Удаленный датчик

Выходные буферы источника питания включены в цепь отрицательной обратной связи через зажимы подключения удаленного датчика RS*X*+ и RS*X*– коннекторного блока. Вы можете подключить мост отдельными линиями к этим зажимам, так что обратная связь будет реализована непосредственно от моста, при этом напряжение питания моста будет равно заданному значению. За счет этого устраняется нежелательное постоянное смещение измеряемого сигнала, и компенсируются температурные колебания в соединительных линиях.

Выходные цепи источника питания задают его выходное напряжение посредством контроля напряжения на зажимах для подключения удаленного датчика. Таким образом, модуль SCXI-1520 корректирует падение напряжения $I \times R$ на соединительных линиях между модулем и мостом, даже если их сопротивление меняется с изменением температуры.

Чтобы можно было сканировать зажимы для подключения удаленного датчика, у выходного мультиплексора есть входы, которые соединены с зажимами RS*X*+ и RS*X*–. Эти зажимы Вы можете использовать для контроля и масштабирования, даже если они никуда не подключены. За более подробной информацией обратитесь к разделу 5, *Применение модуля SCXI–1520* и приложению B, *Использование строк каналов с Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*.

Подключите удаленный датчик к модулю SCXI-1520 согласно рисунку 2-8, *Принципиальная схема включения удаленного датчика*, причем Вам не требуется изменять никаких программных настроек.

Примечание: При использовании удаленного датчика установите сопротивление R_L равным нулю в настройках канала в MAX и применяемых Вами уравнениях измерения деформации ε .

Если какой-либо из зажимов удаленного датчика никуда не подсоединен, буферы охватываются обратной связью от зажимов P*X*+ и P*X*– через внутренние резисторы 1 кОм. Таким образом, Вам не требуется устанавливать перемычку между зажимами RS*X*+ и P*X*+ или RS*X*– и P*X*–. Тем не менее, NI рекомендует выполнять калибровку с помощью шунта, чтобы компенсировать падение напряжения на сопротивлении линии.

Примечание: для обеспечения оптимального функционирования, NI рекомендует подключать соединительные линии, предназначенные для подключения удаленного датчика, непосредственно к самому датчику.

Если не используются контакты удаленного подключения датчика, а также не выполняется калибровка с помощью шунта, то для компенсации падения напряжения питания на сопротивлении соединительной линии следует масштабировать результаты измерений путем введения поправки коэффициента усиления:

$$C = 1 + \frac{2R_L}{R_g}$$

Данная поправка компенсирует падение напряжения на соединительных проводах, которое вычисляется по следующей формуле:

$$V_{meas} \times C$$

Коэффициент усиления

Чтобы получить оптимальные значения полных коэффициентов усиления, которые полностью перекрывают весь динамический диапазон DAQ-устройств E/M серии, модуль SCXI-1520 имеет несколько усилительных каскадов. Первый каскад (инструментальный усилитель) обеспечивает один из двух возможных коэффициентов усиления: 1 или 20. Второй каскад обеспечивает множество дискретных значений коэффициента усиления от 1 до 50. Совместно эти два каскада дают 49 значений общего коэффициента усиления в диапазоне от 1 до 1000.

Если общий коэффициент усиления не ниже 20, коэффициент усиления первого каскада устанавливается равным 20, чтобы шум и дрейф нуля последующих каскадов были пренебрежимо малыми. Инструментальный усилитель построен на базе операционных усилителей с очень маленьким температурным дрейфом и низким уровнем собственных шумов. Если общий коэффициент усиления меньше 20, коэффициент усиления первого каскада устанавливается равным 1, а коэффициент усиления второго каскада устанавливается соответственно равным общему.

При нормальном функционировании модуля SCXI-1520 у Вас нет необходимости устанавливать коэффициент усиления, поскольку он настраивается автоматически с помощью драйверов NI-DAQ на основе диапазона входного сигнала для Вашего виртуального канала, задачи или глобального канала, или границ диапазона входного сигнала, заданных в LabVIEW.

По умолчанию коэффициенту усиления в NI-DAQmx присваивается значение 1.0, а в Traditional NI-DAQ – значение 100.00.

За более подробной информацией о программной настройке коэффициента усиления на основе границ диапазона входного сигнала в MAX обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией по программной настройке коэффициента усиления на основе границ диапазона входного сигнала в NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Полоса пропускания и частота среза ФНЧ

В состав модуля SCXI-1520 входят два фильтра, которые имеют общую результирующую характеристику как у ФНЧ Баттерворта 4-го порядка. У Вас есть возможность программно управлять частотой среза ФНЧ, выбрав одно из значений: 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, либо отключить ФНЧ, пустив входной сигнал в обход фильтра. Чтобы обеспечить большую гибкость настроек частоты среза и более эффективное подавление сигнала за пределами полосы пропускания, NI рекомендует сочетать фильтрацию на аппаратном уровне внутри SCXI-1520 с цифровой фильтрацией, которую предоставляет библиотека функций `Advanced Analysis` в LabVIEW, LabWindows/CVI или Measurement Studio. В этом случае Вы можете выбирать любую частоту среза, исходя из возможностей аппаратной защиты от наложения спектров (антиализазинг) в сочетании с возможностями цифровой фильтрации.

Библиотека функций `Advanced Analysis` доступна только в средах проектирования:

- LabVIEW Full Development System
- LabVIEW Professional Development System
- LabWindows/CVI Base Development System
- LabWindows/CVI Full Development System.

За более подробной информацией о программной настройке частоты среза ФНЧ в MAX обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией по программной настройке частоты среза ФНЧ в NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Коррекция смещения нуля

Когда тензодатчик или какой-нибудь другой мостовой датчик находятся в состоянии покоя (при отсутствии деформации), модуль SCXI-1520 обеспечивает коррекцию нуля, чтобы поправить результаты измерения напряжений. Для большинства датчиков коррекция нуля применяется, чтобы убрать начальное смещение по напряжению (отклонение от равновесия), вносимое мостом Уитстона. Во многих устройствах нормирования тензометрического сигнала для коррекции нуля применяется потенциометр с многооборотным регулировочным винтом, вращаемым вручную.

В модуле SCXI-1520 коррекция нуля выполняется с помощью двух программно управляемых электронных потенциометров, один из которых предназначен для грубой регулировки, а другой – для точной регулировки. Сумма сигналов от двух потенциометров добавляется к напряжению в тракте аналогового ввода, в результате чего устраняется напряжение смещения и тензометрический канал приводится к нулю. На потенциометры подается напряжение, пропорциональное напряжению питания моста. Таким образом, если напряжение питания изменяется на небольшую величину, например, вследствие изменения температуры или нагрузки на датчик, корректирующий сигнал, вырабатываемый потенциометрами, изменяется на такую же величину, за счет чего смещение поддерживается на нулевом уровне.

Управление потенциометрами, корректирующими нуль, осуществляется с помощью цифровых управляющих кодов, которые программно задаются в виде целочисленных переменных. Управляющие коды принимают значения в диапазоне от 0 до 127 для грубого потенциометра и в диапазоне от 0 до 4095 для точного потенциометра. Предельный интервал коррекции нуля для каждого потенциометра зависит от заданного коэффициента усиления в канале. В таблицу 4-2 сведены интервалы коррекции и соответствующие им масштабные соотношения управляющих кодов.

Таблица 4-2. Управляющие коды для грубого и точного потенциометров, корректирующих нуль

Потенциометр корректировки нуля	**Диапазон (Целочисленный)**	**Средняя точка**	**Коэффициент усиления в канале**	**Приближенный интервал коррекции нуля в тракте аналогового ввода**
Грубый	от 0 до 127	62	≥20	V_{EX} /10
			<20	$2 \times V_{EX}$
Точный	от 0 до 4095	2047	≥20	V_{EX} /364
			<20	V_{EX} /18

В большинстве случаев, вместо того, чтобы вручную регулировать потенциометры, Вы можете дать команду драйверу NI-DAQ настроить их автоматически либо в MAX, либо в Вашем приложении.

За более подробной информацией о программной коррекции нуля в MAX обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией по программной коррекции нуля в NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Калибровка с помощью шунта

Под калибровкой с помощью шунта понимают процесс получения поправки для коэффициента усиления всей системы и расхождений между номинальным и действительным коэффициентами тензочувствительности.

Поправка для коэффициента усиления получается на основе теоретических (расчетных) значений уровней сигнала, которые должны получиться в результате включения шунта параллельно одному из плеч мостового датчика и измеренных значений, когда шунт действительно включен.

Поправка коэффициента усиления вычисляется по формуле:

$$A = \frac{S_{ист}}{S_{изм}},$$

где

$S_{ист}$ – теоретическое (расчетное) значение уровня сигнала, которое должно получиться при включении шунта параллельно одному из плеч мостового датчика.

$S_{изм}$ – измеренное значение уровня сигнала при включении шунта параллельно одному из плеч мостового датчика.

Затем, чтобы результаты измерений получались с высокой точностью, они умножаются на вышеприведенную поправку, что позволяет корректировать любые погрешности коэффициента усиления или коэффициента тензочувствительности моста.

За более подробной информацией по автоматической калибровке с помощью шунта в глобальных каналах с помощью NI-DAQmx в MAX или в тензометрических виртуальных каналах с помощью Traditional NI-DAQ, а также в задачах обратитесь к параграфу *Конфигурирование с помощью оболочки MAX* в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. За более подробной информацией о программном управлении ключами, которые включают калибровочные шунты, с помощью NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Модуль SCXI-1520 имеет в своем составе две независимых цепи для подключения калибровочных шунтов, доступных для каждого канала через пары зажимов SCA*X* и SCB*X* в коннекторном блоке. Последовательно с

шунтом включается долговечный полупроводниковый ключ. Поскольку такой ключ гальванически изолирован от земли, Вы можете включать его параллельно любому внешнему мостовому элементу.

Примечания: Драйверы NI-DAQ позволяют Вам управлять одним или несколькими ключами для включения калибровочных шунтов. Калибровочные резистивные шунты, каждый из которых включен последовательно со своим ключом, находятся в коннекторном блоке SCXI-1314. Чтобы облегчить возможность замены, шунты вставляются в соответствующие гнезда. В качестве шунтов используются прецизионные резисторы типа RN-55 (0.25 Вт). Указания по замене шунтов Вы можете найти в руководстве *SCXI-1314 Universal Strain Terminal Block Installation Guide* (Инсталляция универсального коннекторного блока SCXI-1314, к которому подключаются датчики деформации).

Непосредственно перед калибровкой выполните коррекцию нуля. В противном случае коэффициент усиления будет отрегулирован неправильно, поскольку смещение нуля корректируется несколько раз.

Синхронная выборка и хранение

Кондиционирование (нормирование) сигналов путем синхронной выборки и хранения (СВХ) позволяет DAQ-устройствам многоканального ввода/вывода с мультиплексированием получать по всем каналам синхронизированные отсчеты с пренебрежимо малой рассинхронизацией. СВХ осуществляется с помощью устройства выборки и хранения (УВХ) в модуле SCXI-1520. Выходные сигналы усилителей УВХ в режиме выборки отслеживают изменения входных сигналов, пока не получат управляющий сигнал о переходе в режим хранения от DAQ-устройства. С помощью УВХ сигналы от всех каналов сохраняются одновременно, даже если каналы находятся на разных SCXI-модулях. Поскольку захват всех сигналов происходит строго одновременно, DAQ-устройство синхронно берет отсчеты сигналов от всех каналов. Затем все отсчеты разблокируются, и УВХ снова работает в режиме слежения. Для обеспечения точности измерений Вы можете вычислить максимальную частоту дискретизации с помощью уравнений СВХ, когда сканируется SCXI-система, имеющая в списке опрашиваемых каналов как минимум один модуль СВХ. На рисунке 4-17 приведен пример сигнала в процессе СВХ.

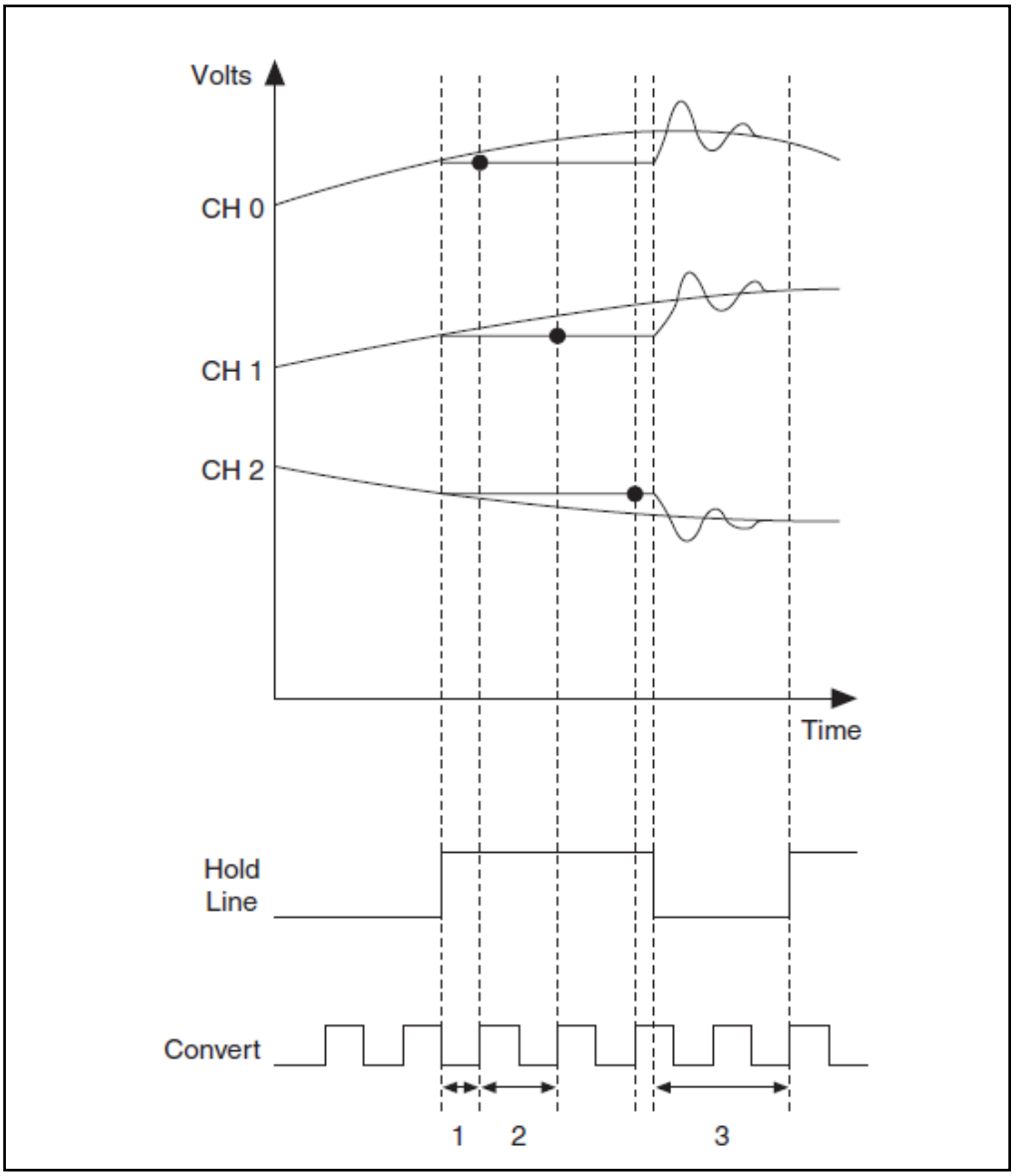


Рисунок 4-17. Сигнал в процессе CBX

1. Время фиксации сигнала; 2. Наибольший из минимальных интервалов времени установления сигнала в модулях DAQ и SCXI; 3 Время слежения; **Volts** – Напряжение (В); **Time** – Время; **Hold Line** –Сигнал управления выборкой/хранением; **Convert** – Сигнал синхронизации преобразования

Несмотря на то, что NI-DAQmx позволяет программно разрешать или запрещать режим CBX, NI рекомендует для большинства приложений оставлять режим CBX разрешенным. Запрет CBX для одного из модулей влечет запрет этого режима для всех модулей во всех шасси, которые работают под управлением одного и того же DAQ-устройства. Вам следует запрещать CBX только в том случае, если она не требуется в Вашем приложении, и нужны более высокие частоты дискретизации, чем возможны в этом режиме. За более подробной информацией о программном разрешении и запрете CBX с помощью NI-DAQmx в Вашем приложении обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ при использовании NI-DAQmx

Под управлением NI-DAQmx модуль SCXI-1520 может работать в режимах мультиплексированного или параллельного сбора данных.

Мультиплексированный режим сбора данных

Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ в случае мультиплексированного сбора данных вычисляется по формуле:

$$f_{\partial} = \frac{1}{T_x + \left(N_к - 1\right) \times \left[\max\left(T_y^{MIO}, T_y^{SCXI}\right)\right] + T_в}$$

где

T_x, время хранения – интервал времени между захватом в СВХ сигналов всех каналов и первым аналого-цифровым преобразованием.

$N_к$, количество каналов – общее количество каналов, с которых берутся отсчеты, в списке опрашиваемых каналов (как в режиме СВХ, так и без использования него).

T_y^{MIO}, минимальное время установления многофункционального ввода-вывода – величина, обратная максимальной частоте дискретизации многофункционального ввода-вывода (минимальная межканальная задержка)

T_y^{SCXI}, минимальное время установления SCXI – величина, обратная максимальной частоте дискретизации мультиплексированного сбора данных SCXI (Для 12-разрядного многофункционального ввода-вывода 1/333 кГц = 3 мкс, для 16-разрядного многофункционального ввода-вывода 1/1000 кГц = 1 мкс)

$T_в$, время слежения – минимальный интервал времени между последним аналого-цифровым преобразованием текущего отсчета и включением сигнала хранения для следующего отсчета в каналах, работающих в режиме СВХ.

В таблице 4-3 приведены несколько примеров данных для расчета частоты дискретизации с помощью вышеприведенного уравнения.

Таблица 4-3. Переменные NI-DAQmx, используемые для определения максимальной частоты дискретизации в режиме мультиплексированного сбора данных

Устройство многоканального ввода-вывода	Разрядность устройства, бит	$f_д^{макс}$, Гц[1]	T_x, мкс	$N_к$	T_y^{MIO}, мкс[2]	T_y^{SCXI}, мкс[2]	$T_в$, мкс	$f_д^0$, Гц[3]	$f_д^\Delta$, Гц[4]
NI 6070E	12	1250000	3	8	0.8	3	7	32258	32258
				32	0.8	3	7	9709	9709
NI 6023E	12	200000	3	8	5	3	7	22222	22222
				32	5	3	7	6061	6061
NI 6221 (68 контактов)	16	250000	3	8	4	3	7	26316	5181
				32	4	3	7	7463	1486
NI 6289	18	625000	3	8	1.6	3	7	32258	5181
				32	1.6	3	7	9709	1486

[1] Максимальная частота дискретизации DAQ-устройства по умолчанию.

[2] Значения в этих столбцах устанавливаются DAQmx по умолчанию, вместо них Вы можете задавать значения, нужные для Вашего приложения.

[3] Значения частоты дискретизации, устанавливаемые в NI-DAQmx по умолчанию для режима мультиплексированного сбора данных.

[4] Значения частоты дискретизации, устанавливаемые в DAQmx, которые обеспечивают наименьшую погрешность. Для DAQ-устройств с разрядностью АЦП 16 бит и выше $T_y^{SCXI} = 20\ мкс$ и $T_в = 50\ мкс$.

Примечание: Чтобы можно было использовать время T_y^{SCXI}, отличное от 3 мкс, Вам необходимо в явном виде задать свойство AI Convert Clock Rate (Частота синхронизации АЦП) в DAQmx. Чтобы установить данное свойство в Вашей среде разработки приложений, обратитесь к относящемуся к ней файлу справки.

Максимальные частоты дискретизации в режиме СВХ в режиме параллельного сбора данных

Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ в режиме параллельного сбора данных вычисляется по формуле:

$$f_д = \frac{1}{T_x + \left(N_к - 1\right) \times T_y^{MIO} + T_в},$$

где

T_x, время хранения – интервал времени между захватом сигналов от всех каналов и первым аналого-цифровым преобразованием.

$N_к$, количество каналов – общее количество каналов, с которых берутся отсчеты, в списке опрашиваемых каналов (как в режиме СВХ, так и без использования него)

T_y^{MIO}, минимальное время установления многофункционального ввода-вывода – величина, обратная максимальной частоте дискретизации многофункционального ввода-вывода (минимальная межканальная задержка).

$T_в$, время слежения– минимальный интервал времени между последним аналого-цифровым преобразованием текущего отсчета и включением сигнала хранения для следующего отсчета в каналах, работающих в режиме СВХ.

В таблице 4-4 приведены несколько примеров данных для расчета частоты дискретизации с помощью вышеприведенного уравнения.

Таблица 4-4. Переменные NI-DAQmx, используемые для определения максимальной частоты дискретизации в режиме параллельного сбора данных

Устройство многоканального ввода-вывода	Разрядность устройства, бит	$f_д^{макс}$, Гц[1)]	T_x, мкс	$N_к$	T_y^{MIO}, мкс[2)]	$T_в$, мкс	$f_д^0$, Гц[3)]	$f_д^\Delta$, Гц[4)]
NI 6070E	12	1250000	3	8	0.8	7	64103	64103
NI 6023E	12	200000	3	8	5	7	22222	22222
NI 6221 (68 контактов)	16	250000	3	8	4	7	26316	12346
NI 6254	16	1000000	3	8	1	7	58824	16667
			3	16	1	7	40000	14706
NI 6289	18	625000	3	8	1.6	7	47170	15576
			3	16	1.6	7	29412	12987

[1)] Максимальная частота дискретизации DAQ-устройства по умолчанию

[2)] Значения в этих столбцах устанавливаются DAQmx по умолчанию, вместо них Вы можете задавать значения, нужные для Вашего приложения.

[3)] Значения частоты дискретизации, устанавливаемые в NI-DAQmx по умолчанию для режима параллельного сбора данных.

[4)] Значения частоты дискретизации, устанавливаемые в DAQmx, которые обеспечивают наименьшую погрешность. Для DAQ-устройств с разрядностью АЦП 16 бит и выше $T_y^{SCXI} = 20\ мкс$ и $T_в = 50\ мкс$.

Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ при использовании Traditional NI-DAQ

Traditional NI-DAQ позволяет использовать модуль SCXI-1520 только в режиме мультиплексированного сбора данных. Для работы в режиме параллельного сбора данных нужно использовать NI-DAQmx.

Мультиплексированный режим сбора данных

Максимальная частота дискретизации в режиме СВХ в режиме мультиплексированного сбора данных вычисляется по формуле:

$$f_д = \frac{1}{N_к \times \left[\max\left(\sqrt{T_y^{MIO\ 2} + T_y^{SCXI\ 2}}, T_x \right) \right] + T_в}$$

где

T_x, время хранения – интервал времени между запоминанием сигналов от всех каналов и первым аналого-цифровым преобразованием

$N_к$, количество каналов – общее количество каналов, с которых берутся отсчеты, в списке опрашиваемых каналов (как в режиме СВХ, так и без использования него)

T_y^{MIO}, минимальное время установления многофункционального ввода-вывода – величина, обратная максимальной частоте дискретизации многофункционального ввода-вывода (минимальная межканальная задержка)

T_y^{SCXI}, минимальное время установления SCXI – величина, обратная максимальной частоте дискретизации мультиплексированного сбора данных SCXI (Для 12-разрядного многофункционального ввода-вывода 1/333 кГц = 3 мкс, для 16-разрядного многофункционального ввода-вывода 1/1000 кГц = 1 мкс)

$T_в$, время слежения – минимальный интервал времени между последним аналого-цифровым преобразованием текущего отсчета и включением сигнала хранения для следующего отсчета в каналах, работающих в режиме СВХ.

В таблице 4-5 приведены несколько примеров данных для расчета частоты дискретизации с помощью вышеприведенного уравнения.

Таблица 4-5. Переменные Traditional NI-DAQ, используемые для определения максимальной частоты дискретизации в режиме мультиплексированного сбора данных

Устройство многоканального ввода-вывода	**Разрядность устройства, бит**	$f_д^{макс}$, **Гц**[1)]	T_x, **мкс**	$N_к$	T_y^{MIO}, **мкс**	T_y^{SCXI}, **мкс**	$T_в$, **мкс**	$f_д^M$, **Гц**[2)]
NI 6070E	12	1250000	3	8	1	3	7	30961
NI 6070E	12	1250000	3	32	1	3	7	9243
NI 6023E	12	200000	3	8	5	3	7	18640
NI 6023E	12	200000	3	32	5	3	7	5166
NI 6052E	16	333333	3	8	3	10	7	11047
NI 6052E	16	333333	3	32	3	10	7	2932
NI 6032E	16	100000	3	8	10	10	7	8324
NI 6032E	16	100000	3	32	10	10	7	2176

[1)] Максимальная частота дискретизации DAQ-устройства по умолчанию

[2)] Максимальные значения частоты дискретизации, устанавливаемые в Traditional NI-DAQ для режима мультиплексированного сбора данных.

Режимы работы

Тракт передачи нормированного сигнала в DAQ-устройство модуля SCXI-1520 может работать в одном из двух режимов сбора данных – мультиплексированном или параллельном.

Принцип мультиплексирования

Модуль SCXI-1520 работает в режиме мультиплексирования, когда все каналы модуля SCXI мультиплексируются в один канал аналогового ввода DAQ-устройства. Этот режим идеально подходит для систем с большим количеством каналов. Обычно в режиме мультиплексирования модуль SCXI-1520 опрашивает каналы. Достоинством такого режима является возможность направления сигналов от многих каналов ввода на один канал DAQ-устройства.

Следует отметить, что мультиплексирование входных сигналов происходит только внутри SCXI модулей, а не внутри SCXI шасси или DAQ-устройства. Каналы, сканируемые модулем SCXI-1520, хранятся в списке, управляемом драйвером NI-DAQ. Непосредственно перед мультиплексированием SCXI шасси программируется списком опрашиваемых модулей, на основании которого определяется, какой из модулей посылает информацию на SCXI шину в момент опроса.

В списке каналы могут быть расставлены в любом порядке, и мультиплексор модуля SCXI-1520 может опрашивать каналы также в любом порядке. Каналы могут встречаться в списке несколько раз. Список сканируемых каналов может содержать до 512 каналов на одно DAQ-устройство, что относится также к сканированию в случайном порядке, которое поддерживается не всеми SCXI модулями. Эти 512 каналов могут быть произвольно распределены между несколькими модулями.

Для хранения списка сканируемых каналов, который определяется в Вашем приложении, в состав SCXI модуля входит память типа FIFO («первым зашел – первым вышел»). Драйверы NI-DAQ загружают эту память на основе назначений каналов, которые Вы сделали в Вашем приложении. Вам не нужно вручную программировать память, поскольку эта операция выполняется автоматически драйвером NI-DAQ.

При конфигурировании модуля для работы в мультиплексированном режиме путь прохождения сигналов на DAQ-устройство E/M серии зависит от того, какой модуль в SCXI системе подключен к DAQ-устройству. Существует несколько способов передачи сигналов от мультиплексируемых модулей к DAQ-устройству.

Если опрашиваемый модуль SCXI-1520 не подключен напрямую к DAQ-устройству, его сигналы передаются через SCXI шину к модулю, который к нему подключен. Наоборот, если опрашивается модуль, через который осуществляется управление SCXI шасси и который подключен непосредственно к DAQ-устройству, сигналы с SCXI шины направляются через вывод CH 0 разъема, расположенного на задней панели этого модуля, на DAQ-устройство.

Таким, образом, если DAQ-устройство опрашивает подключенный к нему модуль, сигнал с входа модуля проходит на DAQ-устройство через вывод CH 0 разъема, расположенного на задней панели.

Мультиплексированный сбор данных имеет ограниченную частоту дискретизации в зависимости от типа используемых аппаратных средств, режима работы и наличия СВХ. Максимальную частоту дискретизации при СВХ Вы можете определить с помощью уравнений, приведенных в параграфе *Синхронная выборка и хранение.* Если СВХ запрещена и система сконфигурирована для работы в мультиплексированном режиме, максимальная частота дискретизации определяется как наименьшая из максимальных частот дискретизации DAQ-устройства и SCXI модуля. Максимальная частота дискретизации у SCXI модуля – 333 кГц. Если частота дискретизации DAQ-устройства E/M серии превышает 333 кГц, то максимальная частота дискретизации ограничивается SCXI модулем. Если, наоборот, DAQ-устройство имеет частоту дискретизации менее 333 кГц, то именно оно ограничивает частоту дискретизации всей измерительной системы.

Принцип параллельного сбора данных

Режим параллельного сбора данных идеально подходит для высокоскоростных измерений. В этом режиме 8 нормированных аналоговых сигналов, выдаваемых на разъем, расположенный на задней панели модуля SCXI-1520, подключены непосредственно к соответствующим 8 каналам аналогового ввода DAQ-устройства (рисунок 4-16). Если модуль SCXI-1520 работает в режиме параллельного сбора данных, DAQ-устройство выполняет мультиплексирование параллельных выходов SCXI-1520, т.е. модуль не мультиплексирует каналы.

Драйверы Traditional NI-DAQ поддерживают работу модуля SCXI-1520 только в режиме мультиплексированного сбора данных. Драйверы NI-DAQmx поддерживают работу модуля как в режиме мультиплексированного, так и параллельного сбора данных.

В режиме параллельного сбора данных нормированные выходные сигналы с каналов 0, 1,…,7 непосредственно поступают на входы каналов 0, 1,…,7 DAQ-устройства, которые должны быть настроены на дифференциальный режим.

При работе модуля SCXI-1520 в режиме параллельного сбора данных сканирование каналов с удаленными датчиками невозможно, поскольку зажимы RS*X*+ и RS*X*– не подключены к 50-контактному разъему на задней панели, как показано на рисунке 4-16, а они соединены внутри модуля с аналоговым мультиплексором. Драйвер NI-DAQmx все же может сканировать канал удаленного датчика в тензометрической задаче и при калибровке и масштабировании канала в MAX. Тем не менее, в процессе работы Вашего приложения, Вы не можете контролировать каналы с удаленными датчиками, если модуль SCXI-1520 работает в режиме параллельного сбора данных.

Примечание: Контур управления схемой для подключения удаленного датчика всегда работает независимо от режима коррекции напряжения питания, даже если Вы не можете все время сканировать каналы с удаленными датчиками.

Если разрешена СВХ, параллельные выходные сигналы находятся в состоянии хранения, в то время как каналы сканируются DAQ-устройством. В это время УВХ каждого канала находится в режиме хранения, что проявляется в виде выбросов на параллельных выходах, поскольку поступающий с них сигнал дискретизируется DAQ-устройством. В связи с этим NI не рекомендует сканировать каналы модуля SCXI-1520 с помощью DAQ-устройства во время одновременного измерения сигналов на их выходах с помощью другого устройства аналогового ввода, например, осциллографа, если Вы не запретили СВХ.

Несмотря на то, что СВХ можно программно разрешать/запрещать в NI-DAQmx, NI рекомендует оставлять ее разрешенной для большинства приложений. Запрет СВХ для одного модуля запрещает ее для всех модулей во всех шасси, управляемых одни и тем же DAQ-устройством. СВХ должна быть запрещена только в том случае, если она не требуется в Вашем приложении, а также, если в Вашем приложении нужны частоты дискретизации, которые предельно возможны при разрешенной СВХ. За более подробной информацией о программном разрешении и запрете СВХ в Вашем приложении с помощью NI-DAQmx к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* раздела *Применение модуля SCXI-1520.*

За более подробной информацией программной коррекции нуля с помощью NI-DAQmx и Traditional NI-DAQ обратитесь к параграфу *Разработка приложения в NI-DAQmx* или параграфу *Разработка приложения в Traditional NI-DAQ* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520.*

Параллельный сбор данных имеет ограниченную частоту дискретизации в зависимости от типа используемых аппаратных средств и наличия СВХ. Максимальную частоту дискретизации, если разрешена СВХ, Вы можете определить с помощью уравнений, приведенных в параграфе *Синхронная выборка и хранение*. Если СВХ запрещена, и система сконфигурирована для работы в режиме параллельного сбора данных, максимальная частота дискретизации определяется максимальной частотой дискретизацией DAQ-устройства. Максимальная частота дискретизации у SCXI модуля 333 кГц не является ограничением для параллельного сбора данных. Следовательно, если частота дискретизации DAQ-устройства E/M серии превышает 333 кГц, то настроенный на параллельный сбор данных модуль SCXI-1520 не является ограничивающим фактором.

5

Применение модуля SCXI-1520

В этом разделе предлагаются варианты применения модуля SCXI-1520 в разрабатываемом Вами приложении, и дается основополагающая информация по калибровке.

Внимание! Электростатические разряды 4 кВ и более могут вызвать сбой функционирования модуля SCXI-1520, что приведет к потере или получению неверного результата измерений. Для повышения надежности функционирования в таких условиях может потребоваться восстановление работоспособности путем программного сброса, который может быть выполнен посредством вызова функции DAQmx Reset Device. Виртуальный прибор `DAQmx Reset VI` находится в палитре **Measurement I/O»NI-DAQmx»Dev Config** блок-диаграммы LabVIEW. Функция `Reset Device` обычно используется в начале или в конце программы. Если она окажется в середине программы, при вызове она немедленно завершит все активные задачи, связанные с устройством, отключит все связи и вернет устройство в начальное состояние. Завершение задачи сразу же завершает текущую операцию, например, чтение или запись, и переводит задачу в неустойчивое, но подлежащее восстановлению состояние. Восстановление задачи в DAQmx осуществляется с помощью функции `DAQmx Start`, которая перезапускает задачу или функции `DAQmx Stop`, которая сбрасывает задачу без перезапуска ее. Поскольку в Traditional DAQ задача восстановлению не подлежит, ее необходимо перезапустить с самого начала. За более подробной информацией об этих функциях обратитесь, пожалуйста, к файлам справки по DAQmx/Traditional DAQ.

Разработка приложения в NI-DAQmx

Примечание: Если Вы будете использовать системы проектирования других компаний, а не National Instruments, работать с системами проектирования National Instruments более ранних версий, чем 7.0, или будете пользоваться нелицензированными копиями текущих версий, утилита NI License Manager будет открывать дополнительные диалоговые окна, в которых можно создавать задачи или глобальные каналы в демонстрационном режиме. Эти окна с сообщениями будут появляться до тех пор, пока Вы не установите лицензионную среду разработки версии 7.0 и выше.

Далее рассматривается конфигурирование и применение NI-DAQmx для управления модулем SCXI-1520 в LabVIEW, LabWindows/CVI и Measurement Studio. Эти средства разработки приложений являются более гибкими и обеспечивают доступ к большему количеству настроек, чем

MAX. В то же время, совместное использование среды разработки приложения с MAX позволяют быстро создать новое приложение, удовлетворяющее специфическим требованиям.

Блок-схема типового алгоритма

На рис. 5-1 приведена блок-схема типового алгоритма измерения напряжений, который включает в себя создание задачи для конфигурирования каналов, выполнение измерений, обработку данных, представление данных, остановку измерений и удаление задачи из памяти.

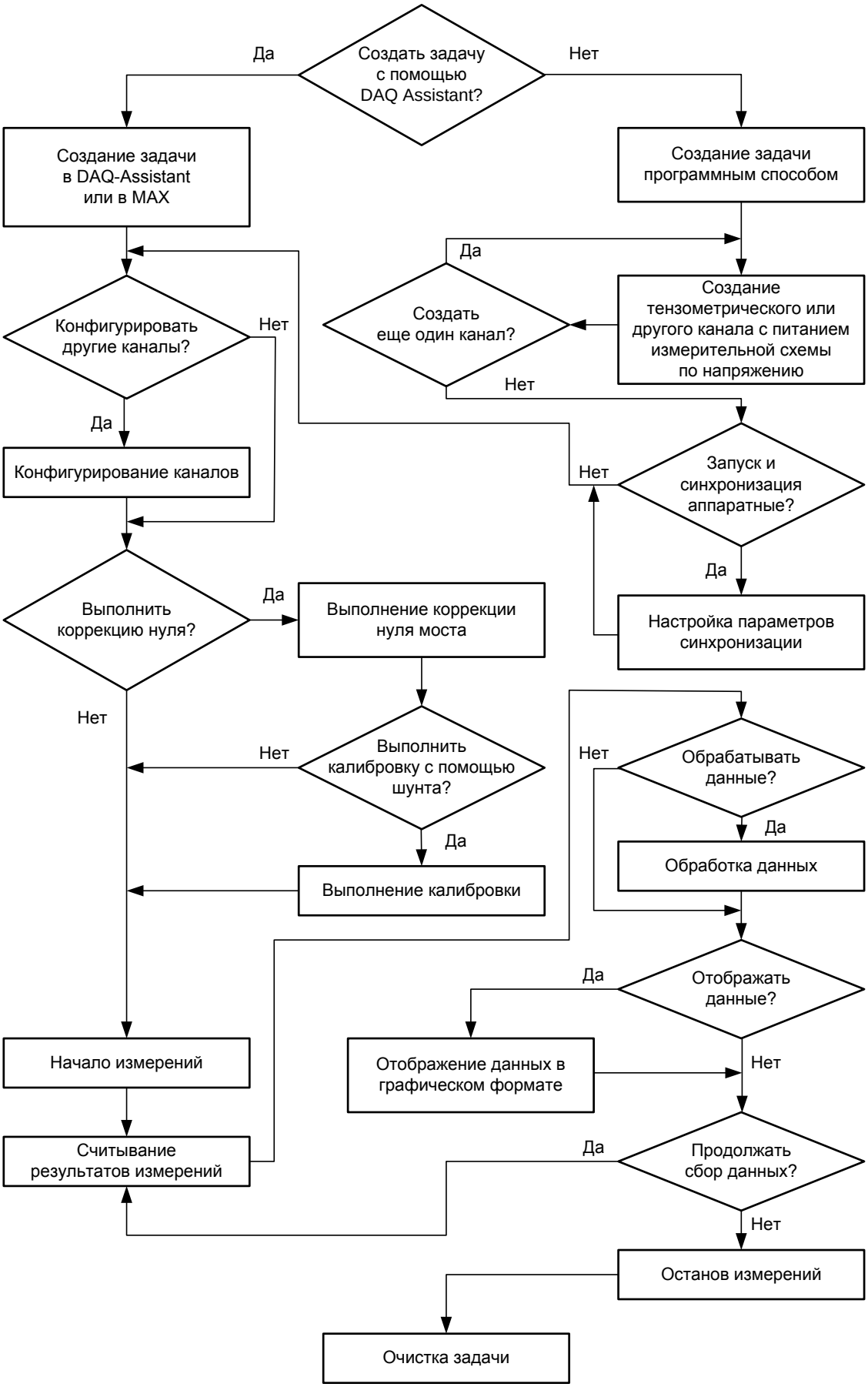


Рисунок 5-1. Блок-схема типового алгоритма работы

Общие пояснения к типовому алгоритму

В следующем разделе вкратце рассматриваются некоторые блоки на рисунке 5-1, а также дается обзор некоторых свойств и настроек, доступных при программировании с помощью NI-DAQmx.

Создание задачи с помощью DAQ Assistant или программным способом

Когда Вы начинаете разрабатывать приложение, в первую очередь Вам необходимо принять решение, какими средствами Вы будете создавать задачу: помощником DAQ Assistant или средствами программирования, предоставляемыми средой разработки приложений.

Разработка приложения с помощью DAQ Assistant дает Вам возможность конфигурировать большинство настроек, включая вид измерений, выбор каналов, напряжение питания измерительной схемы, границы диапазона входного сигнала, параметры синхронизации и запуска. С DAQ Assistant можно работать через оболочку MAX или в установленной у Вас среде разработки приложений. Выбор DAQ Assistant может облегчить Вам процесс разработки приложения. Производителем (NI) рекомендуется применять DAQ Assistant для упрощения проектирования систем с датчиками, требующими сложных масштабирующих преобразований, или с каналами, относящимися к одной задаче, но обладающими разными свойствами.

Если Вы пользуетесь средой разработки приложений от сторонних производителей, или хотите создать и точно настроить задачу для конкретного режима сбора данных, создать и сконфигурировать задачу можно программным способом с помощью функций или виртуальных приборов (ВП) среды проектирования. Если задача создана с помощью DAQ Assistant, то впоследствии можно программно изменять параметры конфигурирования и отдельные свойства с помощью функций или узлов свойств (property nodes). NI рекомендует создавать задачи программным способом, если Вам нужно точно управлять программно настраиваемыми свойствами системы сбора данных (DAQ-системы).

Программная настройка свойств задачи, созданной с помощью DAQ Assistant, отменяет исходные настройки или настройки по умолчанию, но действует только для текущей сессии. Изменения конфигурации не сохраняются. При повторной загрузке задачи будут использоваться начальные настройки DAQ-Assistant. За информацией о сохранении параметров задачи в программном приложении обратитесь к справке *NI-DAQmx Help*.

Настройка режимов синхронизации и запуска

DAQ Assistant, а также вызываемые в программе функции и узлы свойств, позволяют настраивать некоторые параметры синхронизации. Настройки синхронизации, заданные в DAQ Assistant, можно будет потом изменять программным путем в Вашем приложении.

В процессе программной настройки синхронизации Вы может выбрать один из трех режимов сбора данных: непрерывный сбор данных, накопление в буфере конечного числа отсчетов или однократное измерение. Для организации непрерывного сбора данных все программные компоненты, отвечающие за сбор данных, следует поместить в цикл `while` как при использовании оболочки MAX, так и Экспресс ВП `DAQ Assistant`. В режиме непрерывного сбора данных с буферизацией можно задать частоту дискретизации и количество считываемых отсчетов как с помощью `DAQ Assistant`, так и путем вызова функций из приложения. По умолчанию, автоматически выбирается внутренний генератор синхроимпульсов с параметрами, определяемыми требуемой частотой дискретизации. Вы можете также задать дополнительные свойства – назначить внешний генератор синхроимпульсов, определить маршрут для внутреннего источника синхроимпульсов, а также выбрать активный фронт синхроимпульсов.

Настройка свойств канала

Каждая среда разработки приложений, в которой можно конфигурировать модуль SCXI-1520, обеспечивает доступ к его основным настройкам через драйвера NI-DAQmx. Некоторые из этих настроек приведены в табл. 5-1. Эта таблица пригодится Вам, чтобы определить свойства, которые необходимы для настройки модуля в Вашем приложении. Полный список свойств, настраиваемых с помощью NI-DAQmx, можно найти в справочной системе среды программирования.

Примечание: Некоторые свойства нельзя настраивать во время исполнения задачи. В этом случае следует остановить задачу, изменить значения свойств и затем перезапустить приложение. Все свойства в таблице 5-1 настраиваются до запуска приложения.

Таблица 5-1. Свойства NI-DAQmx

Свойство	Сокращенное обозначение	Описание
Analog Input»General Properties» Advanced»Range»High	AI.Rng.High	Верхний предел диапазона входных напряжений.
Analog Input»General Properties» Advanced»Range»Low	AI.Rng.Low	Нижний предел диапазона входных напряжений.
Analog Input»General Properties» Filter»Analog Lowpass»Enable	AI.Lowpass.Enable	Разрешение ФНЧ в канале
Analog Input»General Properties» Filter»Analog Lowpass»Cutoff Frequency	AI.Lowpass.CutoffFreq	Частота среза ФНЧ (Гц) по уровню -3 дБ. Может принимать значения 10, 100, 1000 и 10000.

