SC Express

Руководство пользователя NI PXIe-4339

Универсальный модуль для мостовых схем:
8 каналов, 24 разряда, частота 25,6 кОтсчетов/с

Август 2015
376020C-01

Техническая поддержка по всему миру и информация о выпускаемой продукции

`ni.com`

Офисы по всему миру

Посетите `ni.com/niglobal`, чтобы получить доступ к сайтам филиалов, которые предоставляют актуальную контактную информацию, телефонные номера технической поддержки, адреса электронной почты и информацию о текущих событиях.

Штаб-квартира корпорации National Instruments

11500 North Mopac Expressway Austin, Texas 78759-3504 USA

Tel: 866 ASK MYNI (275 6964)

Для получения дополнительной информации о поддержке обратитесь к приложению *Службы NI.* Чтобы оставить свои комментарии о документации National Instruments, зайдите на сайт `ni.com/info` и введите код обратной связи `feedback`.

© 2014-2015 National Instruments. All rights reserved.

Правовая информация

Ограниченная гарантия

Данный документ предоставляется «как есть» и подлежит изменениям без предварительного уведомления в последующих изданиях. За последней версией обратитесь на страницу `ni.com/manuals`. Документ тщательно отредактирован NI и проверен на предмет технической точности; однако NI НЕ ДАЕТ НИКАКИХ ЯВНЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ДОКУМЕНТЕ, И НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ ОШИБКИ.

NI гарантирует отсутствие в своих аппаратных продуктах дефектов материала и изготовления, могущих вызвать отказ продукта, а также соответствие применимым опубликованным NI техническим характеристикам в течение одного (1) года с даты покупки.

В течение девяноста (90) дней с даты покупки NI гарантирует, что (i) программные продукты будут работать в соответствие с применимой документацией, поставляемой с программным обеспечением, а также (ii) отсутствие дефектов материала и изготовления носителя информации.

В случае получения NI уведомления о дефекте либо несоответствии характеристикам в течение применимого гарантийного срока, NI обязуется, по своему усмотрению: (i) восстановить или заменить неисправный продукт, либо (ii) вернуть средства, уплаченные за неисправный продукт. Восстановленные или замененные аппаратные средства подлежат гарантии на оставшуюся часть первоначального гарантийного срока или срока девяноста (90) дней, в зависимости от того, что больше. При решении отремонтировать или заменить изделие NI может использовать новые или восстановленные детали или продукты, эквивалентные новым по характеристикам и надежности, и, как минимум, функционально эквивалентные оригинальным деталям или продуктам.

Прежде чем возвращать любой продукт в NI, вы должны получить от NI номер RMA. NI сохраняет за собой право взимать плату за исследование и тестирование аппаратных средств, на которые не распространяется ограниченная гарантия.

Ограниченная гарантия не применима, если повреждения продукта возникли вследствие неправильной или неадекватной установки, технического обслуживания, ремонта или калибровки изделия (производимых не NI); несанкционированной модификации изделия; использования изделия в неправильных условиях; использования неправильного аппаратного или программного ключа; неподобающего использования за пределами технических характеристик продукта; подачи недопустимого напряжения; небрежного и неправильного обращения; либо стихийных бедствий, например, ударов молнии, наводнений и других природных катаклизмов.

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ПРАВ, ИЗЛОЖЕННЫЕ ВЫШЕ, ЯВЛЯЮТСЯ ОГРАНИЧЕННЫМИ И ЕДИНСТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРАВОВОЙ ЗАЩИТЫ КЛИЕНТА И ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРИМЕНЕНЫ, ДАЖЕ ЕСЛИ НЕ ИСПОЛНЯЮТ СВОЕ ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ.

ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ИЗЛОЖЕННОГО В ЯВНОМ ВИДЕ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОДУКТЫ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ «КАК ЕСТЬ», БЕЗ КАКИХ-ЛИБО ГАРАНТИЙ. NI НЕ ДАЁТ НИКАКИХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ В ОТНОШЕНИИ КАКИХ-ЛИБО ЯВНО ВЫРАЖЕННЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ, ВКЛЮЧАЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ГАРАНТИЙ ТОВАРНОГО КАЧЕСТВА, СООТВЕТСТВИЯ КОНКРЕТНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ И ОТСУТСТВИЯ НАРУШЕНИЙ ЧЬИХ-ЛИБО ПРАВ СОБСТВЕННОСТИ ИЛИ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБЫЧНОЙ ПРАКТИКИ ДЕЛОВЫХ ОТНОШЕНИЙ ИЛИ КОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. NI НЕ ГАРАНТИРУЕТ И НЕ ДЕЛАЕТ НИКАКИХ ЗАЯВЛЕНИЙ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИЛИ О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ В ОТНОШЕНИИ ПРАВИЛЬНОСТИ, ТОЧНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ ИЛИ В ОСТАЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ. NI НЕ ГАРАНТИРУЕТ НЕПРЕРЫВНОЙ ИЛИ БЕЗОШИБОЧНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОДУКТОВ.

В случае, если между вами и NI заключено отдельное письменное соглашение с гарантийными условиями на продукты, должны применяться условия в этом соглашении.

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 корпорации National Instruments.

National Instruments относится с уважением к интеллектуальной собственности и призывает к этому же своих клиентов. Программное обеспечение NI защищено законами об охране авторских прав и прав на интеллектуальную собственность. 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.

Лицензионные соглашения конечных пользователей и правовые положения сторонних производителей

Вы можете найти лицензионные соглашения с конечным пользователем (EULAs) и правовые положения сторонних производителей в следующих местах:

- Положения находятся в папках `<National Instruments>\_Legal Information` и`<National Instruments>`
- Лицензионные соглашения конечного пользователя находятся в папке `<National Instruments>\Shared\MDF\Legal\License`.
- Просмотрите `<National Instruments>_Legal Information.txt` для получения информации о включении правовой информации в инсталляторы, создаваемые при помощи продуктов NI.

Ограниченные права для правительственных учреждений США

Если вы представляете агентство, отделение или иное подразделение Правительства Соединенных Штатов ("Правительства"), использование, копирование, воспроизведение, выпуск, модификация, разглашение или передача технических данных, приведенных в данном руководстве, регулируются положением об Ограниченных правах в Положении о закупках для федеральных нужд 52.227-14 для гражданских агентств и Федеральным положением о военных закупках, секция 252.227-7014 и 252.227-7015, для военных агентств.