Таблица 5-1. Свойства NI-DAQmx (Продолжение)

Свойство	Сокращенное обозначение	Описание
Analog Input»General Properties» Signal Conditioning»Bridge» Configuration	AI.Bridge.Cfg	Определяет тип датчика – мостовой или нет, включение датчика в мост Уитстона
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Shunt Cal»Shunt Cal Enable	AI.Bridge.ShuntCal.Enable	Разрешение включения резистивного шунта параллельно одному из плеч моста.
Analog Input»General Properties» Signal Conditioning»Bridge»Shunt Cal»Shunt Cal Select	AI.Bridge.ShuntCal.Select	Выбор ключей для калибровочного шунта.
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Excitation»Value	AI.Excit.Val	Напряжение питания моста (В).
Analog Input»Strain»Strain Gage»Configuration	AI.StrainGage.Cfg	Тип конфигурации тензометрического моста.
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Nominal Resistance	AI.Bridge.NomResistance	Сопротивление моста в ненагруженном состоянии (Ом).
Analog Input»Strain»Strain Gage»Gage Factor	AI.StrainGage.GageFactor	Коэффициент тензочувствительности.
Analog Input»Strain»Strain Gage»Poisson Ratio	AI.StrainGage.PoissonRatio	Отношение поперечной деформации к продольной деформации материала, из которого изготовлен образец
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Initial Bridge Voltage	AI.Bridge.InitialVoltage	Выходное напряжение моста в ненагруженном состоянии (В).
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Balance» Coarse Potentiometer Property	AI.Bridge.Balance.CoarsePot	Величина грубой коррекции смещения нуля (от 0 до 127).
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Balance» Fine Potentiometer Property	AI.Bridge.Balance.FinePot	Величина точной коррекции смещения нуля (от 0 до 4095).
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Excitation» Source	AI.Excitation.Src	Источник питания моста.
Analog Input»General Properties»Advanced»Sample and Hold Enable	AI.SampAndHold.Enable	Разрешение УВХ

Примечание: Приведен не весь перечень свойств NI-DAQmx, не включены некоторые свойства, которые могут потребоваться при конфигурировании создаваемых приложений. Но приведенный перечень может служить в качестве примера наиболее важных свойств, используемых для настройки режимов тензометрических измерений, а также других измерений с помощью моста Уитстона. Полный список свойств, настраиваемых с помощью NI-DAQmx, и более подробную информацию о них можно найти в справочной системе среды разработки приложений.

Выполнение коррекция смещения нуля

В составе модуля SCXI-1520 есть схема коррекции смещения нуля, которая подстраивает уровень сигнала по напряжению, когда тензодатчик или другой мостовой датчик находятся в ненагруженном состоянии. Для большинства датчиков коррекция нуля заключается в устранении начального смещения нуля у моста Уитстона. Чтобы выполнить коррекцию смещения нуля при измерении деформации, Вы можете создать тензометрическую задачу или глобальный канал. Коррекция смещения нуля может быть выполнена либо в процессе конфигурирования глобального канала (каналов), либо программным путем с помощью функции DAQmx Offset Null (в LabVIEW – ВП `Daqmx Perform Bridge Offset Nulling Calibration.vi`; в CVI – функция `DaqmxPerformBridgeOffsetNullingCal`). За более подробной информации по коррекции смещения нуля в MAX обратитесь к параграфу *Создание тензометрического глобального канала или задачи* раздела 3, *Конфигурирование и тестирование*. Если Вы не измеряете деформацию или хотели бы выполнить коррекцию смещения нуля при измерении произвольного напряжения, Вы можете регулировать настройки грубого и точного потенциометров с помощью свойств.

За более подробной информацией по коррекции смещения нуля обратитесь к параграфу *Коррекция смещения нуля* раздела 4, *Принцип действия*.

Калибровка с помощью шунта

Под калибровкой с помощью шунта следует понимать процесс получения поправки, которая корректирует погрешность коэффициента усиления всей системы и расхождение между номинальным и действительным коэффициентом тензочувствительности тензодатчика. Если Вы измеряете деформацию, калибровка выполняется с помощью шунта в процессе конфигурирования глобального канала (глобальных каналов). За информацией по калибровке с помощью шунта в MAX обратитесь к параграфу *Создание тензометрического глобального канала или задачи* раздела 3, *Конфигурирование и тестирование*.

Чтобы узнать, как вручную выполнить калибровку, обратитесь к параграфу *Калибровка с помощью шунта* раздела 4, *Принцип действия*.

Сбор, обработка и отображение данных

После настройки задачи и каналов Вы можете начинать сбор, обработку и отображение результатов измерений в соответствии с требованиями Вашего приложения. К типичным методам обработки данных относятся цифровая фильтрация, усреднение, анализ спектра, масштабирование, коррекция результатов измерений.

В некоторых приложениях, где имеет место специфическое масштабирование, требуется напряжение питания моста, которое отличается от номинального напряжения питания, генерируемого модулем SCXI-1520. Чтобы получить такое напряжение, Вы можете сканировать контакты RS*X*+ и RS*X*– с помощью физических каналов DAQmx `Dev`*X*`/_pPos`*X* и `Dev`*X*`/_pNeg`*X*. В этом случае напряжение питания моста, которое следует использовать в уравнении масштабирования, определяется как разность напряжений на вышеуказанных каналах.

Примечание: Если контакты RS*X*+ и RS*X*– не подключены к мосту в точках P*X*+ и P*X*–, каналы _pPos*X* и _pNeg*X* измеряют напряжение питания внутри модуля, что не позволяет корректировать падение напряжения на подводящих линиях от источника питания.

Компания NI снабжает каждую свою среду разработки приложений мощными библиотеками для современного анализа данных, которые не требуют привлечения дополнительных средств программирования. После сбора и обработки удобно отобразить данные на графике или сохранить их в файл. Средства разработки приложения от National Instruments имеют простые в обращении средства отображения, в т.ч. графики, диаграммы, регуляторы, стрелочные индикаторы и т.д. Также имеются простые средства сохранения данных в файлах таких форматов, как электронные таблицы – для простоты просмотра, ASCII – для универсальности, двоичном – для минимизации размера файлов.

Завершение приложения

После завершения измерений, обработки и отображения данных обязательно следует остановить и удалить задачу из памяти, чтобы освободить ресурсы аппаратуры для использования в других задачах.

Примечание: В LabVIEW задачи удаляются из памяти автоматически.

Разработка приложения в LabVIEW

В этом разделе более подробно описываются такие блоки типового алгоритма, приведенного на рисунке 5-1, как создание задачи в LabVIEW и конфигурирование каналов модуля SCXI-1520. Если Вам требуется еще

более подробная информация или дополнительные инструкции, запустите из меню LabVIEW команду **Help»VI, Function, & How-To Help**.

Примечание: Виртуальные приборы (VI), информация о которых приведена в таблице 5-2, расположены в субпалитре **Functions»All Functions»NI Measurements» DAQ-mx – Data Acquisition** и других субпалитрах, имеющих отношение к сбору данных (если не оговорено иное их расположение).

Таблица 5-2. Программирование задачи в LabVIEW

Блок алгоритма	VI или функция программы
Создание задачи с помощью DAQ Assistant	Создается элемент управления `DAQmx Task Name Control` из субпалитры **Controls»All Controls»I/O» DAQmx Name Controls**, затем щелчком правой кнопки мыши из контекстного меню выбирается команда `New Task (DAQ Assistant)`.
Создание задачи программным путем (дополнительно)	`DAQmx Create Task.vi` – (не является обязательным, если Вы создали и сконфигурировали задачу с помощью DAQ Assistant). В тоже время, если Вы работаете с ним в LabVIEW, любые изменения параметров задачи не сохраняются для задачи, созданной в оболочке MAX.
Создание тензометрического канала (дополнительно) или Создание специального канала измерения напряжения, на который подается напряжение питания (дополнительно)	`DAQmx Create Virtual Channel.vi` – по умолчанию находится в режиме AI Voltage, вместо которого необходимо выбрать Analog Input»Strain»Strain Gage (не является обязательным, если Вы создали и сконфигурировали задачу и каналы с помощью DAQ Assistant). В тоже время, если Вы работаете с ним в LabVIEW, любые изменения параметров задачи не сохраняются для задачи, созданной в оболочке MAX.
Настройка параметров синхронизации (дополнительно)	`DAQmx Timing.vi` (режим Sample Clock – частота дискретизации по умолчанию) – не является обязательным при создании и настройке задачи с помощью DAQ Assistant. Любые изменения параметров синхронизации не сохраняются в DAQ Assistant. Они действительные только для текущей сессии.
Настройка каналов (дополнительно)	NI-DAQmx Channel Property Node – более подробная информация об этом узле свойств приведена в параграфе *Использование узла свойств NI-DAQmx Channel Property Node в LabVIEW*. Этот узел не является обязательным, если Вы создали и полностью настроили каналы в DAQ Assistant. Любые изменения свойств канала с помощью узла свойств канала не сохраняются для задачи, созданной в DAQ Assistant. Они действительны только для текущей сессии.
Коррекция смещения нуля	`DAQmx Perform Bridge Offset Nulling Calibration.vi`. Также Вы можете выполнять коррекцию смещения нуля при создании и конфигурировании каналов в DAQ Assistant. За информацией по коррекции смещения нуля в MAX обратитесь к параграфу *Создание тензометрического глобального канала или задачи* раздела 3, *Конфигурирование и тестирование*.

Таблица 5-2. Программирование задачи в LabVIEW (продолжение)

Блок алгоритма	VI или функция программы
Калибровка с помощью шунта	Вы можете выполнить калибровку с помощью шунта при создании и конфигурировании каналов в DAQ Assistant. За информацией по калибровке в MAX обратитесь к параграфу *Создание тензометрического глобального канала или задачи* раздела 3, *Конфигурирование и тестирование*.
Начало измерений	`DAQmx Start Task.vi`
Считывание результата	`DAQmx Read.vi`
Обработка данных	Некоторые примеры обработки данных включают в себя фильтрацию, масштабирование, анализ спектра, детектирование уровня. Некоторые средства обработки данных находятся в субпалитрах **Functions» Signal Analysis** и **Functions»All Functions» Analyze**.
Отображение данных	Отображать данные можно на диаграммах, графиках, шкальных индикаторах и т.д. Индикаторы расположены в субпалитрах **Controls» Numeric Indicator** и **Controls»All Controls» Graph**.
Непрерывный сбор данных	Непрерывный сбор данных осуществляется в цикле `While Loop`. В случае аппаратной синхронизации следует установить `DAQmx Timing.vi` в режим Continuous Samples. Для этого щелчком правой кнопки мыши по терминалу VI **sample mode** необходимо открыть контекстное меню и выбрать команду **Create»Constant,** а в меню константы выбрать значение **Continuous Samples**.
Прекращение измерений	`DAQmx Stop Task.vi` (не является обязательным, так как при очистке задачи останов производится автоматически)
Очистка задачи	`ВП DAQmx Clear Task.vi`

Работа с узлами свойств канала NI-DAQmx в LabVIEW

Примечание: Чтобы запретить CBX(SS/H) при работе с SCXI-1520, Вы должны использовать узлы свойств.

Конфигурировать каналы в LabVIEW можно вручную, используя узлы свойств. Чтобы создать узел свойств, выполните следующие действия:

1. Запустите LabVIEW.
2. Создайте узел свойств для нового или ранее созданного VI.
3. Раскройте блок-диаграмму.
4. Откройте палитру **Functions»All Functions»NI Measurements»DAQmx – Data Acquisition** и выберите узел свойств `DAQmx Channel Property Node`.
5. По умолчанию отображается свойство **ActiveChans**. Оно позволяет конкретно задать каналы, которые будут конфигурироваться. Если Вы хотите конфигурировать несколько каналов с разными свойствами, необходимо закрепить отдельные списки свойств за

соответствующими перечнями каналов, указанных в **Active Channels**.

Примечание: Если вы не используете свойство `Active Channels`, свойства устанавливаются для всех каналов, которые задействованы в задаче.

6. Щелкните правой кнопкой мыши по терминалу **ActiveChans** узла свойств и выберите команду **Add Element**. Щелкните левой кнопкой мыши на новый терминал **AcitveChans** и выберите в меню свойство, которые хотите определить.
7. Настройте свойство на чтение (read) или на запись (write). Для этого нажмите на терминал свойства правой кнопкой мыши, в контекстном меню перейдите к команде **Change To** и выберите один из трех вариантов: **Write**, **Read** или **Default Value**.
8. После добавления свойства в узел свойств щелкните правой кнопкой мыши по терминал свойства, чтобы изменить его атрибуты, подключить к нему орган управления, константу или индикатор.

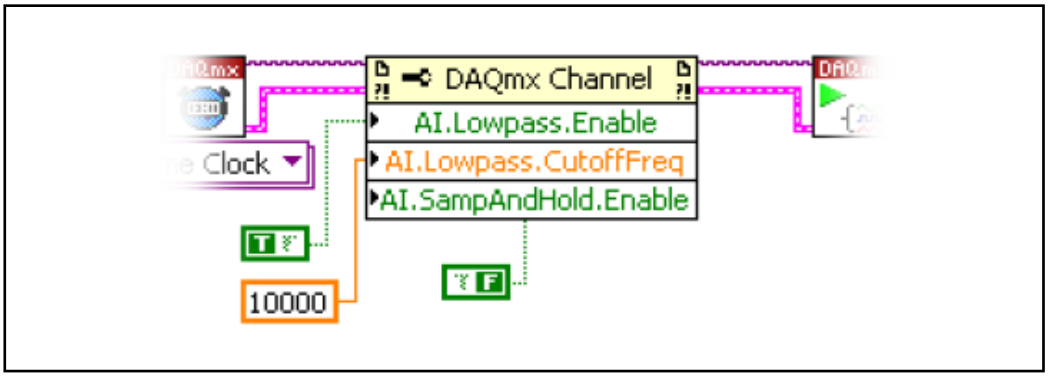


Рисунок 5-2. Узел свойств канала в LabVIEW, где разрешен ФНЧ с частотой среза 10 кГц и запрещена СВХ

9. Чтобы добавить другое свойство в узел свойств, нажмите правой кнопкой мыши на имеющееся свойство и щелчком левой кнопки мыши выберите команду **Add Element**. Чтобы заменить вновь созданное свойство, щелкните по его терминалу левой кнопкой мыши и выберите то свойство, с которым Вы хотите работать.

Примечание: Информация об узлах свойств и отдельных свойствах NI-DAQmx, содержится в справочной системе *LabVIEW Help*.

Задание строк каналов в DAQmx

Для назначения каналов модуля SCXI-1520 используйте соответствующий вход VI **DAQmx Create Channel**. Подключенные к данному входу элемент управления или константа имеют вид выпадающего меню, в котором указаны все доступные внешние каналы. Соответствующие строки каналов задаются в одном из следующих форматов:

- идентификатор одного устройства/номер канала – например, `SC1Mod1/ch0`
- несколько каналов с произвольными номерами – например, `SC1Mod1/ch0`, `SC1Mod1/ch4`.
- несколько каналов с последовательно расположенными номерами – например, `SC1Mod1/ch0:4` (каналы от 0 до 4).
- положительное или отрицательное напряжение питания для какого-либо канала модуля SCXI-1520, например, `SC1Mod1/_pPos0`, `SC1Mod1/_pNeg0`.

Если в Вашей задаче задействованы каналы модуля SCXI-1520, Вы можете установить значения свойств каналов программным путем с помощью узла свойств **DAQmx Channel Property Node**.

Чтобы создать простой виртуальный тензометрический канал, воспользуйтесь обобщенным алгоритмом или готовым примером. Узлы свойств позволяют управлять, конфигурировать и модифицировать задачи NI-DAQmx для модуля SCXI-1520. Чтобы создать в LabVIEW узел свойств, выполните следующие действия:

1. Запустите LabVIEW.
2. Создайте узел свойств для вновь созданного или уже существующего VI.
3. Откройте окно блок-диаграммы.
4. Из панели инструментов **Functions** выберите субпалитру **NI Measurements, DAQmx – Data Acquisition**, а затем тип узла свойств, который Вы хотите сконфигурировать.
5. Нажмите на узел свойств левой кнопкой мыши и выберите свойство **ActiveChans**. Оно позволит выбрать каналы, которые будут конфигурироваться. Если Вы хотите конфигурировать несколько каналов с разными свойствами, необходимо закрепить отдельные списки свойств за соответствующими перечнями каналов, указанных в **Active Channels**.
6. Щелкните правой кнопкой мыши по терминалу **ActiveChans** узла свойств и выберите команду **Add Element**. Щелкните левой кнопкой мыши на новый терминал **AcitveChans** и выберите в меню свойство, которые хотите определить.
7. Настройте свойство на чтение (read) или на запись (write). Для этого нажмите на терминал свойства правой кнопкой мыши, в контекстном меню перейдите к команде **Change To** и выберите один из трех вариантов: **Write**, **Read** или **Default Value**.
8. После добавления свойства в узел свойств щелкните правой кнопкой мыши по терминалу свойства, чтобы изменить его атрибуты, подключить к нему орган управления, константу или индикатор.
9. Чтобы добавить другое свойство в узел свойств, нажмите правой кнопкой мыши на имеющееся свойство и щелчком левой кнопки мыши выберите команду **Add Element**. Чтобы заменить вновь

созданное свойство, щелкните по его терминалу левой кнопкой мыши и выберите то свойство, с которым Вы хотите работать.

Примечание: Информация об узлах свойств и отдельных свойствах NI-DAQmx, содержится в справочной системе *LabVIEW Help*.

Средства разработки приложений на основе текстовых языков программирования

Разрабатывать программы для управления модулем SCXI-1520 можно с помощью средств разработки приложений на основе текстовых языков программирования, таких как LabWindows/CVI, Measurement Studio, Visual Basic 6, .NET, C#.

LabWindows/CVI

LabWindows/CVI взаимодействует с **DAQ Assistant**, встроенным в оболочку MAX и генерирует программу для измерения деформации. Затем Вы можете изменить программу, добавив необходимые вызовы функций. Чтобы создать конфигурируемый канал или задачу, выполните следующие действия:

1. Запустите LabWindows/CVI.
2. Создайте новый или откройте уже созданный проект.
3. В меню выберите команду **Tools»Create/Edit DAQmx Tasks**.
4. Чтобы загрузить DAQ Assistant, выберите команду **Create New Task in MAX** или **Create New Task In Project**.
5. Сконфигурируйте тензометрическую задачу в NI-DAQmx согласно указаниям, приведенным в параграфе *Создание глобального канала или задачи* раздела *Конфигурирование и тестирование*.
6. DAQ Assistant создает программный код на основе параметров, заданных в MAX и настроек DAQ-устройства по умолчанию. Изменить свойство канала можно путем вызова функции `DAQmxSetChanAttribute`.

Примечание: Более подробную информацию о создании задач NI-DAQmx в LabWindows/CVI , а также свойствах NI-DAQmx, можно найти в справочной системе *NI LabWindows/CVI Help*.

Measurement Studio (Visual Basic, .NET, C#)

При создании задачи измерения напряжения в Visual Basic, .NET, C# следует руководствоваться обобщенным алгоритмом, приведенном на рисунке 5-1. Вы можете вносить изменения в программу путем добавления туда соответствующих вызовов функций. В рассматриваемом примере создается новая задача и происходит настройка каналов NI-DAQmx

измерения деформации для модуля SCXI-1520, причем можно вызывать одни и те же функции из Visual Basic, .NET и C#.

В нижеприведенном примере прототипа функции объект типа «канал аналогового ввода» используется для измерения напряжения на выходе моста Уитстона, т.е. выполняется операция аналогового ввода:

```
void AIChannelCollection.CreateStrainGageChannel(
System.String physicalChannelName,
System.String nameToAssignChannel,
System.Double minVal,
System.Double maxVal,
AIStrainGageConfiguration strainGageConfiguration,
AIExcitationSource excitationSource,
System.Double excitationValue,
System.Double gageFactor,
System.Double initialBridgeVoltage,
System.Double normalGageResist,
System.Double poissonRatio,
System.Double leadWireResist,
AIStrainUnits units);
```

Чтобы создать и настроить реальный канал, необходимо ввести исходный текст, пример которого приведен ниже:

```
Task myTask = new
NationalInstruments.DAQmx.Task("myTaskName");
MyTask.CreateStrainGageChannel (
"SC1Mod1/ai0", // System.String physicalChannelName
"strain0", // System.String nameToAssignChannel
-0.001, // System.Double minVal
0.001, // System.Double maxVal
AIStrainGageConfiguration.FullBridgeIII, //
AIStrainGageConfiguration strainGageConfiguration
AIExcitationSource.Internal, // AIExcitationSource
excitationSource
3.3, // System.Double excitationValue
2.0, // System.Double gageFactor
0.0, // System.Double initialBridgeVoltage
120.0, // System.Double normalGageResist
0.3, // System.Double poissonRatio
0.0, // System.Double leadWireResist
AIStrainUnits.Strain); // AIStrainUnits units
// setting attributes after the channel is created
AIChannel myChannel = myTask.AIChannels["strain0"];
myChannel.LowpassCutoffFrequency = 10.0;
myChannel.LowpassEnable = true;
myChannel.AutoZeroMode = AIAutoZeroMode.Once;
```

Впоследствии Вы сможете изменять любые из свойств канала. Чтобы, например, изменить настройки фильтра канала `myChannel`, введите следующие строки:

```
AIChannel myChannel = myTask.AIChannels["strain 0"];
myChannel.LowpassCutoffFrequency = 10.0;
myChannel.LowpassEnable = true;
```

Измените пример, приведенный выше, как и другие примеры, поставляемые вместе со средой разработки, таким образом, чтобы он соответствовал Вашему приложению. Другие примеры программ можно найти в параграфе *Дополнительные материалы и документация по разработке приложений*.

Примечания: Вы можете создать и сконфигурировать тензометрическую задачу в MAX и затем загрузить ее путем вызова функции

`NationalInstruments.DAQmx.DaqSystem.Local.LoadTask.`

За более подробной информацией по созданию задач NI-DAQmx в среде LabWindows/CVI, а также по свойствам NI-DAQmx обратитесь к справочной системе *NI Measurement Studio Help*.

Программируемые свойства NI-DAQmx

Все средства разработки приложений, с помощью которых можно конфигурировать SCXI-1520, имеют доступ к основным свойствам NI-DAQmx, приведенным в таблице 5-3. В этой таблице Вы можете найти свойства, которые нужно настроить для Вашего приложения. Полный список свойств можно найти в справочной системе среды разработки.

Таблица 5-3. Свойства режима измерений (NI-DAQmx)

Свойство	Сокращенное обозначение	Описание
Analog Input»General Properties» Advanced»Range»High	AI.Rng.High	Верхний предел диапазона входных напряжений дигитайзера.
Analog Input»General Properties» Advanced»Range»Low	AI.Rng.Low	Нижний предел диапазона входных напряжений дигитайзера.
Analog Input»General Properties» Advanced»Sample and Hold Enable	AI.SamplAndHold.Enable	Разрешение УВХ DAQ-устройства.
Analog Input»General Properties» Signal Conditioning»Bridge» Configuration	AI.Bridge.Cfg	Определяет, построен ли датчик на основе моста Уитстона и тип моста.
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Shunt Cal»Shunt Cal Enable	AI.Bridge.ShuntCal.Enable	Разрешение включения резистивного шунта параллельно одному из плеч моста.