Торговые марки

Обратитесь к документу *NI Trademarks and Logo Guidelines* на сайте `ni.com/trademarks` для получения дополнительной информации о торговых марках National Instruments.

ARM, Keil и µVision являются торговыми марками или зарегистрированы ARM Ltd или его дочерними компаниями.

LEGO, логотип LEGO, WEDO и MINDSTORMS являются торговыми марками LEGO Group.

TETRIX by Pitsco является торговой маркой Pitsco, Inc.

FIELDBUS FOUNDATION™ и FOUNDATION™ являются торговыми марками Fieldbus Foundation.

EtherCAT® является зарегистрированной торговой маркой и лицензирована Beckhoff Automation GmbH.

CANopen® является зарегистрированным торговым знаком сообщества CAN in Automation e.V.

DeviceNet™ и EtherNet/IP™ являются торговыми марками ODVA.

Go!, SensorDAQ и Vernier являются зарегистрированными торговыми марками Vernier Software & Technology. Vernier Software & Technology и `vernier.com` являются товарными знаками или упаковкой.

Xilinx является зарегистрированной торговой маркой Xilinx, Inc.

Taptite и Trilobular являются зарегистрированными торговыми марками Research Engineering & Manufacturing Inc.

FireWire® является зарегистрированной торговой маркой Apple Inc.

Linux® является зарегистрированной торговой маркой Linus Torvalds в США и других странах.

Handle Graphics®, MATLAB®, Real-Time Workshop®, Simulink®, Stateflow® и xPC TargetBox® являются зарегистрированными торговыми марками, а TargetBox™ и Target Language Compiler™ являются торговыми марками The MathWorks, Inc.

Tektronix®, Tek и Tektronix, Enabling Technology являются зарегистрированными торговыми марками Tektronix, Inc.

Словесный знак Bluetooth® является зарегистрированной торговой маркой Bluetooth SIG, Inc.

Словесный знак и логотипы ExpressCard™ принадлежат PCMCIA и любое их использование National Instruments производится по лицензии.

Знак LabWindows используется по лицензии Microsoft Corporation. Windows является зарегистрированной торговой маркой Microsoft Corporationd в Соединенных Штатах Америки и других странах.

Названия других упомянутых в данном руководстве изделий и производителей также являются торговыми марками или торговыми именами соответствующих компаний.

Члены программы партнерства National Instruments Alliance Partner Program являются независимыми коммерческими организациями, и не имеют с National Instruments агентских или партнерских отношений либо совместных предприятий.

Патенты

Для получения информации о патентах, которыми защищены продукция или технологии National Instruments, выполните 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`.

Информация о требованиях к экспорту

Обратитесь к документу *Export Compliance Information* на странице `ni.com/legal/export-compliance` за глобальными принципами торговой политики NI, а также чтобы получить необходимые коды HTS, ECCNs и прочие данные об экспорте/импорте.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОДУКТОВ NATIONAL INSTRUMENTS

ВЫ НЕСЕТЕ ПОЛНУЮ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПРОВЕРКУ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРОДУКТОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ИХ В ВАШУ СИСТЕМУ ИЛИ ПРИЛОЖЕНИЕ, ВКЛЮЧАЯ ПРАВИЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ТАКОЙ СИСТЕМЫ ИЛИ ПРИЛОЖЕНИЯ.

ПРОДУКТЫ НЕ РАЗРАБАТЫВАЛИСЬ, НЕ ПРОИЗВОДИЛИСЬ И НЕ ИСПЫТЫВАЛИСЬ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ, ОТ КОТОРЫХ ЗАВИСИТ ЖИЗНЬ ИЛИ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ, В ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ИЛИ ЛЮБОЙ ДРУГОЙ СРЕДЕ, ТРЕБУЮЩИХ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ; В АВИАНАВИГАЦИИ; В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ; В СПАСАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ, СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И ПОДОБНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВАХ; ИЛИ В ЛЮБЫХ ДРУГИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ, ГДЕ ОТКАЗ ПРОДУКТА ИЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К СМЕРТИ, ТРАВМЕ, СЕРЬЕЗНОЙ ПОРЧЕ ИМУЩЕСТВА ИЛИ НАНЕСЕНИЮ ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ОБОБЩЕННО - "ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ РИСКА"). КРОМЕ ТОГО, ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРИНЯТЫ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ СБОЕВ, ВКЛЮЧАЯ РЕЗЕРВНОЕ КОПИРОВАНИЕ ДАННЫХ И ОТКЛЮЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ. NI В ЯВНОМ ВИДЕ ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ПРЯМЫХ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ПРИГОДНОСТИ ПРОДУКТОВ ИЛИ УСЛУГ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ РИСКА.

Содержание

Начало работы 1-1
Установка 1-1
Технические характеристики модуля 1-1
Аксессуары модуля 1-1
Использование модуля 2-1
Подключение сигналов 2-1
Мосты Уитстона 2-1
Способы подключения для коррекции погрешностей от сопротивления проводников 2-2
Дистанционное измерение питания моста 2-3
Калибровка с помощью шунта 2-3
Конфигурации тензомоста 2-4
Четвертьмостовая схема типа I 2-4
Четвертьмостовая схема типа II 2-6
Полумостовая схема типа I 2-8
Полумостовая схема типа II 2-10
Схема полного моста типа I 2-12
Схема полного моста типа II 2-14
Схема полного моста типа III 2-16
Конфигурации датчиков силы, давления и момента 2-18
Экранирование и заземление 2-21
Схема расположения контактов модуля 2-21
Описание сигналов разъема ввода-вывода 2-23
Блок-схема NI PXIe-4339 2-24
Широкополосный аналоговый выход 2-25
Основные понятия в области измерения сигналов 2-25
Программное масштабирование и уравнения 2-26
Частота и полоса частот Найквиста 2-26
АЦП 2-26
Фильтры аналогового ввода 2-26
Антиалиазинговые фильтры 2-27
Полоса пропускания 2-27
Полоса заграждения 2-28
Полоса, в которой отсутствует эффект наложения спектра 2-28
Групповая задержка фильтра 2-28

Поддерживаемые тактовые частоты 2-29
Поточечный сбор данных с аппаратным тактированием 2-29
Модель поточечного сбора данных с аппаратным тактированием 2-29
Анализ максимальной частоты HWTSP 2-30
Пример расчета при частоте цикла управления 2 кГц 2-31
Таймирование и синхронизация 2-32
Sample Clock Timebase 2-32
Внешний генератор 2-32
Цифровой запуск 2-33
Аналоговый запуск 2-33
Запуск по фронту аналогового сигнала 2-33
Запуск по фронту аналогового сигнала с гистерезисом 2-34
Запуск относительно окна 2-35
Задержка запуска и фильтрации 2-35
Синхронизация 2-36
Синхронизация с помощью опорного генератора 2-36
TEDS 2-38
Конфигурирование и использование TEDS в программном обеспечении 2-38
Автоматическое обнаружение дополнительных компонентов 2-38
Особенности модулей NI SC Express 3-1
Сигналы синхронизации и запуска SC Express 3-1
PXIe_CLK100 3-1
PXIe_SYNC100 3-1
PXI_CLK10 3-1
PXI Triggers 3-2
PXI_STAR Trigger 3-2
PXIe_DSTAR<A..C> 3-2
Коррекция смещения нуля (Балансировка моста) A-1
Службы NI B-1
Сервисы и ресурсы B-1

1

Начало работы

NI PXIe-4339 обладает 24-разрядным разрешением и поддерживает частоты дискретизации от 1 до 25,6 кОтсчетов/с.

Вы можете задать все настройки для каждого канала в программно. Каналы поддерживают следующие функции:

- Измерение напряжения и отношения напряжений (мВ/В).
- Подключение датчиков всех конфигураций моста, включая четвертьмостовую, полумостовую и полномостовую схемы.
  - Четвертьмостовые конфигурации поддерживаются с TB-4339/B/C.

Примечание Для получения полного списка коннекторных блоков, поддерживаемых конкретной версией NI-DAQmx, обратитесь к документу Readme, доступному на странице загрузки версии либо на установочном диске.

- Диапазон напряжения уравновешивания (постоянного тока) от 0,625 В до 10 В.
- Калибровка с помощью шунта, инициируемая программно.
  - На терминальных блоках TB-4339/B/C предусмотрены шунтирующие резисторы для калибровки.
- Аналоговая и цифровая фильтрация для подавления внеполосных сигналов.
- Дистанционное измерение напряжения питания моста.

Установка

Обратитесь к документу *NNI PXIe-4339 and TB-4339/B/C Installation Guide and Terminal Block Specifications* за пошаговыми инструкциями по программного обеспечения и установке аппаратных средств.

Технические характеристики модуля

Обратитесь к документу *NI PXIe-4339 Specifications* за техническими характеристиками модуля.

Аксессуары модуля

Обратитесь на страницу `ni.com/scexpress` для получения полного списка поддерживаемых аксессуарах и информации об аксессуарах.

2

Использование модуля

В данном разделе описывается, как подключать датчики к NI PXIe-4339 в четвертьмостовой, полумостовой и полной конфигурации моста Уитстона. Также рассматривается назначение контактов разъема модулей.

Поддержка драйверов для NI PXIe-4339 начинается с версии NI-DAQmx 14.2. Для получения полного списка устройств, поддерживаемых конкретной версией NI-DAQmx обратитесь к документу *NI-DAQmx Readme*, доступному на странице загрузки версий либо на установочном диске.

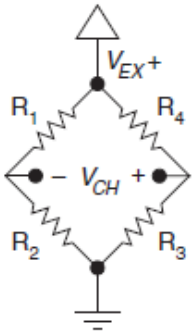
Подключение сигналов

В этом разделе содержится краткое описание обычного моста Уитстона и обсуждается подключение сигналов поддерживаемых типов конфигурации тензомоста, а также подключение проводников для дистанционного измерения и калибровки шунта. Обратитесь к документу *NNI PXIe-4339 and TB-4339/B/C Installation Guide and Terminal Block Specifications* для получения дополнительной информации о подключении сигналов.

Мосты Уитстона

Многие датчики, включая датчики деформации, датчики силы, датчики давления и датчики момента, основаны на концепции моста Уитстона. В мосту Уитстона четыре элемента или плеча. В целом эти элементы могут быть резистивными или комплексными, но в большинстве мостовых датчиков они резистивные. В большинстве датчиков, основанных на мосте Уитстона, во всех четырех плечах моста используются активные чувствительные элементы. Однако распространены конфигурации тензомостов с одним, двумя и четырьмя активными чувствительными элементами. На рисунке 2-1 показана схема резистивного моста Уитстона.

Рисунок 2-1. Схема базового моста Уитстона



Мост Уитстона является электрическим эквивалентом двух параллельных цепей делителя напряжения. R1 и R2 составляют одну цепь делителя напряжения, а R4 и R3 - вторую. Выходное напряжение моста Уитстона измеряется между средними точками двух делителей напряжения. Физические величины, такие, как изменение деформации или температуры объекта, изменяют сопротивление чувствительных элементов моста Уитстона, в результате чего выходное напряжение моста изменяется пропорционально физической величине. Выходное напряжение моста пропорционально напряжению питания. Однако отношение выходного напряжения моста (V_{CH}) к напряжению питания (V_{EX}) остается неизменным при изменении напряжения питания, и именно это безразмерное отношение (V_{CH}/V_{EX}) представляет интерес. Для точного измерения выходного сигнала мостового датчика необходимо знать как выходное напряжение моста (V_{CH}), так и напряжение питания (V_{EX}). Напряжение питания может определить либо используя точный источник напряжения, либо путем его измерения. В NI PXIe-4339 используется схема, которая непрерывно измеряет напряжение питания и применяет его в качестве опорного для аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Таким образом NI PXIe-4339 компенсирует изменения напряжения питания, и модуль возвращает данные в виде отношения выходного напряжения моста к напряжению питания.

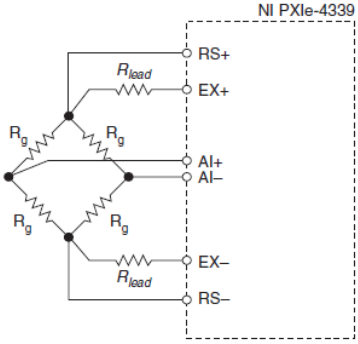
Способы подключения для коррекции погрешностей от сопротивления проводников

На схеме простого моста Уитстона (рис. 2-1) напряжение питания прикладывается непосредственно к мосту. Однако проводники, используемые для подключения датчиков к измерительным устройствам, обладают ненулевым сопротивлением, которое может приводить к погрешностям измерений с помощью мостовой схемы. NI PXIe-4339 обеспечивает два механизма для коррекции этих ошибок: дистанционное измерение питания моста и калибровка с помощью шунта.