Таблица 5-3. Свойства режима измерений (NI-DAQmx) (Продолжение)

Свойство	Сокращенное обозначение	Описание
Analog Input»General Properties» Signal Conditioning»Bridge»Shunt Cal»Shunt Cal Select	AI.Bridge.ShuntCal.Select	Выбор ключа для калибровочного шунта.
Analog Input»General Properties» Signal Conditioning»Excitation»Source	AI.Excit.Src	Источник питания моста
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Excitation»Value	AI.Excit.Val	Напряжение питания моста(В).
Analog Input»Strain»Strain Gage»Configuration	AI.StrainGage.Cfg	Тип конфигурации тензометрического моста.
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Nominal Resistance	AI.Bridge.NomResistance	Сопротивление моста в ненагруженном состоянии (Ом).
Analog Input»Strain»Strain Gage»Gage Factor	AI.StrainGage.GageFactor	Коэффициент тензочувствительности тензодатчика.
Analog Input»Strain»Strain Gage»Poisson Ratio	AI.StrainGage.PoissonRatio	Отношение поперечной деформации к продольной деформации материала, из которого изготовлен образец
Analog Input»General Properties»Signal Conditioning»Bridge»Initial Bridge Voltage	AI.Bridge.InitialVoltage	Выходное напряжение моста в ненагруженном состоянии (В).
Analog Input»Strain»Units	AI.Strain.Units	Единицы, в которых будет выражаться результат измерения деформации.
Analog Input»General Properties» Advanced»Gain and Offset»Gain Value	AI.Gain	Характеристика коэффициента передачи канала кондиционирования сигнала
Analog Input»General Properties» Advanced»High Accuracy Settings»Auto Zero Mode	AI.AutoZeroMode	Выбор режима автоматической коррекции нуля: вычитание напряжения на входе, закороченном на землю, из каждого отсчета измеряемого сигнала или только один раз.
Analog Input»Measurment Type	AI.MeasType	Тип измерений в канале аналогового ввода.

Примечание: Приведен не весь перечень свойств NI-DAQmx, не включены некоторые свойства, которые могут потребоваться при конфигурировании создаваемых приложений. Но приведенный перечень может служить в качестве примера наиболее важных свойств, используемых для настройки режимов тензометрических измерений, а также других измерений с помощью моста Уитстона. Полный список свойств, настраиваемых с помощью NI-DAQmx, и более подробную информацию о них можно найти в справочной системе среды разработки приложений.

Разработка приложения в Traditional NI-DAQ

Примечание: Если Вы будете использовать системы проектирования других компаний, а не National Instruments, работать с системами проектирования National Instruments более ранних версий, чем 7.0, или будете пользоваться нелицензированными копиями текущих версий, утилита NI License Manager будет открывать дополнительные диалоговые окна, в которых можно создавать задачи или глобальные каналы в демонстрационном режиме. Эти окна с сообщениями будут появляться до тех пор, пока Вы не установите лицензионную среду разработки версии 7.0 и выше.

В этом разделе рассматривается, как конфигурировать и использовать Traditional NI-DAQ для управления SCXI-1520 в LabVIEW, LabWindows/CVI, Measurement Studio и других средах разработки на основе текстовых языков программирования. Эти средства программирования обеспечивают большую гибкость и доступ к большему количеству свойств, чем оболочка MAX. В то же время, Вы можете использовать среду разработки совместно с MAX для ускорения создания и адаптации приложения.

Разработка приложения в LabVIEW

LabVIEW – это графическая среда разработки приложений в области испытаний и измерений со удобными встроенными средствами сбора, обработки и отображения данных. Вы можете из функциональных графических блоков, называемых виртуальными субприборами (subVI) легко создать специфическое приложение, которое на программном уровне полностью использует функциональность SCXI-1520. В Traditional NI-DAQ есть несколько стандартных subVI сбора данных, а также SubVI, специально предназначенных для SCXI-1520.

Для приложений, программируемых с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW, имеются два обычных способа адресации каналов SCXI-1520 – виртуальные каналы (в данном случае – тензометрические) и строки каналов SCXI, способ адресации выбирается в зависимости от Ваших потребностей.

Тензометрический виртуальный канал поддерживает масштабирование результатов измерений с помощью тензодатчиков, предоставляет доступный интерфейс для коррекции нуля и калибровки, а также позволяет Вам присвоить тензометрическому каналу SCXI-1520 любое имя без дополнительных усилий по написанию программы. В системах, состоящих из нескольких шасси, при использовании виртуальных каналов максимальное количество каналов на одно DAQ-устройство E серии равно 512. Для упрощения работы NI рекомендует использовать тензометрические виртуальные каналы. За более подробной информацией по созданию тензометрических виртуальных каналов обратитесь к приложению B, *Использование SCXI канальных строк в Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*.

Строки SCXI каналов позволяют Вам группировать большое количество каналов в несколько опросных списков, непосредственно измерять уровень напряжения для масштабирования, а также выполнять динамическую коррекцию смещения нуля в Вашем приложении. NI рекомендует применять строки SCXI каналов в более сложных приложениях. В LabVIEW массив этих строк конфигурирует сканирование нескольких модулей. Строки SCXI каналов позволяют опрашивать до 3072 каналов в системах, состоящих из нескольких шасси и одного DAQ-устройства. За более подробной информацией по использованию строк SCXI каналов обратитесь к приложению B, *Применение строк SCXI каналов в Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*.

Примечание: Не путайте виртуальные каналы со строками SCXI канала внутри одного и того же массива строк каналов.

Для использования виртуальных каналов введите имя виртуального канала в строку канала аналогового ввода. Если Вы используете несколько виртуальных каналов, введите их имена в массив строк под разными индексами или разделите их запятой.

Поскольку опрашивать аналоговые виртуальные каналы можно произвольным образом, то их можно вводить массив строк каналов в любом порядке и с повторениями.

Блок-схема типового алгоритма

После того, как Вы определились со способом адресации каналов и средствами конфигурирования SCXI-1520 – в MAX или в LabVIEW, Вы можете разрабатывать приложение на основе типового алгоритма, блок-схема которого приведена на рис. 5-3.

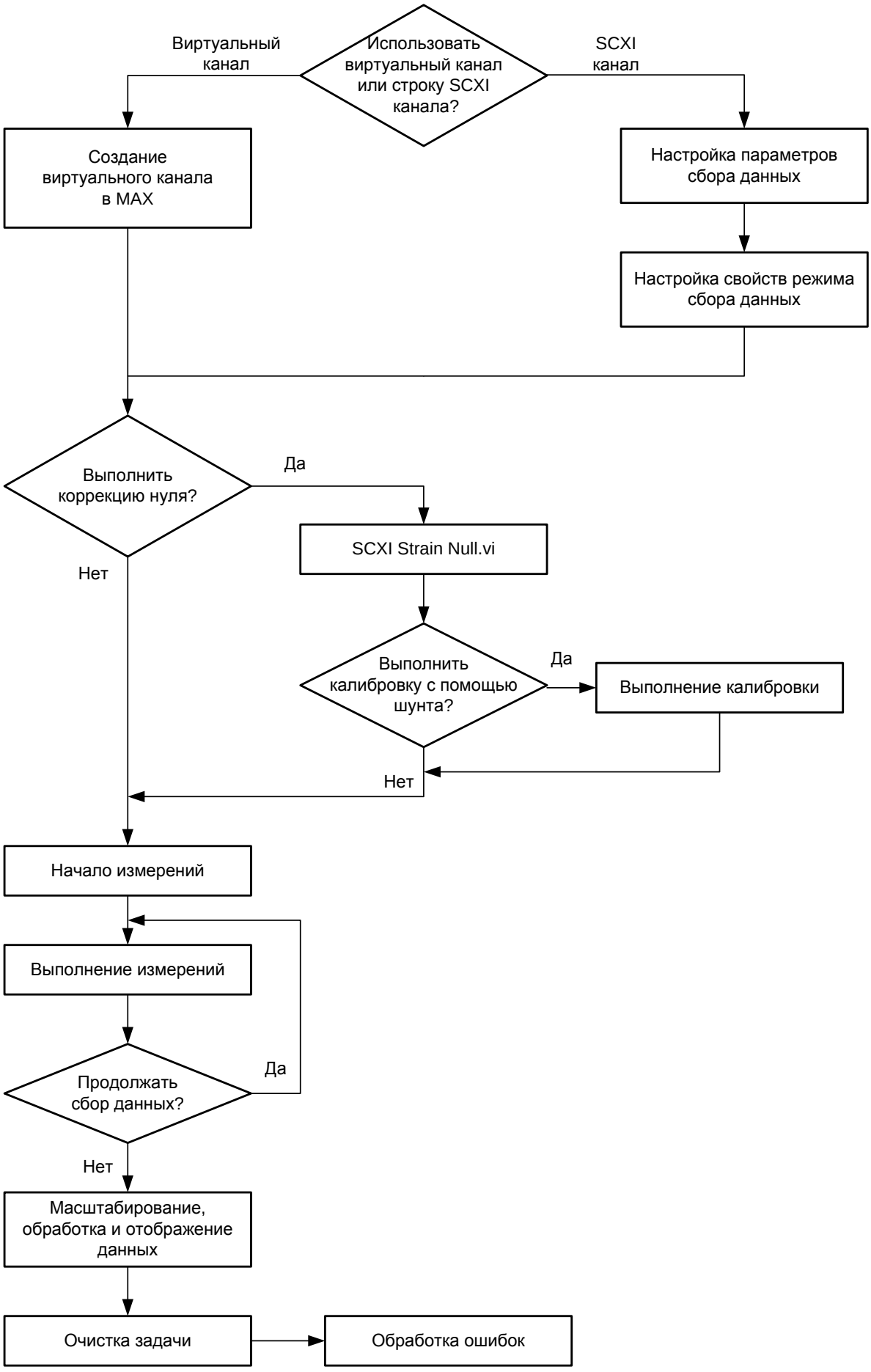


Рисунок 5-3. Блок-схема типового алгоритма работы каналов измерения в Traditional NI-DAQ

Конфигурирование SCXI-1520 в LabVIEW с помощью Traditional NI-DAQ

Вы можете конфигурировать настройки SCXI-1520, выполнять коррекцию смещения нуля и калибровку с помощью шунта в MAX, используя тензометрический виртуальный канал. Для конфигурирования и управления SCXI-1520 из LabVIEW используйте виртуальный прибора AI Parameter, который находится в субпалитре **Data Acquisition»Analog Input»Advanced Analog Input**.

Изменение какого-нибудь параметра с помощью виртуального прибора `AI Parameter` вступает в силу на аппаратном уровне только при вызове виртуального прибора `AI Start`. Виртуальный прибор `AI parameter` изменяет конфигурацию модуля только в памяти, зарезервированной драйвером. При вызове `AI Start` считывает настройки конфигурации в эту память и затем посылает текущую управляющую информацию в модуль SCXI-1520. Настройка, установленная с помощью `AI Parameter`, имеет силу только при работе в LabVIEW и не изменяет соответствующую настройку в MAX.

Настройки, которые Вы можете конфигурировать с помощью виртуального прибора `AI Parameter`, приведены в таблице 5-4.

Таблица 5-4. Настройки SCXI-1520, конфигурируемые с помощью ВП AI Parameter

Программная настройка	AI параметры ВП		Допустимые настройки	
	Имя	Значение	Тип данных	Значения
Напряжение питания	SCXI DC Voltage Excitation	17	Float In (dbl)[1)]	0.000, 0.625, 1.125, 1.875, 2.500, 3.125, 3.750, 5.375, 5.000, 5.625, 6.125, 6.875, 7.500, 8.125, 8.750, 9.375, 10.00
Полоса пропускания ФНЧ	Filter Setting	14	Float In (dbl)[1)]	0.0 (фильтр отключен), 10.0 100.0, 1000.0, 10000.0
Тип моста	SCXI Connection Type	19	Value In (u16)[2)]	9 = 1/4 моста 10 = 1/2 моста 11 = Полный мост
Грубый потенциометр	SCXI Coarse Potentiometer	24	Float In (dbl)[1)]	Любое целое число в диапазоне от 0 до 127 (*средняя точка* – 62)
Точный потенциометр	SCXI Fine Potentiometer	23	Float In (dbl)[1)]	Любое целое число в диапазоне от 0 до 4095 (*средняя точка* – 2048)

[1)] Вход – переменная вещественного типа с двойной точностью

[2)] Вход – переменная беззнакового целочисленного типа (16 бит)

Таблица 5-4. Настройки SCXI-1520, конфигурируемые с помощью ВП AI Parameter (продолжение)

Программная настройка	AI параметры ВП		Допустимые настройки	
	Имя	Значение	Тип данных	Значения
Включение шунта A	SCXI Shunt A Enabled	25	Boolean In (T/F) [1]	TRUE – замыкает ключ FALSE – размыкает ключ
Включение шунта B	SCXI Shunt B Enabled	26	Boolean In (T/F) [1]	TRUE – замыкает ключ FALSE – размыкает ключ

[1] Вход – переменная булевского типа, которая принимает значения TRUE (ИСТИНА) и FALSE (ЛОЖЬ).

Пример использования виртуального прибора `AI Parameter` для управления модулем SCXI-1520 приведен на рисунке 5-4.

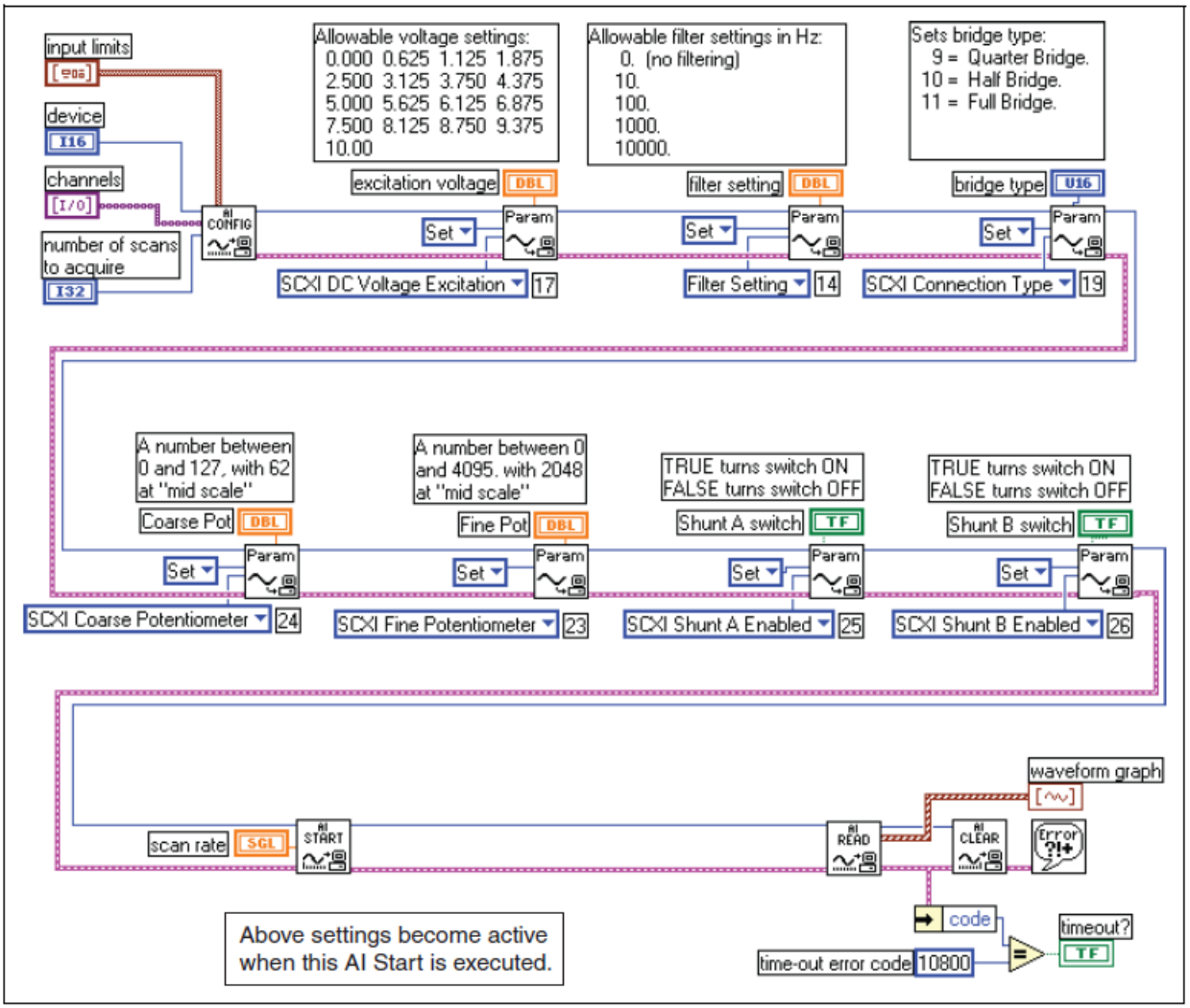


Рисунок 5-4. Настройка SCXI-1520 с помощью AI Parameter

Вышеприведенные настройки становятся активными, когда выполняется виртуальный прибор `AI Start`

Коррекция смещения нуля с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW

Чтобы скомпенсировать начальное смещение нуля у датчика на основе моста Уитстона, модуль SCXI-1520 выполняет коррекцию нуля. Если Вы

измеряете деформацию, для коррекции смещения нуля, калибровки с помощью шунта и масштабирования в Traditional NI-DAQ Вы можете использовать тензометрический виртуальный канал. Коррекция нуля и калибровка выполняются в процессе конфигурирования виртуального канала. За более подробной информацией по созданию тензометрического виртуального канала в MAX обратитесь к приложению B, *Применение строк SCXI каналов в Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*.

После того, как Вы создали тензометрический виртуальный канал, выбирайте его из списка всех виртуальных каналов, которые Вы сконфигурировали в MAX, с помощью органа управления или константы. Константа для выбора DAQ канала находится в субпалитре функций **Data Acquisition»Analog Input**, а соответствующий орган управления находится субпалитре органов управления **I/O**.

Если Вы используете тензометрический виртуальный канал, Вы не можете динамически выполнить автоматическую коррекцию нуля в процессе работы приложения. Если Вам все же необходимо выполнить коррекцию нуля в процессе работы приложения, следует использовать строки SCXI каналов. За более подробной информацией по строкам SCXI каналов обратитесь к приложению B, *Применение строк SCXI каналов в Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*. Нельзя использовать тензометрический виртуальный канал, если Вы проводите измерения с помощью других видов мостовых датчиков, например, динамометра, датчика давления или датчика момента, и Вам нужно отображать результаты измерения в соответствующих единицах, поскольку тензометрический канал возвращает результаты измерений в единицах деформации $\varepsilon \cdot 10^{-6}$. Для масштабирования результатов измерений в нужных единицах Вы можете воспользоваться виртуальным каналом для измерения напряжения с настройкой масштабирования в MAX или строками SCXI канала в LabVIEW.

Коррекция смещения нуля для таких мостовых датчиков как тензодатчики, динамометры, датчики давления и датчики момента, выполняется в процессе работы LabVIEW приложения с помощью виртуального прибора `SCXI Strain NULL`, который находится в субпалитре функций **Data Acquisition»Analog Input»Calibration and Configuration** и выполняет коррекцию нуля для строк SCXI каналов, а не виртуальных каналов.

Если хотите явно регулировать потенциометры, Вы можете написать прикладную программу, которая одновременно регулирует настройки большого количества каналов или восстанавливает установку нуля отдельного канала между сессиями без выполнения коррекции каждый раз. Чтобы установить или извлечь управляющие коды потенциометров в Traditional NI-DAQ, используйте виртуальный прибор `AI Parameter` (в LabVIEW).

Пример использования виртуального прибора `AI Parameter` для управления модулем SCXI-1520 приведен на рисунке 5-4.

Более подробную информацию и примеры программ для настройки потенциометров коррекции нуля Вы можете найти на сайте `ni.com/info`,

используя следующие информационные коды: `rd1520`, `rdnull`, `rdxi15`.

Калибровка с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW

Под калибровкой с использованием шунта следует понимать процесс получения поправки коэффициента усиления, которая корректирует погрешность коэффициента усиления и расхождения между номинальным и действительным коэффициентом тензочувствительности тензодатчика. Если Вы измеряете деформацию, для выполнения коррекции нуля, калибровки и правильного масштабирования результатов измерений в Traditional NI-DAQ Вы можете использовать тензометрический виртуальный канал. Коррекция нуля и калибровка выполняются в процессе конфигурирования тензометрического канала. За более подробной информацией по созданию тензометрического виртуального канала в MAX обратитесь к приложению B, *Применение строк SCXI каналов в Traditional NI-DAQ 7.0 и выше*.

За более подробной информацией по калибровке и связанными с ней расчетами обратитесь к параграфу *Калибровка с помощью шунта* раздела 4, *Принцип действия*. Для выполнения калибровки мостовых датчиков, в том числе тензодатчиков, динамометров, датчиков давления или датчиков момента, в процессе работы LabVIEW приложения используйте виртуальный прибор `AI Parameter`, который программным путем запускает/останавливает калибровку. Как и все настройки, управляемые виртуальным прибором `AI Parameter`, изменения состояния ключей, включенных последовательно с шунтами, вступают в силу не сразу при вызове `AI Parameter`, а при выполнении последующего виртуального прибора `AI Start`. Поскольку время установления ФНЧ в составе SCXI-1520 составляет до 500 мс, необходимо либо ввести программную задержку 500 мс, либо удалить данные за первые 500 мс после замыкания ключей. Виртуальный прибор `AI Parameter` находится в субпалитре функций **Data Acquisition» Analog Input»Advanced Analog Input**. На рисунке 5-4 приведен пример использования виртуального прибора `AI Parameter` для управления модулем SCXI-1520.

NI рекомендует осуществлять сбор данных при включенных резистивных шунтах с накоплением 1000 отсчетов на канал, после чего можно вычислить поправку коэффициента усиления для корректировки результатов измерений, полученных с помощью данного канала. При калибровке тензодатчика с помощью шунта Вы можете получить расчетную деформацию из уравнений, приведенных в параграфе *Принцип действия тензометрического моста* раздела 4, *Принцип действия*. После того, как Вы определили соответствующую поправку коэффициента усиления, для получения минимальной абсолютной погрешности умножьте каждый результат измерений на значение поправки.