Дистанционное измерение питания моста

Дистанционное измерение питания моста непрерывно и автоматически корректирует погрешности, связанные с сопротивлением проводников цепи питания и, как правило, лучше всего подходит для полумостовой и полномостовой измерительной схемы. Более того, такой способ измерения наиболее важно в приложениях, в которых используются длинные и/или провода с малым сечением, обладающие более высоким сопротивлением. На сопротивлении проводников, соединяющих напряжение источник питания с мостом, образуется падение напряжения, которое является источником погрешности. В NI PXIe-4339 есть режим дистанционного измерения напряжения питания для компенсации этой погрешности. Подключите входы дистанционного измерения NI PXIe-4339 к проводникам напряжения питания датчика как можно ближе к мостовой схеме. Подключение проводов для дистанционного измерения в полномостовой схеме показано на рисунке 2-2.

Рисунок 2-2. Подключение проводников к NI PXIe-4339 для дистанционного измерения напряжения питания



Фактическое напряжение питания, измеренное непосредственно у моста, меньше, чем напряжения на контактах EX + и EX- разъема. Снижение напряжения обусловлено падением напряжения на сопротивлении проводников питания (R_{lead}). Если не использовать дистанционное измерение фактического напряжения питания моста, сигнал с выхода моста уменьшается в соответствии со следующими уравнениями:

- для датчиков, включенных в полумостовую схему: R_{lead} / R_g
- для датчиков, включенных в полномостовую схему: $2R_{lead} / R_g$

Если подключить сигналы непосредственно от резисторов моста проводниками с большим сопротивлением к контактам RS модуля NI PXIe-4339, то благодаря дистанционному измерению фактического напряжения питания моста, может быть скорректирована погрешность, обусловленная сопротивлением проводов EX + и EX-.

Калибровка с помощью шунта

Калибровкой с помощью шунта может скорректировать погрешности, вызванные сопротивлением, как проводников питания, так и проводников к отдельным резисторам моста. В то время как дистанционное измерение напряжения питания корректирует только погрешности, обусловленные сопротивлением проводников EX между NI PXIe-4339 и тензомостом, калибровка шунта корректирует и эти погрешности, и погрешности, обусловленные сопротивлением проводника в плече моста. Калибровка с помощью шунта наиболее полезна при использовании

четвертьмостовых схем с 3-проводным подключением, поскольку проводники к тензорезистору могут обладать значительным сопротивлением, а дистанционное измерение не может быть использовано. На рисунке 2-4 показана такая схема. Схема калибровки с помощью шунта в NI PXIe-4339 состоит из программно управляемого переключателя, который используется совместно с калибровочными резисторами шунта, находящимися в терминальных блоках TB-4339/B/C. Обратитесь к справке по программному обеспечению для получения информации о подключении калибровочных резисторов в модуле NI PXIe-4339. Калибровка с помощью шунта симулирует датчик путем изменения сопротивление плеча моста на известную величину. Это достигается шунтированием, или подключением, большого резистора известного номинала в одно из плеч моста, тем самым создавая известное изменение выходного напряжения моста. Это изменение измеряется и сравнивается с ожидаемым выходным напряжением моста. Результат может быть использован для коррекции погрешностей коэффициента передачи всего измерительного тракта или просто для проверки общей работоспособности системы.

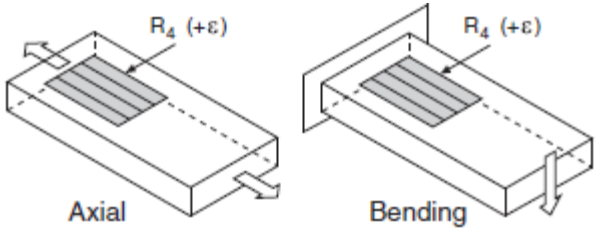
Конфигурации тензомоста

В данном разделе описаны конфигурации и подключение сигналов различных поддерживаемых конфигураций тензомостов.

Четвертьмостовая схема типа I

В данном разделе предоставляется информация о конфигурации четвертьмостовой схемы типа I. В такой конфигурации моста измеряется продольная деформация и деформация изгиба. На рисунке 2-3 показано расположение тензорезисторов для измерения этих видов деформации. На рисунке 2-4 показана четвертьмостовая схема подключения типа I.

Рисунок 2-3. Четвертьмостовая схема типа I для измерения продольной деформации и деформации изгиба.



Axial – продольная деформация, Bending – деформация изгиба

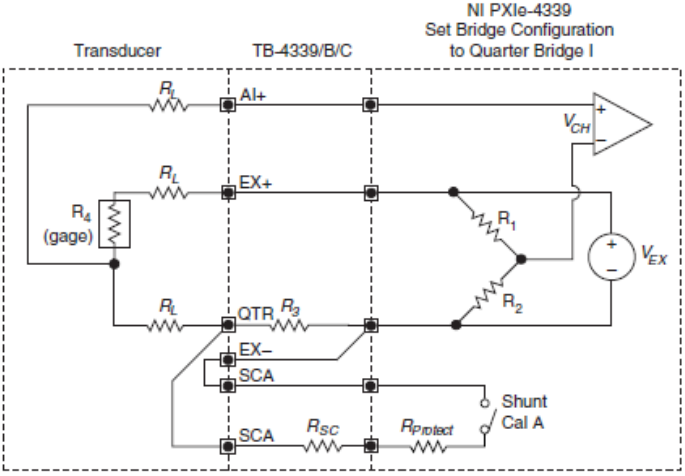
Четвертьмостовая схема типа I имеет следующие особенности:

- Один активный тензодатчик установлен по главному направлению деформации продольной или изгиба.
- Пассивный резистор дополнения четвертьмостовой схемы (R3) требуется в дополнение к полумостовой схеме (R1 и R2).
- Резисторы полумоста дополнения (R1 и R2) находятся в модуле NI PXIe-4339.
- Дополняющий резистор четвертьмостовой схемы (R3) находится в

терминальном блоке TB-4339/B/C.

- Шунтирующий калибровочный резистор (R_{SC}) находится в терминальном блоке TB-4339/B/C.
- Переключатель Shunt Cal A находится в модуле NI PXIe-4339.
- Чувствительность ~ 0,5 мкВ/В на με при коэффициенте тензочувствительности
  GF = 2,0.

Рисунок 2-4. Четвертьмостовая схема типа I. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Quarter Bridge I – в модуле NI PXIe-4339 задана четвертьмостовая схема конфигурации типа I

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2- резисторы полумоста дополнения расположены в NI PXIe-4339.
- R_3 - резистор дополнения четвертьмостовой схемы, расположен в TB-4339/B/C.
  Сопротивление R_3 должен быть равен номинальному сопротивлению активного датчика (R_4).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ ε). Этот элемент предоставляется вами.
- R_L - сопротивление проводников. Сопротивление проводников EX + и QTR должно быть одинаковым.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$- резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным

сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.

- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

Для преобразования показаний модуля в деформацию используйте следующее уравнение:

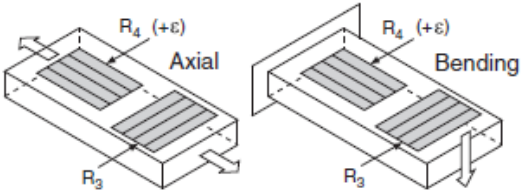
$$strain(\varepsilon) = \frac{-4V_r}{GF(1+2V_r)}$$

Для компенсации сопротивления проводников используйте калибровку с помощью шунта.

Четвертьмостовая схема типа II

В данном разделе предоставляется информация о конфигурации четвертьмостовой схемы типа II. Четвертьмостовая схема типа II используется для измерения как продольной деформации, так и деформации изгиба. На рисунке 2-5 показано расположение тензорезистора для измерения продольной деформации и деформации изгиба. На рисунке 2-6 изображена четвертьмостовая схема подключения типа II.

Рисунок 2-5. Четвертьмостовая схема типа II для измерения продольной деформации и деформации изгиба

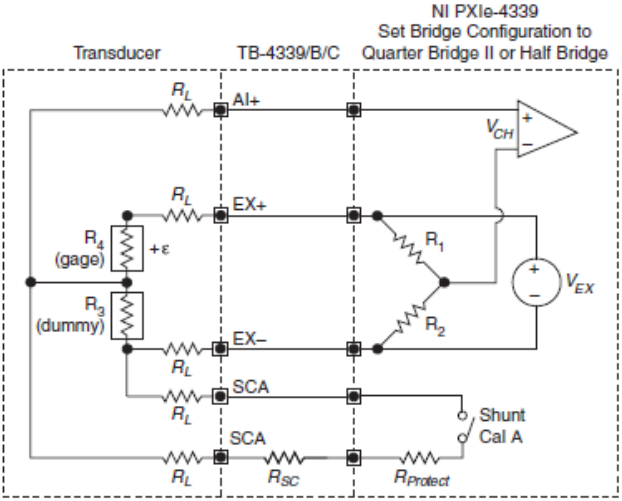


Axial – продольная деформация, Bending – деформация изгиба

Четвертьмостовая схема типа II имеет следующие особенности:

- Один активный тензодатчик и один, используемый для температурной компенсации пассивный тензодатчик. Активный элемент (R_4) устанавливается в направлении осевой или изгибающей деформации. Пассивный датчик (R_3) устанавливается в тесном термальном контакте с деформируемым образцом, обычно перпендикулярно к главной оси деформации.
- Резисторы полумоста дополнения (R_1 и R_2) находятся в модуле NI PXIe-4339.
- Чувствительность ~ 0.5 мкВ/В на με, при коэффициенте тензочувствительности GF = 2,0.

Рисунок 2-6. Четвертьмостовая схема типа II. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Quarter Bridge II or Half-Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана четвертьмостовая схема конфигурации типа II или полумостовая схема

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2- резисторы полумоста дополнения расположены в NI PXIe-4339.
- R_3 - резистор дополнения четвертьмостовой схемы, расположен в непосредственной близости к активному датчику. Сопротивление R_3 должен быть равно номинальному сопротивлению активного датчика (R_4).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ ε).
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$- резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

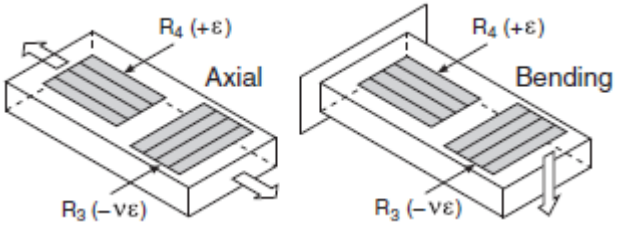
Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain(\varepsilon) = \frac{-4V_r}{GF(1+2V_r)}$$

Полумостовая схема типа I

В этом разделе приводится информация о конфигурации полумостовой схемы типа I. Такая схема используется для измерения как продольной деформации, так и деформации изгиба. На рисунке 2-7 показано расположение тензорезисторов для измерения продольной деформации и деформации изгиба. На рисунке 2-8 показана полумостовая схема подключения типа I.

Рисунок 2-7. Полумостовая схема типа I для измерения продольной деформации и деформации изгиба

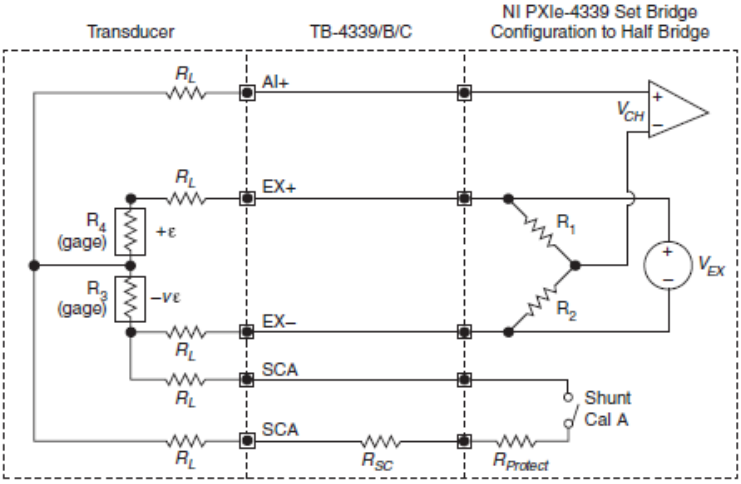


Axial – продольная деформация, Bending – деформация изгиба

Полумостовая схема типа I имеет следующие особенности:

- Два активных тензодатчика. Один тензодатчик устанавливается в направлении осевой деформации, а другой служит датчиком эффекта Пуассона и устанавливается перпендикулярно главной оси деформации.
- Резисторы полумоста дополнения (R_1 и R_2) находятся в модуле NI PXIe-4339.
- Чувствительна к продольной деформации и деформации изгиба.
- Чувствительность ~ 0,65 мкВ/В на με, при GF = 2,0.