Конфигурирование, начало и считывание результатов измерений с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW

После выполнения коррекции смещения нуля, калибровки и конфигурирования настроек SCXI-1520 для Вашего приложения, Вы можете

создать Ваше измерительное приложение с помощью виртуальных приборов (функций) среднего уровня `AI Config`, `AI Start`, `AI Read`, `AI Clear`, которые находятся субпалитре **Data Acquisition»Analog Input**.

NI рекомендует использовать вышеупомянутые виртуальные приборы (функции) в большинстве приложений, где применяется модуль SCXI-1520. За более подробной информацией по применению измерительных функций среднего уровня из Traditional NI-DAQ обратитесь к руководству *LabVIEW Measurements Manual (Измерения в LabVIEW)*. Еще более подробную информацию по различным входным и выходным параметрам этих функций (виртуальных приборов) Вы можете найти в справочной системе *LabVIEW Help*.

Преобразования масштаба с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW

Названия типов тензодатчиков, приведенные в разделе 4, *Принцип действия*: *Quarter-Bridge Type I* (рисунок 4-3), *Quarter-BridgeType II* (рисунок 4-5), *Half-Bridge Type I* (рисунок 4-7), *Half-Bridge Type II* (рисунок 4-9), *Full-Bridge Type I* (рисунок 4-11), *Full-Bridge Type II* (рисунок 4-13), *Full-Bridge Type III* (рисунок 4-15) однозначно соответствуют вариантам выбора типа моста в MAX и в виртуальном приборе `Convert Strain Gauge Reading` в LabVIEW, который находится в субпалитре **Data Acquisition»Signal Conditioning**. При использовании этого виртуального прибора подайте результат измерений на вход $\mathbf{V_{SG}}$, начальный результат измерений при отсутствии деформации – на $\mathbf{V_{init}}$ и напряжение питания – на $\mathbf{V_{EX}}$.

При измерении деформации для выполнения коррекции смещения нуля, калибровки и правильного масштабирования результатов измерений Вы можете использовать тензометрический виртуальный канал в Traditional NI-DAQ, который нельзя использовать при измерении с помощью любых других мостовых датчиков, в том числе, динамометров, датчиков давления, датчиков момента, поскольку результаты измерений должны отображаться в соответствующих единицах, а тензометрический виртуальный канал возвращает результаты измерений в единицах деформации $\varepsilon \cdot 10^{-6}$. Для изменения масштабирования Вам необходимо либо использовать виртуальный канал измерения аналогового напряжения со своим масштабированием, сконфигурированным в MAX, либо осуществлять масштабирование с помощью строк SCXI каналов в LabVIEW.

Строки SCXI каналов позволяют Вам легко преобразовывать результаты измерения напряжения с помощью SCXI-1520 в нужные Вам единицы, например, относительные единицы деформации, килограммы (фунты) или ньютоны. В LabVIEW есть несколько стандартных функций преобразования масштаба, например, виртуальный прибор `Convert Strain Gauge Reading` в функциональной субпалитре **Data Acquisition»Analog Input»Signal Conditioning**.

Также для преобразования результатов измерения напряжения в интересующие Вас единицы измерения Вы можете использовать блоки `Expression Node` (Выражение) и `Formula Node` (Формула). Блок `Expression Node` находится в субпалитре **Numeric**, а блок `Formula`

Node – в субпалитре **Analyze»Mathematics»Formula**. За более подробной информацией по этим блокам обратитесь к руководству *LabVIEW User Manual* (LabVIEW – руководство пользователя). Еще более подробную информацию по выполнению с помощью этих блоков математических вычислений, в том числе масштабных преобразований, Вы можете найти в справочной системе *LabVIEW Help*.

Обработка и отображение данных с помощью Traditional NI-DAQ в LabVIEW

В LabVIEW Вы можете безо всяких затруднений обрабатывать полученные с помощью SCXI-1520 результаты измерений с использованием мощных виртуальных приборов для обработки данных, которые находятся в субпалитрах **Analyze»Waveform Conditioning** и **Analyze»Signal Processing**. С помощью данных виртуальных приборов после выполнения измерений Вы можете осуществлять сравнение, спектральный анализ и цифровую фильтрацию сигналов. За более подробной информацией по этим приборам обратитесь к руководству *LabVIEW Analysis Concepts* (LabVIEW – основы анализа данных). Еще более подробную информацию Вы можете узнать в справочной системе *LabVIEW Help*.

В LabVIEW Вы можете легко отображать результаты измерений, полученные с помощью SCXI-1520, на графиках, стрелочных индикаторах и т.д. Для удобства взаимодействия пользователя с Вашим приложением в субпалитрах органов управления имеется ряд полезных органов управления и индикаторов, более подробную информацию о которых можно узнать в руководстве *LabVIEW User Manual* (LabVIEW – руководство пользователя). Еще более подробную информацию по использованию графических органов управления и индикаторов можно найти в справочной системе *LabVIEW Help*.

Traditional NI-DAQ в средах разработки приложений на основе текстовых языков программирования

При разработке приложения для испытаний и измерений часто оказываются полезными среды разработки приложений на основе текстовых языков программирования типа LabWindows/CVI, Measurement Studio (язык программирования Microsoft Visual Basic), Measurement Studio (язык программирования Microsoft Visual C++), в которых есть удобные библиотеки функций сбора, обработки, регистрации и отображения данных в графическом формате. Более подробные сведения об этих функциях содержатся в руководстве пользователя для соответствующей среды разработки приложений.

Функции сбора данных высокого уровня в LabWindows/CVI и Measurement Studio позволяют Вам без особых затруднений работать с виртуальными каналами, сконфигурированными в MAX, что упрощает конфигурирование и программирование систем сбора данных. Тем не менее, некоторые из более продвинутых свойств модуля SCXI-1520 оказываются недоступными через такой простой графический API-интерфейс. Для доступа к ним и обеспечения больших возможностей программной настройки атрибутов

следует использовать функции сбора данных (DAQ-функции) низкого уровня, которые есть в библиотеке Traditional NI-DAQ C API. Чтобы узнать более подробную информацию о библиотеках функций сбора данных высокого уровня, обратитесь к руководству пользователя среды разработки приложений от National Instruments, в которой Вы работаете.

При разработке более сложных приложений для SCXI-1520 или при использовании среды разработки приложений от другого производителя, а не National Instruments, вы можете вызывать Traditional NI-DAQ C API функции из динамически подсоединяемой библиотеки DAQ-драйвера (dll файл). В параграфе *DAQ-функции низкого уровня* приведена последовательность действий по программированию измерительных задач путем вызовов DAQ-функций низкого уровня. При использовании LabWindows/CVI или Measurement Studio Вы также можете писать сложные приложения на основе рекомендаций по применению тех же DAQ-функций низкого уровня.

DAQ-функции низкого уровня

Примечания: NI рекомендует начинающим пользователям модуля SCXI-1520 использовать библиотеку NI-DAQmx API вместо Traditional NI-DAQ C API, поскольку NI-DAQmx является драйвером сбора данных второго поколения, который оптимизирован для удобной работы и повышенной производительности.

Вы можете найти полноценный пример программы коррекции нуля и калибровки SCXI-1520 с помощью функций Traditional NI-DAQ C API на сайте `ni.com/info`, используя код доступа `rdscaq`. Примите его за основу при разработке Вашего приложения.

Вы можете разработать Ваше приложение для модуля SCXI-1520 на основе блок-схемы типового алгоритма коррекции смещения нуля и калибровки, приведенной на рисунке 5-5, которая состоит из следующих основных шагов:

1. Конфигурирование настроек системы для выполнения коррекции смещения нуля.
2. Выполнение коррекции смещения нуля.
3. Конфигурирование настроек для выполнения калибровки с помощью шунта.
4. Выполнение калибровки.
5. Конфигурирование настроек для измерений.
6. Выполнение измерений.
7. Преобразование масштаба
8. Обработка и отображение результатов измерений
9. Завершение измерений

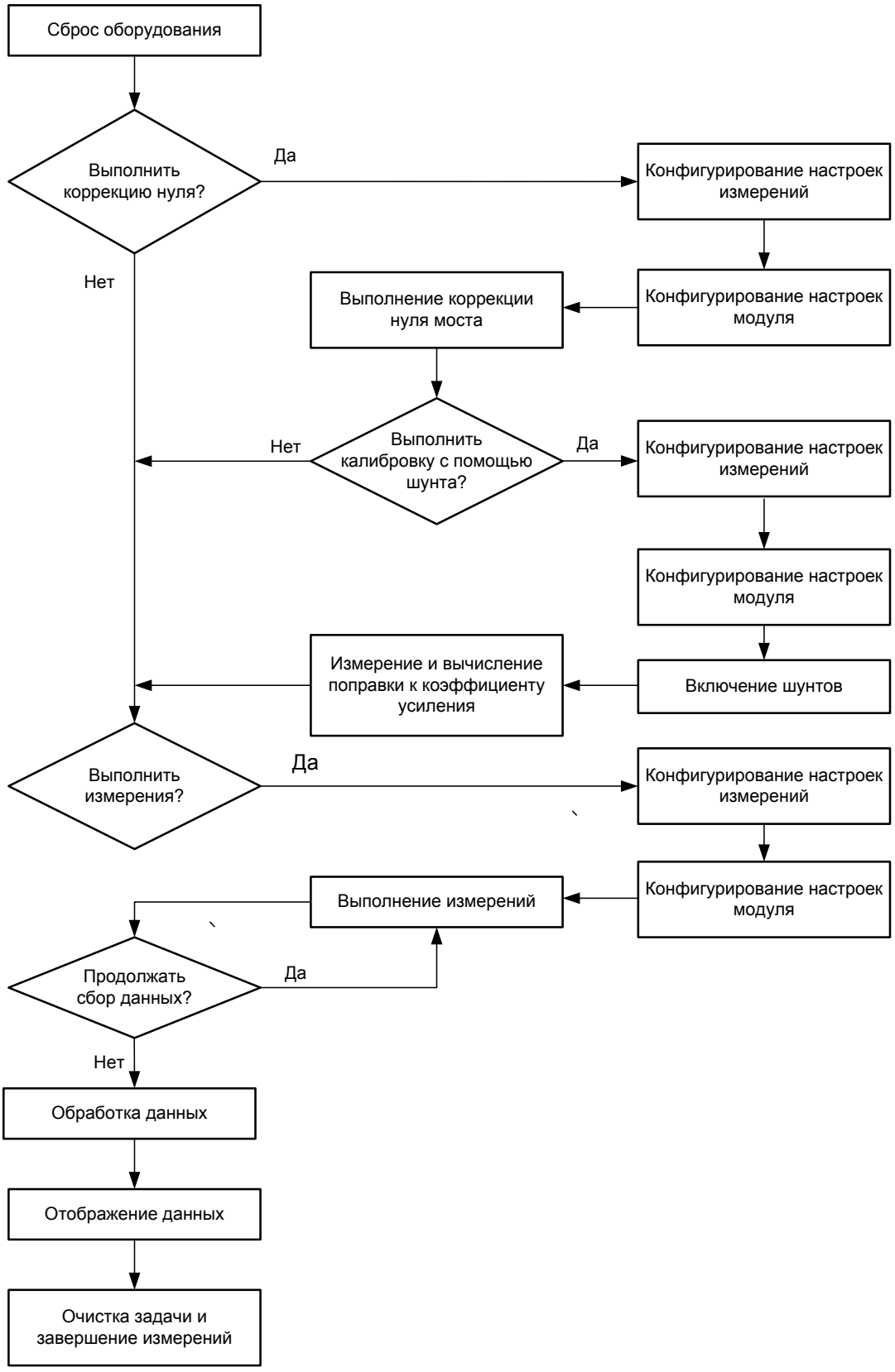


Рисунок 5-5. Блок-схема типового алгоритма коррекции нуля и калибровки

Конфигурирование системных настроек с помощью Traditional NI-DAQ C API

Конфигурация режима сбора данных следует начинать с проверки того, находятся ли модуль SCXI-1520 и SCXI шасси в своих состояниях по умолчанию (исходных состояниях), а также соответствует ли конфигурация программного драйвера имеющейся конфигурации аппаратных средств. После приведения аппаратных средств и программного обеспечения в исходное состояние, Вы можете изменять любые настройки модуля. С помощью функций, приведенных в таблице 5-5, также следует настроить параметры сбора данных. Дополнительную информацию по каждой функции, включая прототипы, параметры, указания по применению, Вы можете найти в справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая по умолчанию доступна в меню **Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ**.

Таблица 5-5. Функции для конфигурирования SCXI модуля и шасси

Функция	Описание
SCXI_Reset	Сбрасывает оборудование, например, отдельный модуль, в исходное состояние. Также может использоваться для сброса схемы мультиплексирования, находящейся в слоте 0 (Slot 0) SCXI шасси, а также для сброса всего шасси. В исходном состоянии модуль SCXI-1520 имеет следующие параметры режима работы: • Конфигурация каналов для подключения полного моста. • Коэффициент усиления: 1.0 • Частота среза ФНЧ: 10 Гц • Напряжение питания моста: 0 В • Шунты отключены (ключи разомкнуты) • Потенциометры находятся в среднем положении
SCXI_Load_Config	Загружает конфигурацию SCXI шасси, сделанную в MAX. Загружает параметры в программу настройки шасси и модулей, которые находятся в исходном состоянии. Эта функция не изменяет состояния аппаратных средств модулей и шасси. Конфигурацию, сделанную в MAX, можно изменить с помощью функции SCXI_Set_Config.
SCXI_Track_Hold_Setup	Настраивает режим работы УВХ модуля, который поддерживает СВХ. Устанавливает модуль либо в режим одноканального сбора данных, или в режим интервального сканирования каналов.
SCXI_SCAN_Setup	Приводит схему мультиплексирования в исходное состояние, в том числе, сохраняет таблицу последовательности опроса каналов и настроек коэффициента усиления для каждого канала (только для устройств, поддерживающих многоканальный ввод-вывод и аналоговый ввод). В последовательности опрашиваемых каналов не должно быть повторяющихся каналов, или каналов, расположенных не по порядку.
SCXI_MuxCtr_Setup	Настраивает правильное количество каналов, опрашиваемых за один цикл мультиплексирования для DAQ-устройства E серии, которое должно совпадать с общим числом каналов, запрограммированных с помощью функции SCXI_SCAN_Setup.

Примечание: NI настоятельно рекомендует контролировать статус ошибок каждой функции NI-DAQ с помощью встроенных средств. В библиотеке NI-DAQ C API есть функция NIDAQErrorHandler, которая контролирует правильность исполнения какой-либо функции NI-DAQ и, в случае

возникновения ошибок, выдает соответствующие сообщения и отчеты.

Конфигурирование настроек модуля с помощью Traditional NI-DAQ C API

После настройки оборудования для режима сбора данных Вам необходимо установить различные атрибуты канала, такие как полоса пропускания фильтра, коэффициент усиления, конфигурация моста, напряжение питания с помощью вызовов функций, приведенных в таблице 5-6. За более подробной информацией по каждому атрибуту обратитесь к справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая по умолчанию доступна в меню **Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ**.

Таблица 5-6. Функции NI-DAQ, используемые для конфигурирования модуля SCXI-1520

Атрибут канала	Функция NI-DAQ	Основные параметры (тип данных и имя)	Возможные значения параметров
Коэффициент усиления	SCXI_Set_Gain	f64[1] gain (коэффициент усиления)	1, 1.15, 1.3, 1.5, 1.8, 2, 2.2, 2.4, 2.7, 3.1, 3.6, 4.2, 5.6, 6.5, 7.5, 8.7, 10, 11.5, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 27, 31, 36, 42, 56, 65, 75, 87, 100, 115, 130, 150, 180, 200, 220, 240, 270, 310, 360, 420, 560, 650, 750, 870, 1000
Полоса пропускания	SCXI_Configure_ Filter	i16[2] fiterMode (конфигурация фильтра) f64[1] freq (Частота среза, если filterMode = 1)	0 – Фильтр игнорируется 1 – Устанавливается одно из значений частоты среза (Гц): 10.0, 100.0, 1000.0, 10000.0
Напряжение питания	SCXI_Set_Excitation	i16[2] exitationType (род напряжения) f32[3] excitationValue (уровень напряжения питания)	2 – постоянное напряжение (В) 0, 0.625, 1.25, 1.875, 2.5, 3.125, 3.75, 4.375, 5.0, 5.625, 6.25, 6.875, 7.5, 8.125, 8.75, 9.375, 10.0
Конфигурация моста	SCXI_Confugure_ Connection	i16[2] conncectionType (тип датчика на входе канала)	4 – 1/4 моста 5 – 1/2 моста 6 – Полный мост
Калибровка	SCXI_Calibrate_ Setup	i16[2] CalOp (режим калибровки)	0 – шунты отключены 4 – шунт A подключен ко всем каналам 5 – шунт B подключен ко всем каналам

[1]f64 – вещественный тип данных (64 бита)
[2] i16 – целочисленный тип данных (16 бит)
[3]f32 – вещественный тип данных (32 бита)

Коррекция смещения нуля с помощью Traditional NI-DAQ C API

После конфигурирования системных настроек и свойств модуля можно выполнить программную коррекцию смещения нуля путем вызова функции `SCXI_Strain_Null`. Эта функция минимизирует или полностью устраняет любое электрическое смещение нуля в канале путем выполнения измерений и регулировки грубого и точного потенциометров. Вы можете повторить этот процесс для каждого канала, осуществляя вызов функции `SCXI_Strain_Null` в цикле. Также Вы можете использовать остаточное смещение нуля в качестве поправки, которая будет вычитаться из каждого последующего результата измерений. Более подробную информацию, касающуюся работы функции `SCXI_Strain_Null`, Вы можете найти в справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая по умолчанию доступна через меню на панели задач операционной системы Windows **Пуск»Программы»National Instruments»NI_DAQ**.

Калибровка с помощью Traditional NI-DAQ C API

После коррекции смещения нуля можно выполнить программную калибровку с помощью шунта. Процесс калибровки описан в параграфе *Калибровка с помощью шунта* раздела 4, *Принцип действия*. Параметру `CalOp` функции `SCXI_Calibrate_Setup` присваивается значение 4 для включения шунта SCA, значение 5 для включения шунта SCB и значение 0 для отключения обоих шунтов. После включения шунта параллельно элементу мостового датчика подождите, пока напряжение установится, затем заполните буфер отсчетами измерений и усредните их. Определите, какое должно быть результирующее смещение напряжения. Вычислите поправку коэффициента усиления путем деления расчетного выходного напряжения на измеренное выходное напряжение и затем умножайте на эту поправку каждый полученный далее результат измерений. Не забудьте отключить шунты перед продолжением работы приложения. Более подробную информацию о функции `SCXI_Calibrate_Setup` Вы можете найти в справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая доступна по умолчанию через меню на панели задач рабочего стола Windows **Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ**.

Выполнение измерений с помощью Traditional NI-DAQ C API

Для выполнения измерений в NI-DAQ есть несколько функций, наиболее предпочтительной из которых является функция `SCAN_Op`, которая выполняет синхронный мультиплексированный сбор данных, т.е. берет по нескольку отсчетов с нескольких каналов. Эта функция ничего не возвращает до тех пор, пока драйвер Traditional DAQ не считает все данные или в процессе сбора данных не возникнет ошибка (только для устройств многофункционального ввода-вывода (MIO), аналогового ввода (AI), динамических анализаторов сигналов (DSA)). В связи с этим иногда следует использовать функцию `SCAN_Op` совместно с функцией `Timeout_Config`, которая устанавливает таймаут, по истечении которого функция `SCAN_Op` обязательно должна вернуть управление Вашему

приложению. Данные, полученные с использованием функции SCAN_Op, необходимо демультиплексировать с помощью функции SCAN_Demux, поскольку они не распределены по каналам. Демультиплексированные данные распределяются по строкам массива таким образом, чтобы в каждой строке содержались данные из одного канала. Это облегчает доступ данных из программ, написанных на языке C. В программах, написанных на языке BASIC, не требуется вызывать функцию SCAN_Demux, поскольку данные из соответствующих каналов распределены по столбцам двумерного массива. Более подробную информацию по каждой функции сбора данных Вы можете найти в справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая доступна по умолчанию через меню на панели задач рабочего стола Windows **Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ**.

Масштабирование, обработка и отображение данных

В большинстве приложений для обеспечения требуемой точности, масштабирования измеренного напряжения, обработки и отображения данных в графическом формате исходные результаты измерения напряжения, полученные в процессе сбора данных, требуется скорректировать с помощью калибровочных констант.

В ЭСППЗУ (EEPROM) модуля SCXI-1520 хранятся калибровочные константы, которые используются для получения абсолютной погрешности измерений в пределах допустимых значений, указанных в спецификациях. Функция SCXI_Scale преобразует массив двоичных данных, полученных с SCXI канала, в напряжение с помощью калибровочных констант. Если у Вас мультиплексируются несколько каналов, перед вызовом функции SCXI_Scale обязательно должен быть вызов SCXI_Demux. Более подробную информацию по функции SCXI_Scale Вы можете найти в справке *Traditional NI-DAQ Function Reference Help*, которая доступна по умолчанию через меню на панели задач рабочего стола Windows **Пуск»Программы»National Instruments»NI-DAQ**.

После корректировки результатов измерений с помощью соответствующих калибровочных констант с помощью функции SCXI_Scale Вы можете вызвать функцию преобразования одного значения напряжения или массива (буфера) значений напряжений от тензодатчика в единицы деформации из NI библиотеки преобразования данных convert.h. Среды разработки приложений от National Instruments имеют множество мощных функций обработки данных, которые осуществляют цифровую фильтрацию, анализ спектра, усреднение и выполнение математических операций над измерительными сигналами в комплексной форме.

После масштабирования и обработки результаты измерений можно отображать несколькими способами, в том числе с помощью любых встроенных графических GUI-функций в Вашей среде разработки приложений. Для отображения данных системы проектирования от National Instruments предоставляют множество графических органов управления и индикаторов, включая диаграммы, графики, стрелочные индикаторы и т.д. Для генерации простого графика существует функция

NIDAQPlotWaveForm, прототип которой находится в заголовочном файле nidaqex.h.

Другая документация и материалы по приложениям

Для получения подробной информации о программировании SCXI модулей, работающих в режиме мультиплексирования, обратитесь к руководствам пользователя среды разработки и примерам использования DAQ-устройства для измерений аналоговых сигналов.