Рисунок 2-8. Полумостовая схема типа I. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Half-Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана полумостовая конфигурация моста

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 - резисторы полумоста дополнения расположены в NI PXIe-4339.
- R3 - активный элемент, измеряющий сжатие из-за эффекта Пуассона (-νε).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ ε).
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- ν - коэффициент Пуассона, определяемый как взятое с отрицательным знаком отношение деформации в поперечном направлении к деформации в продольном направлении. Коэффициент Пуассона является свойством материала измеряемого образца.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$- резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}\,(strained) - V_{CH}\,(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

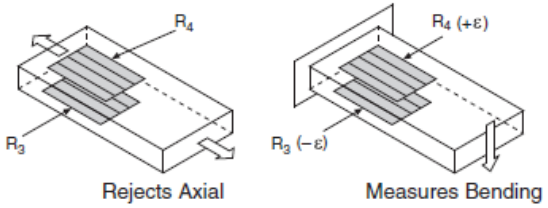
Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain(\varepsilon) = \frac{-4V_r}{GF[(1+\nu)-2V_r(\nu-1)]}$$

Полумостовая схема типа II

В этом разделе приводится информация о конфигурации полумостовой схеме типа II. Полумостовая схема типа II измеряет только деформацию изгиба. На рисунке 2-9 показано расположение тензорезисторов для измерения деформации изгиба. На рисунке 2-10 показана полумостовая схема подключения типа II.

Рисунок 2-9. Полумостовая схема типа II для подавления продольной деформации и измерения деформации изгиба

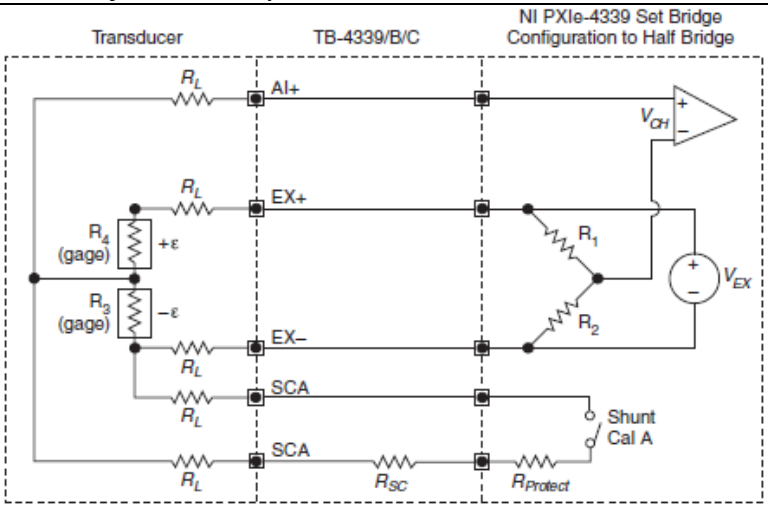


Rejects Axial – подавление продольной деформации,
Measures Bending – измерение деформации изгиба

Полумостовая схема типа II имеет следующие особенности:

- Два активных тензодатчика. Один тензодатчик устанавливается в направлении деформации изгиба на одной стороне образца (сверху), а другой - в направлении деформации изгиба на противоположной стороне (снизу).
- Резисторы полумоста дополнения (R_1 и R_2) находятся в модуле NI PXIe-4339.
- Чувствительна к деформации изгиба.
- Подавляется продольной деформации.
- Чувствительность ~ 1 мкВ/В на με при GF = 2,0.

Рисунок 2-10. Полумостовая схема типа II. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Half-Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана полумостовая схема

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 и R_2 - резисторы полумоста дополнения расположены в NI PXIe-4339.
- R_3 - активный элемент, измеряющий деформацию сжатия (+-ε).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ ε).
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$- резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

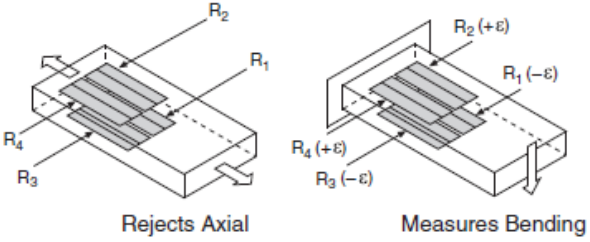
Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain\ (\varepsilon) = \frac{-2V_r}{GF}$$

Схема полного моста типа I

В этом разделе приводится информация о конфигурации полномостовой схемы типа I. Полномостовая схема типа I измеряет только деформацию изгиба. На рисунке 2-11 показано расположение тензорезисторов для измерения деформации изгиба. На рисунке 2-12 показана схема подключения полного моста типа I.

Рисунок 2-11. Схема полного моста типа I для подавления продольной деформации и измерения деформации изгиба

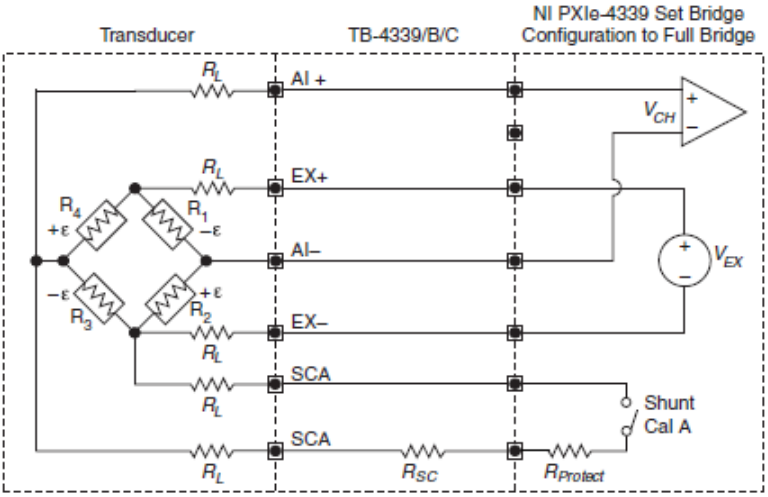


Rejects Axial – подавление продольной деформации,
Measures Bending – измерение деформации изгиба

Полномостовая схема типа I имеет следующие особенности:

- Четыре активных тензодатчика. Два тензодатчика устанавливаются в направлении деформации изгиба на одной стороне образца (сверху), а другие два - в направлении деформации изгиба на противоположной стороне (внизу).
- Высокая чувствительность к деформации изгиба.
- Подавление продольной деформации.
- Чувствительность ~ 2 мкВ/В на με при GF = 2,0.