Примеры Traditional NI-DAQ в среде CVI

NI-DAQ поставляется с большим количеством примеров программ. Дополнительную информацию с примерами создания задач и каналов можно найти в библиотеке примеров, которая, по умолчанию, инсталлируется в папку C:\Program Files\NationalInstruments\CVI 7.0\Samples. Еще больше примеров находятся в папке C:\Program Files\NationalInstruments\NI-DAQ\Examples.

Примеры Traditional NI-DAQ в среде Measurement Studio

NI-DAQ поставляется с большим количеством примеров программ. Получить дополнительную информацию с примерами создания задач и каналов можно найти в библиотеке примеров, которая, по умолчанию, инсталлируется в папку C:\Program Files\NationalInstruments\Measurement Studio 7.0\Samples. Еще больше примеров находятся в папке C:\Program Files\NationalInstruments\NI-DAQ\Examples.

Калибровка тензометрической системы

Контроль погрешности тензометрической системы осуществляется путем калибровки самого модуля SCXI-1520 и калибровки всей системы.

Калибровка модуля обеспечивает допустимую погрешность, указанную в характеристиках модуля. Калибровка всей системы включает в себя устранение факторов, из-за которых возникает погрешность измерений, и контроль погрешности тензометрического элемента путем калибровки с помощью шунта.

Калибровка модуля SCXI-1520

Модуль SCXI-1520 поставляется с сертификатом о калибровке, выполненной на заводе-изготовителе в соответствии со спецификациями, приведенными в приложении A, *Технические характеристики*. Калибровочные константы, которые хранятся в специальном ЭСППЗУ

(EEPROM), позволяют программным путем корректировать аддитивную погрешность (offset) измерений.

Чтобы достичь наивысшей точности измерений, необходимо периодически выполнять внутреннюю калибровку, которую можно запустить с помощью программного обеспечения от National Instruments.

Более подробную информацию по калибровке SCXI-1520 можно скачать с сайта `ni.com/calibration` по ссылке *SCXI-1520 Calibration Procedure*.

Внутренняя калибровка

Внутри модуля SCXI-1520 есть возможность подсоединения входов измерительных каналов к общему проводу (к земле) или к внутреннему источнику образцового напряжения (ИОН). В процессе внутренней калибровки под управлением программного обеспечения от National Instruments входы каналов отсоединяются от разъема на лицевой панели и присоединяются либо к общему проводу, либо к ИОН, причем у Вас нет необходимости изменять какие-либо подключения на входах каналов.

Внутренняя калибровка с помощью LabVIEW

Примечание: Перед началом внутренней калибровки SCXI-1520 производитель (NI) рекомендует откалибровать DAQ-устройство.

Для внутренней калибровки с помощью виртуального прибора SCXI Calibrate в LabVIEW, который находится в субпалитре **NI Measurements»Data Acquisition»Calibration and Configuration**, выполните следующие действия:

1. Для канала, который Вы собираетесь калибровать, введите строку канала SCXI модуля и идентификатор DAQ-устройства.
2. В качестве вида калибровки выберите **internal calibration** (внутренняя калибровка).

Программный драйвер выполняет калибровку за несколько секунд, по окончании которой сохраняются новые калибровочные константы для всех настроек коэффициента усиления. Процедуру калибровки необходимо повторить для других каналов модуля.

Внутренняя калибровка с помощью среды разработки приложений на основе языка программирования C

Для внутренней калибровки путем вызова NI-DAQ функции `SCXI_Calibrate` из среды разработки приложений на основе языка программирования C выполните следующие действия:

1. Введите идентификаторы DAQ-устройства, DAQ-канала, слота шасси, в который вставлен модуль и канала модуля.

2. В качестве вида калибровки выберите **internal calibration (0)** (внутренняя калибровка).

Калибровка модуля SCXI-1520 выполняется в течение нескольких секунд, по окончании чего сохраняются новые калибровочные константы для всех настроек коэффициента усиления. Процедуру калибровки необходимо повторить для других каналов модуля.

Внешняя калибровка

Инструкции по выполнению внешней калибровки модуля SCXI-1520 приведены в документе *SCXI-1520 Calibration Procedure,* который можно скачать с сайта `ni.com/calibration` по ссылке **Manual Calibration Procedures.** NI рекомендует выполнять калибровку от внешнего источника один раз в год.

Калибровка системы

Для повышения точности Вам следует выполнить коррекцию смещения нуля или калибровку измерительных преобразователей с помощью шунта. Эти операции включает в себя калибровка всей системы, т.е. всего измерительного тракта.

Коррекция смещения нуля

Коррекция смещения нуля убирает смещение нуля для всей измерительной системы, которое обусловлено несовершенством тензодатчика, смещением нуля в электрической части измерительной системы, сопротивлением линий и т.д. Чтобы узнать о том, как выполнить коррекцию смещения нуля, обратитесь к параграфу *Коррекция смещения нуля* раздела 4, *Принцип действия*.

Калибровка с помощью шунта

Калибровка с помощью шунта устраняет мультипликативные погрешности, возникающие в измерительной системе, которые обусловлены несовершенством датчиков, неправильным коэффициентом тензочувствительности, температурными флюктуациями и т.д. Чтобы узнать о том, как выполнить калибровку с помощью шунта, обратитесь к параграфу *Калибровка с помощью шунта* раздела 4, *Принцип действия*.

A

Приложение A. Технические характеристики

В этом приложении приведены типовые характеристики модулей SCXI-1520 при температуре окружающей среды 25 °C, если не оговорены иные условия.

Аналоговый ввод

Количество каналов……	8
Коэффициенты усиления по напряжению	от 1 до 1000: 1; 1.15; 1.3; 1.5; 1.8; 2; 2.2; 2.4; 2.7; 3.1; 3.6; 4.2; 5.6; 6.5; 7.5; 8.7; 10; 11.5; 13; 15; 18; 20; 22; 24; 27; 31; 36; 42; 56; 65; 75; 87; 100; 115; 130; 150; 180; 200; 220; 240; 270; 310; 360; 420; 560; 650; 750; 870; 1000
Открытый вход	На вход поступает как постоянная, так и переменная составляющие измеряемого сигнала
Предельные уровни напряжения	
При включенном питании…….	±35 В
При отключенном питании……..	±25 В
Защищенные входы……	<0..7>

Передаточные характеристики

Погрешность нелинейности…….. не более 0.02% (приведенная)

Мультипликативная погрешность (погрешность коэффициента усиления)

относительно значения, полученного путем калибровки с помощью шунта…….	0.35% (макс.)
относительно значения напряжения, возвращаемого программным драйвером……..	0.1%

Аддитивная погрешность (Погрешность смещения)

$K_y \geq 20$	150 мкВ (макс.)
$K_y < 20$	3 мВ (макс.)

Таблица погрешностей измерения напряжения

Номинальный диапазон[1]	Полный коэффициент усиления[1]	Относительная погрешность[1]	Аддитивная погрешность[1]	Пиковый уровень собственного шума системы (по правилу трех сигма)[1]		Температурный дрейф	
				Один отсчет	Усреднение по 100 отсчетам	Мультипликативный (%/°C)	Аддитивный (мкВ/°C)
±10.0 В	1.0	±0.1	±3.0 мВ	10.0 мВ	1.0 мВ	±0.03	±25
±5.0В	2.0	±0.1	±1.5 мВ	5.0 мВ	0.5 мВ	±0.03	±25
±1.8 В	4.2	±0.1	±0.5 мВ	2.0 мВ	0.2 мВ	±0.03	±25
±1.0 В	10.0	±0.1	±0.3 мВ	1.0 мВ	0.1 мВ	±0.03	±25
±500.0 мВ	20.0	±0.1	±150.0 мкВ	0.5 мВ	50.0 мкВ	±0.03	±5
±180.0мВ	42.0	±0.1	±75.0 мкВ	0.2 мВ	20.0 мкВ	±0.03	±5
±100.0 мВ	100.0	±0.1	±50.0 мкВ	100.0 мкВ	10.0 мкВ	±0.03	±5
±50.0 мВ	200.0	±0.1	±50.0 мкВ	50.0 мкВ	5.0 мкВ	±0.03	±5
±18.0 мВ	420.0	±0.1	±50.0 мкВ	20.0 мкВ	2.0 мкВ	±0.03	±5
±10.0 мВ	1000.0	±0.1	±50.0 мкВ	20.0 мкВ	2.0 мкВ	±0.03	±5

[1] Абсолютная погрешность приведена для диапазона температур окружающей среды от 15 до 35 °C и вычисляется по формуле:

$$\Delta = U_{изм} \cdot \delta + \Delta_a + 3\sigma,$$

где $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения, $\delta,\%$ – относительная погрешность измерения напряжения, Δ_a – аддитивная составляющая погрешности, σ – среднеквадратическое отклонение (СКО) шума.

Составляющая погрешности, которую необходимо прибавить к вышеприведенной погрешности при наличии температурного дрейфа за пределами диапазона температур от 15 до 35 °C, вычисляется по формуле:

$$\Delta_T = \Delta T \cdot \delta_K \cdot U_{\max} \cdot \Delta T \cdot \Delta_{др},$$

ΔT – наименьшая из разностей температур между температурой модуля и значением 15 °C и между температурой модуля и значением 35 °C, δ_K – дрейф коэффициента усиления, $U_{\max}$ – диапазон измеряемых напряжений, $\Delta_{др}$ – дрейф нуля. Данные получены для полосы пропускания ФНЧ 10 Гц, частоте дискретизации 200 $с^{-1}$ при усреднении по 100 отсчетам, напряжение питания 0 В. Чтобы вычислить абсолютную погрешность для модуля SCXI-1520, зайдите на сайт `ni.com/accuracy`.

Таблица погрешностей измерения деформации при чувствительности тензодатчика 2.0 и напряжении питания 5 В

Тип моста	Диапазон ($\mu\varepsilon \cdot 10^3$)	Коэффициент усиления	Относительная погрешность[1]	Диапазон, в котором выполняется коррекция нуля ($\mu\varepsilon \cdot 10^3$)	Пиковый уровень собственного шум системы (по правилу трех сигма)[1]		Температурный дрейф	
					Один отсчет (ε)	Усреднение по 100 отсчетам	Мультипликативный (%/°C)	Аддитивный (με/°C)
1/4	±0.04000	100	±0.1	±0.08	$\pm 40 \cdot 10^{-6}$	$\pm 4 \cdot 10^{-6}$	±0.03	±80
	± 0.00700	560	±0.1	±0.08	$\pm 7 \cdot 10^{-6}$	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$	±0.03	±16
	± 0.00400	1000	±0.1	±0.08	$\pm 4 \cdot 10^{-6}$	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$	±0.03	±8
1/2	±0.00250	1000	±0.1	±0.04	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$	$\pm 0.5 \cdot 10^{-6}$	±0.03	±4
1/1[2]	±0.00125	1000	±0.1	±0.02	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$	$\pm 0.2 \cdot 10^{-6}$	±0.03	±2

[1] Абсолютная погрешность приведена для диапазона температур окружающей среды от 15 до 35 °C и вычисляется по формуле:

$$\Delta = U_{изм} \cdot \delta + \Delta_a + 3\sigma,$$

где $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения, $\delta, \%$ – относительная погрешность измерения напряжения, Δ_a – аддитивная составляющая погрешности, σ – среднеквадратическое отклонение (СКО) шума.

Составляющая погрешности, которую необходимо прибавить к вышеприведенной погрешности при наличии температурного дрейфа за пределами диапазона температур от 15 до 35 °C вычисляется по формуле:

$$\Delta_T = \Delta T \cdot \delta_K \cdot U_{\max} \cdot \Delta T \cdot \Delta_{др},$$

ΔT – наименьшая из разностей температур между температурой модуля и значением 15 °C и между температурой модуля и значением 35 °C, δ_K – дрейф коэффициента усиления, $U_{\max}$ – диапазон измеряемых напряжений, $\Delta_{др}$ – дрейф нуля. Данные получены для полосы пропускания ФНЧ 10 Гц, частоте дискретизации 200 $с^{-1}$ при усреднении по 100 отсчетам, напряжение питания 0 В. Чтобы вычислить абсолютную погрешность для модуля SCXI-1520, зайдите на сайт `ni.com/accuracy`.

[2] Полный мост.

Характеристики усилителя

Входное сопротивление (на постоянном токе)	
Питание включено……	> 1 ГОм
Питание отключено……..	5.8 кОм (мин.)
Разность входных токов……..	±20 нА (макс.)
Входной ток смещения……	±20 нА (макс.)
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (от 0 до 60 Гц, полный мост)	
$K_y \geq 20$	>85 дБ
$K_y < 20$	>60 дБ

Динамические характеристики

Минимальный интервал дискретизации (на 1 канал при любом K_y в режиме мультиплексирования)

Погрешность ±0.0125%……...	3 мкс
Погрешность ±0.006%…….	10 мкс
Погрешность ±0.0015%……	20 мкс
Уровень собственного шума (K_y=200, диапазон частот от 0.1 до 10 Гц)…….	$2 \cdot 10^{-6} \cdot V_{pp}$ (V_{pp} – размах амплитуд)
Плотность собственного шума на частоте 1000 Гц (K_y=200)…….	16 нВ/$\sqrt{\text{Гц}}$

Фильтр

Тип ФНЧ……..	Баттерворта 4-го порядка (спад 24 дБ/октава)
Частота среза ФНЧ	10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, или фильтр отключен
Полоса пропускания при отключенном ФНЧ……..	20 кГц (по уровню -3 дБ)

Синхронная выборка и хранение

Время измерения в зависимости от погрешности

Установка сигнала с погрешностью	Время измерения
0.012 %	7 мкс
0.003%	10 мкс
0.0015%	50 мкс

Время установления режима хранения	1 мкс (ном.)
Межканальная рассинхронизация	200 нс (ном.)
Межмодульная рассинхронизация	200 нс (ном.)
Скорость спада	30 мВ/с (ном.), 100 мВ/с (макс.)

Нестабильность

Время прогрева	15 мин (рекомендуемое)
Температурный дрейф $К_у$	±40 ppm/°C (макс.), где 1 ppm=0.0001%
Температурный дрейф нуля	
$К_у \geq 20$	±2 мкВ/°C (ном.), ±5 мкВ/°C (макс.)
$К_у < 20$	±10 мкВ/°C (ном.), ±25 мкВ/°C (макс.)

Характеристики коррекции смещения нуля

Диапазон	±4% напряжения питания, 20000 единиц разрешения (диапазон коррекции смещения нуля ±0.08 относительных единиц деформации, разрешение $4 \cdot 10^{-6}$ единиц деформации для 1/4 моста с коэффициентом тензочувствительности 2.0)

Характеристики питания

Тип…….	Постоянное напряжение
Диапазон напряжений……..	от 0.0 до 10.0 В
	с шагом 0.625 В
Погрешность……	±20 мВ
	±0.3% от номинала
	±0.1% от уровня, возвращаемого программным драйвером
Максимальный рабочий ток на всех диапазонах……..	29 мА
Защита от короткого замыкания….	Есть
Отклонение при изменении нагрузки от ∞ (холостой ход) до 120 Ом	
С использованием удаленного подключения……..	±0.003%
Без удаленного подключения	±0.08%
Температурный дрейф……	±0.005%/°C,
	±30 мкВ/°C (макс.)
Уровень шума (в диапазоне частот от 0 до 10 кГц)……	0.0002·В, (размах)
С удаленным подключением	Погрешность <0.02% на 1 Ом сопротивления линий (обеих линий)
Защита……..	От перенапряжения, параллельно зажимам источника питания, шунт на землю

Дополнение моста

1/2 моста……..	Два прецизионных резистора по 5 кОм (разброс 0.1%)
1/4 моста …….	Резистор, присоединенный к гнездам внутри коннекторного блока SCXI-1314

Примечание: Дополнение 1/2 моста выполнено внутри модуля и конфигурируется программным путем. Резистор, дополняющий 1/4 моста, подсоединен к гнездам внутри SCXI-1314. Сопротивления поставляемых с блоком SCXI-1314 резисторов типа RN-55 (0.25 Вт) равны 120 Ом и 350 Ом (по умолчанию). Они имеют допуск ±0.1% и максимальный температурный коэффициент сопротивления (ТКС) 10 ppm/°C.

Характеристики калибровки

Тип…….	По двум независимым точкам
Резистор……	включен в гнезда внутри коннекторного блока SCXI-1314
Сопротивление ключа…….	32 Ом (ном.)
	50 Ом (макс.)
Утечки ключа в разомкнутом состоянии	<1 нА
Напряжение пробоя ключа	±60 В (пост. ток)

Примечание: Калибровочные резисторы (шунты) находятся внутри коннекторного блока SCXI-1314, и они присоединены к соответствующим гнездам. Вместе с блоком SCXI-1314 поставляются резисторы 100 кОм типа RN-55 (0.125 Вт) с допуском ±0.1% и максимальным ТКС 10 ppm/°C.

Энергопотребление

Потребляемый ток от источника положительного напряжения от 18.5 до 25 В (пост. ток)	+170 мА (макс.)
Потребляемый ток от источника отрицательного напряжения от –18.5 до –25 В (пост. ток)	–170 мА (макс.)
Потребляемый ток от источника положительного напряжения от +4.75 до +5.25 В (пост. ток)	+50 мА (макс.)

Массогабаритные характеристики

Габаритные размеры……	3.0 × 17.2 × 20.3 см
Масса…….	750 г

Предельное рабочее напряжение

Максимальное рабочее напряжение, которое складывается из напряжения входного сигнала и напряжения синфазной помехи.

Канал-земля…….……	Напряжение на каком-либо из входов S*X*+ и S*X*– должно оставаться в пределах ±10 В относительно земли. Разность напряжений на этих входах также должна не выходить за пределы ±10 В (Категория измерений I)
Канал-канал…….……	Напряжение на каком-либо из входов S*X*+ и S*X*– должно оставаться в пределах ±10 В относительно земли. Разность напряжений на этих входах также должна не выходить за пределы ±10 В (Категория измерений I)

Внимание! Не используйте модуль SCXI-1520 для измерений категорий II, III, IV.

Условия эксплуатации

Рабочий диапазон температур…….	от 0 до 50 °C
Диапазон температур хранения…..	от -20 до 70 °C
Относительная влажность……...	от 10 до 90% (при отсутствии конденсата)
Максимальная высота над уровнем моря…….……...	2000 м
Степень загрязнения окружающей среды (эксплуатация только в помещении) …….……	2

Требования безопасности

Изделие соответствует требованиям нижеследующих стандартов по электробезопасности лабораторного оборудования для измерений и автоматизации:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

Примечание: Информацию о сертификатах Вы можете найти на товарной этикетке, или в параграфе *Online-сертификация*.

Электромагнитная совместимость

- Изделие соответствует требованиям стандартов по электромагнитной совместимости (ЭМС) электрического лабораторного оборудования для измерений и автоматизации:
- EN 61326 (IEC 61326) (Требования к ЭМС, Класс A; Минимальные требования к помехозащищенности)
- EN 55011 (CISPR 11) (Допустимый уровень излучений; Группа 1; Класс A)
- AS/NZS CISPR 11 (Допустимый уровень излучений; Группа 1; Класс A)
- Требования к уровню излучений Федеральной комиссии связи (FCC 47 CFR) США (Часть 15B); Класс A
- Требования к уровню излучений Международного совета по исследованию моря (ICES-001); Класс A

Примечание: Информацию о стандартах ЭМС применительно к данному изделию Вы можете найти в параграфе *Online-сертификация*.

Примечание: Для обеспечения электромагнитной совместимости эксплуатируйте изделие только с экранированными кабелями.

Соответствие требованиям Совета Европы

Изделие соответствует основным требованиям следующих директив CE:

- 2006/95/EC; Директива по безопасности низковольтного оборудования
- 2004/108/EC; Директива по ЭМС

Online-сертификация

Любую дополнительную информацию о совместимости изделия Вы можете узнать из Декларации о соответствии, которую можно найти на сайте `ni.com/certification` по серии и номеру модели, перейдя по соответствующей ссылке в столбце **Certification**.

Охрана окружающей среды

NI разрабатывает и производит продукцию с учетом требований по защите окружающей среды и принимает во внимание, что отказ от использования некоторых опасных веществ при изготовлении изделий полезен как для среды обитания, так и для потребителей.

Дополнительная информация по защите окружающей среды, включая ряд нормативных документов, которые соблюдает NI, а также другие материалы, не включенные в данный документ, находится на сайте `ni.com/environment`.

Утилизация электрического и электронного оборудования

Покупателям из стран ЕС: По окончании жизненного цикла все изделия должны быть направлены в центр утилизации оборудования WEEE. Более подробную информацию о WEEE центрах и инициативах National Instruments Вы можете узнать на Web-странице `ni.com/environment/weee.htm`.

B

Приложение B. Использование строк каналов с Traditional NI-DAQ версии 7.0 и выше

Примечание: Это приложение можно пропустить, если Вы конфигурируете каналы SCXI модуля и проводите измерения с помощью виртуальных каналов, которые настраиваются в утилите MAX. Если Вы работаете с виртуальными каналами, обращение к SCXI каналам осуществляется по именам, которые указываются во входной строке.

Когда Вы разрабатываете программу в LabVIEW, в Measurement Studio или на Visual Basic, строка SCXI каналов задает, какие каналы нужно опрашивать и в какой последовательности. Строка каналов позволяет Вам выполнять измерения в нескольких каналах одного и того же модуля. Массив таких строк позволяет конфигурировать уже несколько модулей. Когда программа запущена на исполнение, информация о конфигурации каналов, содержащаяся в строке, используется для программирования SCXI системы.

Строка каналов имеет следующий формат:

ob*x* ! sc*y* ! md*z* ! *channels*

где

ob*x* – канал DAQ-устройства E серии с номером *x*, на который подается сигнал с мультиплексора SCXI модуля. Если измерительная система состоит из одного шасси, значение *x* равно 0, что соответствует каналу 0 DAQ-устройства E серии. Если система состоит из нескольких шасси или шасси удаленное, то каналу с номером *x* DAQ-устройства соответствует шасси с номером *n-1,* т. е. канал *x* DAQ-устройства используется для опроса n-го шасси системы.

sc*y* – идентификатор шасси с номером *y*, который Вы присваиваете при конфигурировании шасси.

md*z* – номер слота *z*, в котором находится модуль. Слоты в шасси нумеруются слева направо, начиная с 1.

channels – список опрашиваемых каналов модуля, находящегося в слоте с номером *z*. Он может быть представлен в следующих форматах:

- ob***x*** ! sc***y*** ! md***z*** ! ***nx***, где ***nx*** –номер одиночного канала.
- ob***x*** ! sc***y*** ! md***z*** ! (***n0, n2***) , где ***n0, n2*** – номера каналов в произвольной последовательности.
- ob***x*** ! sc***y*** ! md***z*** ! (***n0:n3***) , где ***n0, n3*** – номера первого и последнего каналов в упорядоченной последовательности.
- ob***x*** ! sc***y*** ! md***z*** ! (***n0, n2, n3:n4, n1, n5, n2***) , где ***n0, n2, n5*** – номера отдельных каналов в произвольной последовательности, ***n3, n4*** – номера первого и последнего каналов в упорядоченной последовательности. Здесь номера каналов ***n1, n2*** повторяются специально.

Примечания: Чтобы сканирование каналов происходило правильно, необходимо внимательно расставлять скобки.

В системе, состоящей из одного шасси, описатель ob***x*** ! является необязательным, но, в тоже время, рекомендуемым производителем (NI). Он задает автоматический режим настройки коэффициентов усиления модуля и DAQ-устройства E серии в зависимости от граничных значений входного сигнала. Если этот описатель отсутствует, коэффициент усиления DAQ-устройства обычно принимает наименьшее значение, а коэффициент усиления модуля SCXI-1520 настраивается по граничным значениям входного сигнала.

Повтор каналов или нарушение их последовательности в списке каналов не поддерживается всеми модулями SCXI. Информацию по гибкому или случайному сканированию каналов Вы может найти в руководстве по соответствующему модулю.

Более подробную информацию о строках SCXI каналов Вы можете узнать в руководстве *LabVIEW Measurements Manual* (Измерения в LabVIEW) и из примеров программ, поставляемых с модулем SCXI-1520

Специальные строки каналов для модуля SCXI-1520

Для работы с модулем SCXI-1520 есть две разновидности канальных строк, используемых для измерения сигналов, не имеющих отношение к входам каналов: канальная строка для удаленного датчика и канальная строка для калибровки смещения нуля.

Строка для удаленного датчика

Вы можете сканировать зажимы для подключенного датчика, чтобы контролировать напряжение питания при непрерывном сборе данных с каналов аналогового ввода, что является полезным при измерениях с масштабированием, где на мостовой датчик должно подаваться точно установленное напряжение питания. Для сканирования неинвертирующего

входа n-го канала, к которому подключен удаленный датчик, используйте следующую строку:

```
obx ! scy ! mdz ! p_pos(n)
```

Для сканирования инвертирующего входа n-го канала, к которому подключен удаленный датчик, используйте следующую строку:

```
obx ! scy ! mdz ! p_neg(n)
```

Примечание: Для измерения полного напряжения питания моста необходимо найти разность между `p_pos(n)` и `p_neg(n)`:

$$U_n = U\ \ p_pos\ \ n\ \ - U\ \ p_neg\ \ n$$

Примечание: Если к зажимам для подключения удаленного датчика RS+ и RS– не подключено никаких проводов, измеряемые напряжения соответствуют напряжениям на зажимах источника питания P+ и P–. Между зажимами RS+ и P+, а также RS– и P– внутри модуля включены резисторы 1 кОм.

Строка для калибровки смещения нуля

У модуля SCXI-1520 есть специальная возможность калибровки, которая позволяет под управлением LabVIEW соединить с землей входы усилителя внутри модуля, что позволяет измерить его смещение нуля. В других SCXI модулях аналогового ввода необходимо физически соединять входы усилителя с землей с помощью проводов. Измеренное смещение нуля усилителя относится ко всему тракту прохождения измерительного сигнала, который включает в себя SCXI-модуль и DAQ-устройство E-серии.

Для измерения напряжения на выходе усилителя с заземленным входом используйте стандартный синтаксис строки в массиве SCXI каналов, где идентификатор `calgndz` заменяется номером канала, где *z* – соответствующий SCXI канал, который требуется заземлить.

Например, для измерения сигнала в заземленном канале 0 модуля, который находится в слоте 1 SCXI шасси, используйте строку:

```
ob0 ! sc1 ! md1 ! calgnd0
```

Результат измерения должен быть очень близок к 0 В. Перед началом измерения виртуальный прибор `AI Start` заземляет вход усилителя. По окончании измерений виртуальный прибор `AI Clear` отключает его от земли.

Также Вы можете задать диапазон каналов. Например, строка `calgnd0:7` дает команду заземлить входы усилителей для каналов с 0 по 7 и измерить смещение нуля для каждого усилителя.

Автоматическая самокалибровка и изменение масштабных констант, чтобы скорректировать любое смещение нуля для усилителя, выполняется с помощью виртуального прибора `SCXI Calibrate`, который находится в субпалитре **Functions»Data Acquisition»Calibration and Configuration**. За более подробной информацией по использованию виртуального прибора `SCXI Calibrate` обратитесь к параграфу *Калибровка тензометрической системы* раздела 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

C

Приложение C. Деинсталляция модуля SCXI-1520

В этом приложении объясняется, как деинсталлируется модуль SCXI-1520 из оболочки MAX и из SCXI шасси

Деинсталляция модуля SCXI-1520 из оболочки MAX

Чтобы удалить модуль из оболочки MAX, необходимо выполнить следующие действия:

1. Чтобы отобразился список установленных устройств и интерфейсов, раскройте категорию **Devices and Interfaces**.
2. Для отображения информации о шасси раскройте категорию **NI-DAQmx Devices** и/или **Traditional NI-DAQ Devices**.
3. Раскройте категорию соответствующего шасси, чтобы увидеть установленные в нем модули.
4. Щелкните правой кнопкой мыши по строке модуля или шасси, которые предполагается удалить, и выберите команду **Delete**.
5. В появившемся окне запроса на подтверждение нажмите на кнопку **Yes**, чтобы продолжить удаление модуля или шасси, или **No**, чтобы отменить данное действие.

Примечание: Удаление SCXI шасси влечет за собой удаление всех модулей, находящихся внутри него, а также стирание всех настроек.

После удаления SCXI шасси или модули должны исчезнуть из списка установленных устройств в оболочке MAX.

Извлечение модуля SCXI-1520 из шасси

Прежде чем извлекать модуль из шасси, следует ознакомиться с инструкцией и мерами предосторожности при работе с шасси и его аксессуарами. Чтобы извлечь модуль из шасси, выполните следующие действия в соответствии с рисунком C-1:

Примечание: На рис. C-1 показано SCXI шасси, но точно так же производится деинсталляция модуля из комбинированного PXI/SCXI шасси.

1. Выключите питание шасси. *Ни в коем случае* не извлекайте модуль, если шасси находится во включенном состоянии.
2. Если модуль SCXI-1520 соединен кабелем с DAQ-устройством E/M серии, отключите кабель.
3. Отсоедините коннекторный блок, подключенный к модулю SCXI-1520.
4. Вращением против часовой стрелки выкручивайте винты, которые держат модуль в шасси, в то же время, не давая им выпасть.

Извлекайте модуль, равномерно выкручивая оба винта, пока модуль полностью не выдвинется из шасси.

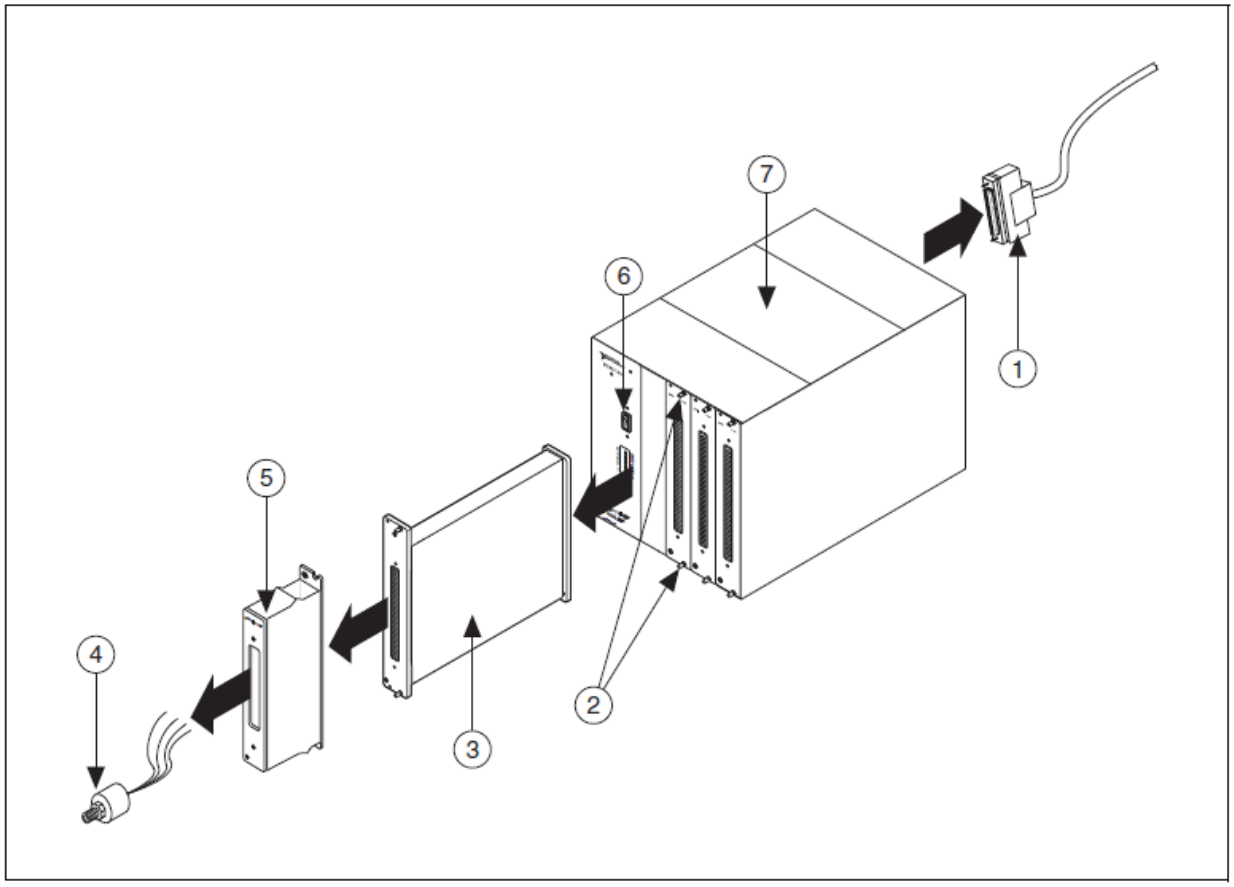


Рисунок C-1. Извлечение модуля SCXI-1520

(1 - кабель, 2 - винты для крепления модуля к шасси, 3 – модуль SCXI-1520, 4–тензометрический или иной датчик на основе моста Уитстона, 5 – коннекторный блок, 6 – выключатель питания шасси, 7 – SCXI шасси)

D

Приложение D. Часто задаваемые вопросы

Далее приведены часто задаваемые вопросы по применению модуля SCXI-1520.

Какая версия драйверов NI-DAQ поддерживает модуль SCXI-1520, и как я могу получить самую последнюю версию?

Вам необходим набор драйверов NI-DAQ версии 7.0 и выше. Зайдите на Web-сайт ni.com и перейдите по ссылке **Download Software»Drivers and Updates»Search Drivers and Updates**. В поле поиска введите ключевое слово `NI-DAQ`, чтобы найти последнюю версию драйверов NI-DAQ для установленной на Вашем компьютере операционной системы.

Ознакомившись с параграфом *Диагностика после самоконтроля* **раздела 1,** *Краткие сведения о модуле SCXI-1520***, я никак не могу проверить работоспособность модуля. Как мне действовать?**

К сожалению, есть вероятность, что один или несколько компонентов системы работают некорректно. Вы можете позвонить или написать по электронной почте специалисту службы технической поддержки. Как правило, наши специалисты предлагают предпринять дополнительные действия по поиску неисправностей. Если Вы звоните в службу поддержки по телефону, находясь рядом с системой, Вы можете оперативно принимать меры. Контактная информация о National Instruments приведена в документе *Technical Support* (Техническая поддержка).

Если я работаю с драйверами NI-DAQmx, могу ли я в одной задаче использовать несколько каналов для измерения разных физических величин?

Да, можете, в том числе с помощью DAQ Assistant.

Можно ли в утилите MAX конфигурировать два модуля SCXI-1520 для работы в режиме мультиплексированного сбора данных, если модули расположены в одном шасси, но подключены к разным DAQ-устройствам E/M серий?

Нет, нельзя.

Если модуль SCXI-1520 не подключен непосредственно к DAQ-устройству E/M серии, можно ли измерять нормированные сигналы в каналах с 0 по 7 с помощью устройств, подключенных к коннектору на задней панели, например, с помощью осциллографа, цифрового мультиметра или какой-то нестандартной измерительной системы?

Данный вариант не поддерживается и не рекомендуется National Instruments. В режиме мультиплексирования синхронная выборка и хранение может вызвать сбои в работе осциллографа и, возможно, усреднить влияние сбоев в работе мультиметра, что приведет, в конечном итоге, к грубым погрешностям измерений.

Можно ли использовать незадействованные каналы аналогового ввода DAQ-устройства E/M серии, непосредственно к которому подключен модуль SCXI-1520, например, через устройство SCXI-1180?

Нет, нельзя. К каналам с 1 по 7 DAQ-устройства E/M серии подключены нормированные выходы каналов с 1 по 7 модуля SCXI-1520.

Можно ли модуль SCXI-1520 сконфигурировать для работы в режиме параллельного сбора данных?

Да, это можно сделать с помощью NI-DAQmx. За более подробной информацией обратитесь к главе 4, *Принцип действия*.

В тоже время, этот режим нельзя конфигурировать с помощью Traditional NI-DAQ.

Какие цифровые линии DAQ-устройства E/M серии недоступны, если он подключен кабелем к модулю SCXI-1520?

В таблице D-1 приведены цифровые линии, которые используются модулем SCXI-1520 для обмена информацией и управления опросом каналов. Если модуль подключен к DAQ-устройству E/M серии, эти цифровые линии нельзя использовать в качестве линий цифрового ввода-вывода общего назначения.

Таблица D-1. Цифровые сигналы модуля SCXI-1520

Обозначения сигналов DAQ-устройства E/M серии	Обозначения сигналов SCXI модулей для драйверов NI-DAQmx	Обозначения сигналов SCXI модулей для драйверов Traditional NI-DAQ	Номер вывода на 50-контактном разъеме	Номер вывода на 68-контактном разъеме	Направление[1]
DIO0	P0.0	SER DAT IN	25	52	Вывод
DIO4	P0.4	SER DAT OUT	26	19	Ввод
DIO1	P0.1	DAQ D*/A	27	17	Вывод
DIO2	P0.2	SLOT0SEL*	29	49	Вывод
SCANCLK	AI Hold Comp, AI Hold	SCAN CLK	36	46	Вывод
PFI7/ STARTSCAN	PFI7/ AI SAMP CLK, AI SAMP	HOLD TRIG	46	38	Ввод
EXTSROBE*	EXTSROBE*	SER CLK	37	45	Ввод

[1] Для DAQ-устройства E/M серии

Можно ли в LabVIEW задавать различные границы входных сигналов для одного и того же канала модуля SCXI-1520, если этот канал несколько раз встречается в массиве строк каналов?

Нет, коэффициент усиления модуля SCXI-1520 динамически в процессе работы программы изменять нельзя. Поэтому каналы с одинаковыми диапазонами входных сигналов следует группировать вместе в массиве строк каналов. Следите, чтобы для повторяющихся каналов, имеющих различные индексы в массиве строк, были заданы одни и те же значения в массиве граничных значений входного сигнала.

Можно ли использовать виртуальный прибор (VI) LabVIEW для изменения настроек конфигурации модуля SCXI-1520?

Да, Вы можете изменить все настройки конфигурации модуля SCXI-1520 с помощью виртуального прибора AI Parameter из субпалитры Traditional NI-DAQ. Также можно изменять настройки конфигурации в задачах **NI-DAQmx**. За более подробной информацией обратитесь к разделу 5, *Применение модуля SCXI-1520*.

Некоторые SCXI модули допускают гибкие режимы сканирования. Поддерживает ли модуль SCXI-1520 режим сканирования в случайном порядке?

Да, поддерживает. Этот режим описан в разделе 3, *Конфигурирование и тестирование*. Тем не менее, его нельзя программировать на языке C или с помощью Traditional NI-DAQ. При программировании на C Вы можете сканировать каналы только последовательно с помощью традиционных

средств программирования SCXI канала. За более подробной информацией по сканированию SCXI каналов обратитесь к справке *NI-DAQ Function Reference Help*.

Есть ли какие-нибудь ограничения при подключении модуля SCXI-1520 к встраиваемому в компьютер DAQ-устройству E/M серии?

Есть. Если внутри шасси находятся модули типа SCXI-1520, SCXI-1530/1531 или SCXI-1140, как минимум один из них должен быть подключен непосредственно к DAQ-устройству E/M серии. В этом случае обеспечивается синхронизация всех модулей в шасси, работающих в режиме синхронного сбора данных.

Можно ли использовать модуль SCXI-1520 совместно с версией драйверов NI-DAQ, которая работает под управлением операционной системы Mac OS (для компьютеров Macintosh)?

Нет, т.к. под управлением Mac OS используется версия NI-DAQ 6.6.1. В сопроводительных сведениях к более поздним версиям драйверов найдите информацию об обновлениях на сайте `ni.com`.

Существует ли руководство по программированию SCXI-1520 на уровне регистров?

Программирование SCXI-1520 на уровне регистров NI не поддерживается.

В каком состоянии находятся мультиплексор, аналоговые ключи и настройки конфигурации модуля SCXI-1520 сразу после включения питания?

После включения питания мультиплексор, ключи аналоговой шины и настройки конфигурации находятся в неопределенном состоянии. Все аппаратные настройки задаются автоматически перед началом сбора данных в LabVIEW или на тестовой панели в оболочке MAX.

Какие типы коннекторных устройств можно использовать на входе модуля SCXI-1520?

Информация приведена в разделе 1, *Краткие сведения о модуле SCXI-1520*.

Каким образом можно управлять коэффициентом усиления, напряжением питания, режимом работы фильтра, конфигурацией моста, настройками потенциометров, калибровочными шунтами с помощью LabVIEW?

Коэффициент усиления каждого канала модуля SCXI-1520 устанавливается автоматически на основании пределов измерения, которые указываются при настройке режима измерений и устанавливаются с помощью виртуального прибора `AI Config`. Если пределы измерений для канала явно не заданы, коэффициент усиления устанавливается по умолчанию при конфигурировании модуля в MAX. За более подробной информацией обратитесь к разделу 3, *Конфигурирование и тестирование*.

Несмотря на то, что обычно напряжение питания, параметры фильтра и конфигурация моста настраиваются в MAX, то же самое можно делать программным путем с помощью виртуального прибора `AI Parameter` в LabVIEW.

Несмотря на то, что электронные потенциометры, предназначенные для коррекции смещения нуля, обычно регулируются с помощью виртуального прибора `SCXI Strain NULL`, также можно изменять или восстанавливать их состояние с помощью виртуального прибора `AI Parameter`.

Управление ключами для включения шунта осуществляется только виртуальным прибором `AI Parameter`.

Каким образом можно управлять коэффициентом усиления, напряжением питания, режимом работы фильтра, конфигурацией моста, настройками потенциометров, калибровочными шунтами с помощью сред разработки приложений на основе языка программирования C?

Вам необходимо использовать функции NI-DAQ, приведенные в таблице 5-6, *Функции NI-DAQ, используемые для конфигурирования модуля SCXI-1520*.

Существуют ли какие-либо специальные требования к каналу модуля SCXI-1520 при измерении напряжения с датчика, если датчик не является мостовым? Какие есть соображения по этому поводу?

Вам необходимо установить нулевое напряжение питания и конфигурацию моста «полный мост», поскольку константы для коррекции смещения нуля, которые хранятся в ЭСППЗУ, получены при нулевом напряжении питания. Если напряжение питания не будет равным нулю, то под влиянием погрешностей, вносимых схемами автоматической коррекции нуля, аддитивная погрешность модуля SCXI-1520 может выйти за пределы, приведенные в технических характеристиках.

Что нужно принимать во внимание при измерениях с помощью датчиков с внешним питанием?

Напряжение источника питания внутри модуля SCXI-1520 необходимо устанавливать как можно ближе к значению внешнего питания датчика. Если Вы хотите выполнить коррекцию смещения нуля, Вам необходимо установить напряжение питания, не равное нулю.

Какое напряжение питания нужно установить на модуле SCXI-1520 при питании мостовых измерительных преобразователей от внешнего источника напряжения?

Следует установить значение напряжения питания, наиболее близкое к требуемому, которое является допустимым для модуля SCXI-1520.

Входит ли в состав коннекторных блоков SCXI-1314 или SCXI-1314T датчик температуры холодного спая термопары?

Нет, не входит.

Присутствуют ли внутри модуля SCXI-1520 какие-нибудь элементы, которые должен обслуживать человек?

Нет, отсутствуют. Внутри модуля нет никаких предохранителей, многооборотных потенциометров, DIP-переключателей, ползунковых переключателей, вмонтированных в гнезда резисторов или перемычек. Любая разборка модуля может привести к аннулированию гарантии и калибровки.

Можно ли использовать схему подключения для удаленного датчика при питании датчика на основе моста Уитстона от внешнего источника?

Нет, нельзя. Удаленный датчик использует петлю обратной связи, которая в этом случае не будет функционировать правильно, поскольку модуль SCXI-1520 не может управлять уровнем напряжения внешнего источника.

Каким образом с помощью SCXI-1520 осуществляется внешний запуск?

При аналоговом запуске используйте сигнал запуска на контакте PFI 0 вашего устройства сбора данных. Следует убедиться, что Ваше DAQ-устройство E/M серии поддерживает аналоговый запуск. За более подробной информацией по аналоговому запуску с помощью SCXI-1520 обратитесь к базе знаний *Analog Hardware Triggering using SCXI* (Аналоговый аппаратный запуск с помощью SCXI-модуля), для чего зайдите на сайт `ni.com/info` и введите информационный код `rdahtu`.