Рисунок 2-12. Схема полного моста типа I. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Full Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана схема полного моста

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1- активный элемент, измеряющий деформацию сжатия (-ε).
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ε).
- R_3- активный элемент, измеряющий деформацию сжатия (-ε).
- R_4- активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ε).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$ - резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

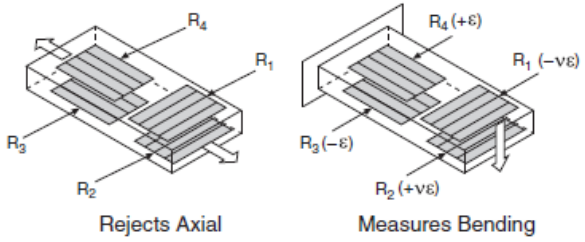
Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain\ (\varepsilon) = \frac{-V_r}{GF}$$

Схема полного моста типа II

В этом разделе приводится информация о конфигурации полномостовой схемы типа II. Полномостовая схема типа II измеряет только деформацию изгиба. На рисунке 2-13 показано расположение тензорезисторов для измерения деформации изгиба. На рисунке 2-14 показана схема подключения полного моста типа II.

Рисунок 2-13. Полномостовая схема типа II для подавления продольной деформации и измерения деформации изгиба



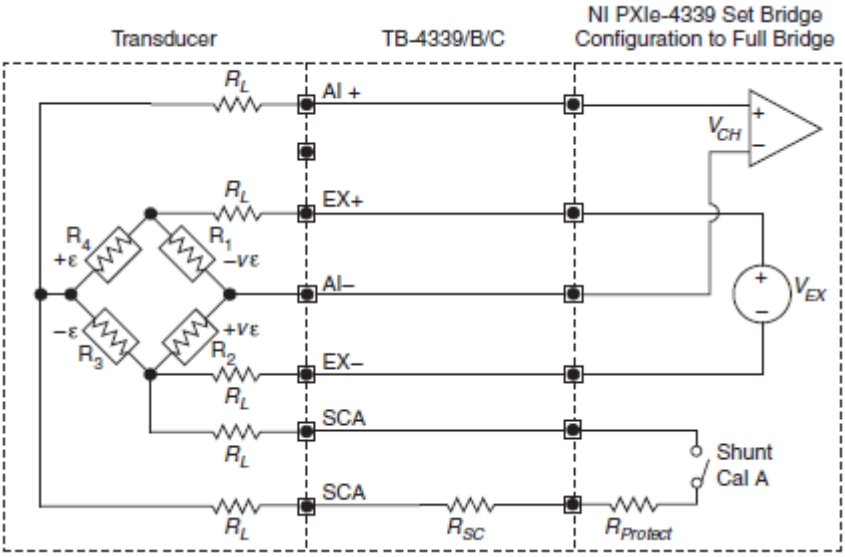
Rejects Axial – подавление продольной деформации,
Measures Bending – измерение деформации изгиба

Полномостовая схема типа II имеет следующие особенности:

- Четыре активных тензодатчика. Два устанавливаются в направлении деформации изгиба, один на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой на противоположной стороне (снизу). Другие два служат датчиками эффекта Пуассона и устанавливаются поперек (перпендикулярно) к главной оси деформации, один на одной стороне деформируемого образца (сверху), а другой на противоположной стороне (снизу).
- Подавляется продольная деформация.
- Чувствительность ~ 1,3 мкВ/В на με при GF = 2,0.

•

Рисунок 2-14. Схема полного моста типа II. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Full Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана схема полного моста

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 - активный элемент, измеряющий сжатие из-за эффекта Пуассона (-νε).
- R_2 - активный элемент, измеряющий растяжение из-за эффекта Пуассона (+νε).
- R_3 - активный элемент, измеряющий деформацию сжатия (-ε).
- R_4 - активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ε).
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$ - резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

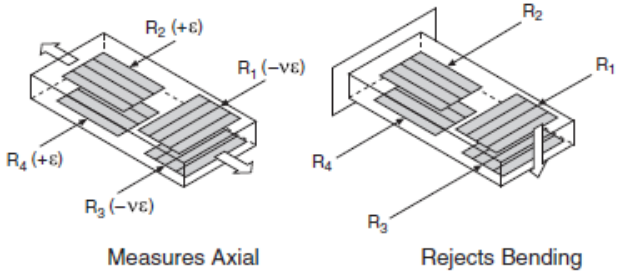
Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain(\varepsilon) = \frac{-2V_r}{GF(1+\nu)}$$

Схема полного моста типа III

В этом разделе приводится информация о конфигурации полномостовой схемы типа III. Полномостовая схема типа III измеряет только продольную деформацию. На рисунке 2-15 показано расположение тензорезисторов для измерения продольной деформации. На рисунке 2-16 показана схема подключения полного моста типа III.

Рисунок 2-15. Схема полного моста типа III для измерения продольной деформации и подавления деформации изгиба

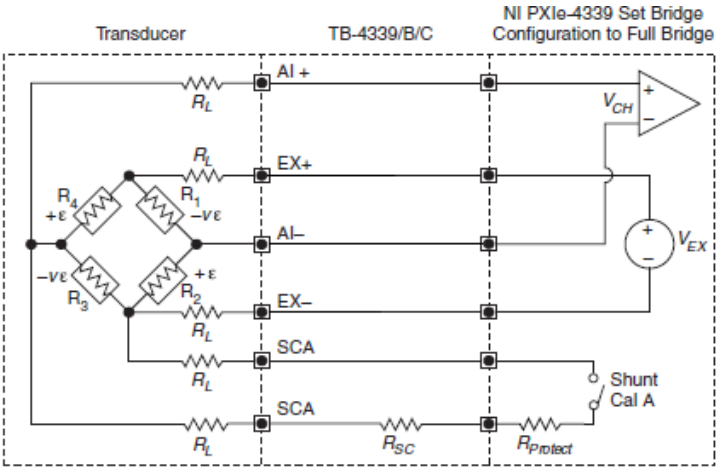


Measures Axial – измерение продольной деформации,
Rejects Bending – подавление деформации изгиба

Полномостовая схема типа III имеет следующие особенности:

- Четыре активных тензодатчика. Два устанавливаются в направлении продольной деформации, один на одной стороне образца (сверху), а другой на противоположной стороне (снизу). Другие два служат датчиками эффекта Пуассона и устанавливаются поперек (перпендикулярно) к главной оси деформации, один на одной стороне образца (сверху), а другой на противоположной стороне (снизу).
- Подавляется деформация изгиба.
- Чувствительность ~ 1,3 мкВ/В на με при GF = 2,0.