При цифровом запуске используйте функциональность цифрового запуска DAQ-устройства для вывода PFI0. Все DAQ-устройства E/M серии поддерживают цифровой запуск. Информация о цифровом запуске содержится в справочных материалах на DAQ-устройство.

Может ли модуль SCXI-1520 считывать результаты измерений с TEDS-динамометров?

Да, считывать результаты измерений с TEDS-динамометра можно с помощью коннекторного блока SCXI-1314T. Чтобы получить более подробную информацию по интеллектуальным TEDS-датчикам и вспомогательным устройствам, зайдите на сайт `ni.com`.

Глоссарий

Символ	Приставка	Значение
p (п)	pico (пико)	10^{-12}
n (н)	nano (нано)	10^{-9}
μ (мк)	micro (микро)	10^{-6}
m (м)	milli (мили)	10^{-3}
k (к)	kilo (кило)	10^{3}
M (М)	mega (Мега)	10^{6}
G (Г)	giga (Гига)	10^{9}

Обозначения

%	Процент
+	Положительный или Плюс
–	Отрицательный или Минус
±	Плюс-минус
<	Меньше
>	Больше
/	На единицу, в единицу
°	Градус
ε	Деформация
ε_s	Расчетная (имитируемая) деформация
ν	Коэффициент Пуассона
Ω	Ом
+5 V	Источник напряжения постоянного тока +5 В

A

A	A – Ампер (единица силы тока)

A/D	Аналого-цифровой
absolute accuracy	Абсолютная погрешность – максимальная разность между измеренным значением величины (напряжения) на выходе устройства сбора данных и истинным значением, которое подано на его вход. Обычно выражается в единицах измеряемой величины (напряжения) в форме ±отклонение напряжения
AC	Переменный ток
acquisition time	Время переключения системы выборки-хранения из режима хранения обратно в режим слежения
ADC	Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – электронное устройство, обычно выполненное в виде интегральной микросхемы, которое преобразует аналоговое напряжение в цифровой код
ADE	Среда разработки приложений (Среда проектирования), например, LabVIEW, LabWindows/CI, Visual Basic, Visual C, Visual C++
AI	Аналоговый ввод
AI HOLD	Сигнал синхронизации сканирования, по которому происходит переход к следующему каналу после каждого аналого-цифрового преобразования DAQ-устройством
AI HOLD COMP	См. AI HOLD
AI SAMP	См. HOLD TRIG
AI SAMP CLK	См. HOLD TRIG
amp	Усилитель
amplification	Усиление – масштабное преобразование сигнала, в результате которого увеличивается его уровень по отношению к шуму (отношение сигнал/шум) с целью уменьшения погрешности измерений.
ANSI	Национальный институт стандартизации США

B

bandwidth	Полоса частот сигнала или диапазон частот, которые воспринимаются измерительным устройством
bias current	Ток смещения – слабый входной ток, втекающий или вытекающий через входные цепи усилителя
bipolar	Биполярный диапазон напряжений – диапазон, который включает в себя как положительные, так и отрицательные

	напряжения
bit	Бит – двоичный разряд, которые принимает значения 0 или 1
bridge completion resistors	Дополняющие резисторы – постоянные резисторы, которые дополняют мост Уитстона, если менее четырех его плеч работают, как тензодатчики
Butterworth filter	Фильтр Баттерворта – фильтр нижних частот (ФНЧ), который имеет наиболее плоскую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) в полосе пропускания

C

C	Градус Цельсия
CE	European emissions control standard – Европейский стандарт на излучения
CFR	Свод федеральных нормативных актов США
CH	Канал
channel	Канал – контакт или вывод, на который подается или с которого снимается аналоговый или цифровой сигнал. Источники аналоговых сигналов бывают несимметричные (Single-ended) и дифференциальные (Differential). Для цифровых сигналов каналы обычно объединяются в порты
chassis	Шасси – корпус, в котором находятся SCXI модули, источник питания и схемы управления модулями
CLK	Синхросигнал (сигнал синхронизации)
CMRR	Коэффициент ослабления синфазного сигнала – показывает степень подавления синфазного сигнала операционного усилителя, обычно измеряется в децибелах (дБ)
common-mode noise	Синфазная помеха – помеха, которая появляется на обоих входах операционного усилителя (инвертирующем и неинвертирующем)
common-mode voltage	Синфазное напряжение – напряжение, которое появляется на обоих входах операционного усилителя (инвертирующем и неинвертирующем)
compressive strain	Деформация сжатия – деформация, возникающая в результате сжатия объекта, которая записывается со знаком «минус»
current excitation	Источник тока, который осуществляет питание датчика для обеспечения его правильного функционирования
cutoff frequency	Частота среза – верхняя граница полосы пропускания ФНЧ

D

D/A	Цифроаналоговый
D*/A	Данные/Адрес
D GND	См. DGND
DAC	Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) – электронное устройство, как правило, выполненное в виде интегральной микросхемы, которое преобразует цифровой код в соответствующее аналоговое напряжение или ток
DAQ	Сбор данных (1) Измерение электрических сигналов с датчиков, измерительных преобразований, пробников или зажимов, и обработка результатов измерений с помощью компьютера. (2) Измерение однородных электрических сигналов с помощью встраиваемых в компьютер плат АЦП и/или плат цифрового ввода-вывода и, возможно, генерация управляющих сигналов с помощью плат ЦАП и/или цифрового ввода-вывода, находящихся внутри того же компьютера
DAQ D*/A	Линия выбора данных/адреса – сигнал на этой линии показывает, что содержит передаваемая в шасси SCXI последовательность импульсов SER DAT IN: адрес или данные
DAQ device	Устройство сбора данных (DAQ-устройство)
dB	Децибел (дБ) – логарифмическая единица измерения отношения. 1 дБ = 20 lg V1/V2, где V1 и V2 – напряжения, выраженные в вольтах (В)
DC	Постоянный ток
device	Встраиваемая в компьютер плата, модуль или отдельное устройство сбора данных, которые могут содержать несколько каналов и преобразователей сигналов
DIFF	Дифференциальная конфигурация входа
differential amplifier	Дифференциальный усилитель – усилитель с двумя входами, изолированными от опорного заземления, который усиливает разность напряжений на этих входах
differential input	Дифференциальный вход – аналоговый вход, который состоит из двух контактов
DGND	Цепь заземления цифровых сигналов.
DIG GND	См. DGND

DIN	(1) Немецкий институт стандартов (Германия) (2) Немецкие индустриальные нормы (Германия)
DIO	Цифровой ввод-вывод
drivers/driver software	Драйверы/программы-драйверы – программное обеспечение, которое управляет определенным аппаратным устройством например, DAQ-устройством E/M серии
droop rate	Скорость спада сигнала в устройстве выборки хранения (УВХ), выраженная в милливольтах в секунду (мВ/с)

E

EEPROM	Перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство с электрическим стиранием (ЭСППЗУ) – ПЗУ, которое можно стирать путем подачи специального электрического сигнала и перезаписывать. У некоторых SCXI модулей в ЭСППЗУ хранятся поправочные коэффициенты для коррекции результатов измерений
EMC	Электромагнитная совместимость (ЭМС)
EMI	Электромагнитные помехи (ЭМП)
excitation	Источник напряжения или тока для питания датчика или измерительной схемы
EXTCLK	Сигнал внешней синхронизации
external trigger	Внешний запуск – внешний импульсный сигнал напряжения, который инициирует работу DAQ-устройства
EXTSTROBE*	См. SER CLK

F

F	(1) Фаренгейт (F) – температурная шкала Фаренгейта; (2) Фарада (Ф) – единица измерения емкости
FIFO	Буферная память типа «очередь» – данные, сохраненные первыми, первыми отправляются адресату
filtering	Фильтрация – вид преобразования сигнала, который позволяет подавить нежелательные спектральные составляющие измеряемого сигнала
flexible scanning	Сканирование каналов из списка в случайном (произвольном) порядке на аппаратном уровне
FSR	Диапазон полной шкалы

full bridge	Полный мост – мост Уитстона, во все четыре плеча которого включены активные тензодатчики

G

gain	Коэффициент усиления – число раз, в которое увеличивается входной сигнал, иногда выражается в децибелах (дБ)
gain accuracy	Погрешность коэффициента усиления – отклонение коэффициента усиления усилителя от идеального значения
Gauge Factor	Коэффициент тензочувствительности тензодатчика – отношение относительного изменения сопротивления к вызвавшему его изменению деформации
GF	См. Gauge Factor

H

half bridge	1/2 моста (полумост) – мост Уитстона, в два соседних плеча которого включены активные тензодатчики, а в два остальных плеча – пассивные постоянные резисторы
hold mode settling time	Интервал времени, который требуется УВХ для переключения из режима выборки в режим хранения и установления в режиме хранения с заданной погрешностью в процентах от истинного значения
hold step	Разность между измеренным значением величины, которую хранит УВХ и ее истинным значением
HOLD TRIG	Переключение в режим хранения
Hz	Герц (Гц) – количество периодов сигнала в секунду; единица измерения частоты

I

I/O	Ввод-вывод – передача данных из компьютера и в компьютер через каналы связи, интерфейсные устройства, интерфейсы сбора данных и управления
ICD	См. interchannel delay
ID	Идентификатор
in.	Дюйм (дюймы)
indirect scanning	Косвенное сканирование – результат измерения появляется в результате прохождения сигнала по шинному интерфейсу SCXI из опрашиваемого SCXI модуля к SCXI модулю, присоединенному к DAQ-устройству

input bias current	Входной ток смещения – входной ток, протекающий через входные цепи усилителя
input damage level	Предельный уровень входного напряжения, который можно подавать на модуль, и при этом не вывести его из строя
input impedance	Входной импеданс – измеренное сопротивление и емкость между входными зажимами электрической схемы
input offset current	Разность входных токов, протекающих через входные зажимы S*X*+ и S*X*–; в идеале значение разности равно нулю, т.е. разность входных токов не порождает никакого напряжения смещения, следовательно не возникает погрешности от разности токов
instrumentation amplifier	Инструментальный усилитель – прецизионный дифференциальный усилитель с большим входным импедансом
interchannel delay	Межканальная задержка – интервал времени между дискретизацией последовательно опрашиваемых каналов. Она должна быть достаточно малой, чтобы опрос всех каналов из списка происходил в течение интервала сканирования
interchannel skew	Максимальная разность между временами установления двух УВХ одного и того же модуля
intermodule skew	Максимальная разность значений времени установления в режиме хранения для двух УВХ разных модулей.

L

line resistance	Сопротивление линии – малое ненулевое сопротивление линии, которое зависит от ее длины и температуры окружающей среды и может привести к появлению погрешности измерений, если через линию течет ток питания
lowpass filter	Фильтр нижних частот (ФНЧ)

M

m	метр (м)
M	(1) Мега (М) – стандартная приставка к единицам физических величин, равная 10^6 и используемая совместно с такими единицами измерений, как вольт (В) или герц (Гц) (2) Мега (М) – приставка, равная 1048576 или 2^{20}, используемая совместно с байтом – для оценки объема данных или памяти компьютера
max	Максимальное значение

microstrain	Единица измерения деформации, обозначаемая με. Одна με равнf 10^{-6} (0.0001%)
min	(1) - минуты (2) - иинимальное значение
MIO	Многофункциональный ввод-вывод.
MIO device	Многофункциональное устройство ввода-вывода – DAQ-устройства E/M серии, обозначения которых включают символы *MIO* и 60*XX*
MISO	Ввод данных в ведущее устройство – вывод данных из ведомого устройства
MOSI	Вывод данных из ведущего устройства – ввод данных в ведомое устройство
multiplex	Мультиплексирование – подача одного из нескольких сигналов на один выход
multiplexed mode	Режим мультиплексирования – режим работы SCXI модуля, при котором каналы аналогового ввода мультиплексируются на один выход модуля, подключенный к DAQ-устройству E/M серии. Этот режим обеспечивает связь DAQ-устройства как с модулем, который к нему подключен, так и с остальными мультиплексируемыми модулями в этом же шасси
mux	Мультиплексор – коммутирующее устройство с несколькими входами, которые последовательно подключаются к единственному входу, как правило, с высокой скоростью, чтобы измерить несколько сигналов с помощью одного АЦП

N

NC	Не подключен (сигнал)
NI-DAQ	Набор программных драйверов, необходимый для работы NI DAQ-устройств E/M серии и SCXI компонентов
noise	Помеха (шум) – нежелательный (вредный) электрический сигнал. К внешним источникам помех относятся линии электропередач переменного тока, электродвигатели, генераторы, трансформаторы, люминесцентные светильники, паяльники, сварочные аппараты, ЭЛТ мониторы, компьютеры, электромагнитные бури, сварочные установки, радиопередатчики. Собственные шумы в устройстве порождаются его компонентами: полупроводниковыми приборами, резисторами и конденсаторами. Шумы и помехи вносят погрешности в измеряемые сигналы

nonlinearity	Нелинейность, для усилителя – максимальное отклонение выходного сигнала от идеальной линейной передаточной характеристики, выраженное в процентах от диапазона выходного сигнала. Идеальная передаточная характеристика представляет собой на графике прямую линию зависимости выходного измеренного значения от входного измеряемого сигнала, крайние точки прямой линии соответствуют граничным значениям входного и выходного диапазонов

O

offset error	Погрешность смещения нуля – сигнал на выходе системы при нулевом входном сигнале
offset null compensation	Коррекция смещения нуля – удаление нежелательного напряжения смещения на выходе тензометрического моста при отсутствии деформации с помощью схем нормирования тензометрического сигнала
overvoltage protection	Защита от перенапряжений – максимальное напряжение, при котором оборудование не выходит из строя

P

parallel mode	Параллельный режим сбора данных – режим, в котором SCXI модуль посылает сигнал с выхода каждого своего канала непосредственно в соответствующий канал аналогового ввода DAQ-устройства E/M серии
passband	Полоса пропускания фильтра – диапазон частот, на которых сигнал проходит через фильтр без ослабления
PFI	См. HOLD TRIG
Poison’s ratio	Коэффициент Пуассона – отношение поперечной деформации к продольной деформации, взятое со знаком «минус»
pole	Полюс – понятие, которое служит для оценки качества работы ФНЧ. В общем случае, чем больше у ФНЧ полюсов (выше порядок), тем лучше он подавляет гармоники за пределами частоты среза
port	(1) Цифровой порт, который состоит из нескольких цифровых линий ввода-вывода DAQ-устройства E/M серии; (2) Разъем последовательного или параллельного интерфейса персонального компьютера
pp	Размах
ppm	1 ppm (parts per million) – миллионная доля (0.0001%)
psi	Фунты на квадратный дюйм

PX–	Отрицательный вывод источника питания
PX+	Положительный вывод источника питания
PXI	Расширение шины PCI для измерительной техники – открытый интерфейс на основе спецификации CompactPCI, дополненный специфическими свойствами для задач измерений

Q

QTR	Зажим для подключения резистора, дополняющего 1/4 моста
quarter bridge	1/4 моста (четверть моста) – мост Уитстона, который состоит из одного активного тензодатчика и трех пассивных постоянных резисторов
quarter-bridge completion resistor	Резистор, который дополняет «1/4 моста» и включается в соседнее плечо с активным тензодатчиком. Его сопротивление должно быть равно номинальному сопротивлению тензодатчика

R

remote sense	Метод компенсации падения напряжения на соединительных линиях между источником напряжения питания и мостом при удаленном измерении напряжения
R_g	Сопротивление тензодатчика
R_L	Сопротивление соединительной линии
RMA	Санкционированный возврат товара
rms	Среднеквадратическое (действующее) напряжение – квадратный корень из среднего квадрата мгновенных значений амплитуд сигнала
rolloff	Спад частотной характеристики – отношение, которое показывает ослабление уровня сигналов в полосе заграждения по сравнению с уровнем в полосе пропускания, обычно выражается в децибелах на октаву
R_s	Шунтирующий калибровочный резистор
RS–	Инвертирующий вход цепи для дистанционных измерений
RS+	Неинвертирующий вход цепи для дистанционных измерений
RSC	Сигнальный разъем на задней панели
RSVD	Зарезервированный бит, контакт или сигнал

RTI	Характеристика, приведенная к диапазону входных сигналов
RTO	Характеристика, приведенная к диапазону выходных сигналов
RTSI	Интеграция системы реального времени
RTSI bus	Шинный интерфейс RTSI – шина синхронизации от National Instruments, которая объединяет устройства с помощью разъемов, расположенных на верхних сторонах DAQ-устройств, и осуществляет точную синхронизацию выполняемых действий

S

s	Секунды (с)
S	Отсчеты
S/s	Количество отсчетов в секунду ($с^{-1}$) – выражает частоту дискретизации аналогового сигнала DAQ-устройством E/M серии
sample	Отсчет – результат измерения мгновенного значения сигнала, который обычно подается на аналого-цифровой преобразователь DAQ устройства E/M серии
sample and hold	Устройство выборки и хранения (УВХ) – электронная схема, которая может работать в одном из двух режимов. В режиме выборки выходной сигнал отслеживает изменения входного сигнала, а в режиме хранения – на выходе фиксируется значение входного сигнала, которое имело место при переключении УВХ из режима выборки в режим хранения
sample rate	Частота дискретизации – количество отсчетов, получаемых системой в течение заданного интервала времени (обычно оценивается в отсчетах/с)
SCA	Зажим для подключения калибровочного шунта, схема A
scan	Скан (развертка) – один или более отсчетов аналоговых сигналов, полученных одновременно или почти одновременно. Обычно количество отсчетов в скане равно количеству каналов в группе каналов ввода. Например, в одном скане содержится по одному новому отсчету с каждого канала группы
scan interval accuracy	Погрешность интервала сканирования – минимальная межканальная задержка, которая требуется для обеспечения требуемой погрешности
scan rate	Частота сканирования (развертки)– количество периодов сканирования системы в течение заданного интервала времени, которая выражается $с^{-1}$

SCB	Зажим для подключения калибровочного шунта, схема B
SCXI	Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation – серия изделий NI, предназначенных для согласования источников сигналов низкого уровня с измерительными устройствами
SCXIbus	SCXI шина или объединительная панель – расположена на задней панели SCXI шасси, с помощью этой шины модули внутри одного SCXI шасси соединяются друг с другом
sensor	Датчик – первичный преобразователь физической величины в электрический сигнал
SER CLK	Сигнал синхронизации последовательных данных, передаваемых по цифровым линиям SER DAT IN и SER DAT OUT
SER DAT IN	Вход сигнала последовательных данных
SER DAT OUT	Выход сигнала последовательных данных
setting time	Время установления – интервал времени, который требуется для достижения напряжения установившегося значения с заданной точностью
shunt calibration	Метод калибровки коэффициента передачи тензометрического канала сбора данных, который заключается в подключении резистора с известным сопротивлением параллельно элементу (плечу) моста
signal conditioning	Преобразование сигналов, которое осуществляется перед преобразованием их в цифровую форму
simulated strain	Расчетная (имитируемая) деформация – результат измерения деформации, соответствующий изменению выходного напряжения моста, которое обусловлено не деформацией исследуемого образца, а временным подключением известного сопротивления параллельно одному из плеч моста, в то время, как все тензодатчики в составе моста не подвергаются деформации
simultaneous sample and hold	Набор устройств выборки и хранения, объединенных для синхронного (одновременного) переключения
Slot 0	Слот 0, в котором расположен источник питания и устройство управления SCXI шасси
SLOT0SEL*	Сигнал выбора слота 0
SPICLK	Сигнал синхронизации последовательного периферийного интерфейса
spot noise	Точечный шум (шум на одной частоте) – среднеквадратическое значения напряжения или тока шума в

	полосе частот 1 Гц возле заданной частоты
STC strain gauge	Тензодатчик с температурной автокомпенсацией – обладает температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), который компенсирует коэффициент теплового расширения материала, к которому прикреплен тензодатчик, в результате чего система становится нечувствительной к изменениям температуры
strain	Деформация – частичная деформация тела под воздействием приложенной к нему силы, которая обычно выражается в относительных единицах с коэффициентом 10^{-6} или 0.0001%
S*X*–	Зажим инвертирующего входа канала *X*
S*X*+	Зажим неинвертирующего входа канала *X*
SYNC	Синхроимпульс для запуска сканирования (применим только для модулей работающих в режиме одновременной выборки и хранения)
system noise	Собственный шум системы – уровень шума аналоговой схемы или АЦП при заземленных аналоговых входах

T

TEDS	Transducer Electronic Data Sheets – интеллектуальные датчики с электронными таблицами
tensile strain	Деформация растяжения – деформация, появляющаяся в результате растяжения объекта; записывается со знаком «плюс»
track-and-hold	См. simultaneous sample and hold
TRIG0	Запуск 0
TTL	Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)
typ	типовое

U

UL	Лаборатория по технике безопасности (в США).
unipolar	Диапазон напряжений, который включает в себя только положительные значения напряжения

V

V	Вольт (В)
VDC	Напряжение постоянного тока (В)

VI — Виртуальный прибор (ВП) – (1) совокупность аппаратных и/или программных средств, используемых, как правило, совместно персональным компьютером, которая по своим функциональным возможностям заменяет традиционный автономный измерительный прибор; (2) Программный модуль в среде программирования LabVIEW, который состоит из пользовательского интерфейса в виде лицевой панели и программы в виде блок-диаграммы

virtual channels — Виртуальные каналы – программные объекты, имена которым могут быть присвоены за пределами приложения, и которые используются в приложении без операций масштабирования

voltage excitation — Источник напряжения питания датчика для обеспечения его правильного функционирования

V_r — $\left(\frac{V_{CH}}{V_{EX}}\right)\Big|_{\varepsilon\neq 0} - \left(\frac{V_{CH}}{V_{EX}}\right)\Big|_{\varepsilon=0}$

V_{rms} — Среднеквадратическое (действующее) напряжение (В)

W

W — Ватт (Вт).

Wheatstone bridge — Мост Уитстона – электрическая схема, которая состоит из четырех плеч, в которые включены резисторы, и имеет две диагонали. К концам одной из диагоналей прикладывается напряжение питания, малые изменения сопротивлений плеч вызывают изменения разности потенциалов на концах другой диагонали, эта разность измеряется

working voltage — Рабочее напряжение – наибольшее напряжение относительно земли, которое можно подавать на вход в нормальных условиях эксплуатации. Оно обычно значительно меньше предельно допустимого для обеспечения некоторого резерва по безопасности. Его значение учитывает как амплитуду измеряемого сигнала, так и амплитуду синфазного напряжения