Рисунок 2-16. Схема полного моста типа III. Подключение



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Full Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана схема полного моста

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- R_1 - активный элемент, измеряющий сжатие из-за эффекта Пуассона (-νε).
- R_2 - активный элемент, измеряющий растяжение из-за эффекта Пуассона (+ε).
- R_3 - активный элемент, измеряющий деформацию сжатия (-νε).
- R_4 - активный элемент, измеряющий деформацию растяжения (+ε).
- R_L - сопротивление проводников.
- *GF* - коэффициент тензочувствительности, указанный производителем.
- ν - коэффициент Пуассона, определяемый как взятое с отрицательным знаком отношение деформации в поперечном направлении к деформации в продольном направлении. Коэффициент Пуассона является свойством материала измеряемого образца.
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$ - резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \left(\frac{V_{CH}(strained) - V_{CH}(unstrained)}{V_{EX}}\right)$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

Для преобразования показаний модуля в напряжение используйте следующее уравнение:

$$strain(\varepsilon) = \frac{-2V_r}{GF[(\nu + 1) - V_r(\nu - 1)]}$$

Конфигурации датчиков силы, давления и момента

NI PXIe-4339 может использоваться с датчиками силы (такими как тензометрами), датчиками давления или датчиками момента, которые имеют следующие особенности:

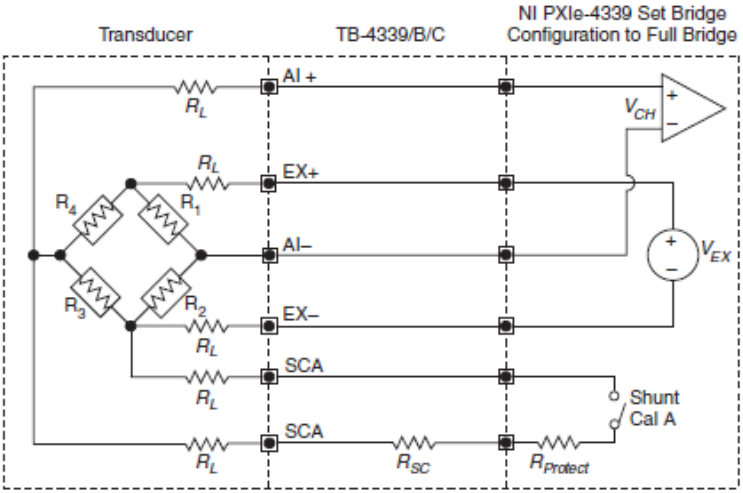
- В основе - мост Уитстона[1]
- Выходной сигнал мВ/В или В/В не усилен[2]

Эти датчики обычно используют конфигурацию полного моста с номинальным сопротивлением 350 Ом, но могут использоваться другие конфигурации и номинальные сопротивления моста. На рисунке 2-17 показана схема подключения датчиков силы, давления, крутящего момента.

[1] Датчики, измеряющие силу, давление или момент с помощью других средств (например, пьезоэлектрические датчики силы), не могут использоваться с модулем NI PXIe-4339.

[2] Датчики, содержащие встроенный усилитель напряжения или тока, могут использоваться с модулем NI PXIe-4339 в режиме напряжения.

Рисунок 2-17. Схема подключения датчиков силы, давления и момента



Transducer – датчик, NI PXIe-4339 Set Bridge Configuration to Full Bridge – в модуле NI PXIe-4339 задана схема полного моста

На схеме и в уравнениях применяются следующие обозначения:

- $R_1 \div R_4$ - активные элементы моста, расположенны внутри датчика.
- R_{SC} - шунтирующий калибровочный резистор, расположен в TB-4339/B/C.
- R_L - сопротивление проводников.
- V_{CH} - результат измерения напряжение питания моста.
- V_{EX} - напряжение питания, обеспечиваемое NI PXIe-4339.
- $R_{Protect}$ - резистор номиналом 10 кОм, включенный последовательно с ключом Shunt Cal A для защиты от внешних опасных напряжений. Общее сопротивление шунта калибровки равно последовательно включенным сопротивлениям R_{SC} и $R_{Protect}$.
- V_r - логометрический выходной сигнал моста с компенсацией смещения, определяемый следующим уравнением:

$$V_r = \frac{(V_{CH}\,(\text{under load}) - V_{CH}\,(\text{no load}))}{V_{EX}}$$

Примечание Отношение выходного напряжения моста к напряжению питания вычисляется в NI PXIe-4339.

Преобразование показаний модуля в физические значения силы, давления или момента может выполняться с использованием линейного, табличного или полиномиального масштабирования.

В NI-DAQmx линейное масштабирование для мостовых датчиков силы, давления и момента выполняется по двум точкам, заданных в виде пар соответствующих физических и электрических значений: ($electric_1$, $physical_1$) и ($electric_2$, $physical_2$). Эти значения основаны на сертификате калибровке датчика, если есть такой; в противном случае они могут быть основаны на спецификациях или справочной информации датчика. Могут использоваться любые две точки при условии, что они находятся достаточно далеко друг от друга для правильного определения коэффициента пропорциональности линейного уравнения. Например:

- $physical_1$ - нулевая точка датчика: нулевая сила, давление или момент.
- $electric_1$ - электрический выходной сигнал, соответствующий нулевой точке датчика, в мВ/В или В/В.
- $physical_2$ - максимальное значение физической величины датчика: максимальная нагрузка, давление или момент.
- $electric_2$ - электрический выходной сигнал, соответствующий максимальному значению физической величины датчика, в мВ/В или В/В.

Примечание В некоторых сертификатах калибровки датчика электрический выходной сигнал указывается в мВ или В, а не в мВ/В или В/В. В этом случае разделите указанное значение выходного электрического сигнала на напряжение питания, при котором производилась калибровка.

Для линейного преобразования по двум точкам используется следующее уравнение:

$$m = \frac{physical_1 - physical_2}{electrical_1 - electrical_2}$$

$$b = physical_1 - m \times electrical_1$$

$$physical\ reading = m \times V_r + b$$

Если для компенсации смещения используется коррекция нуля (балансировка моста), тогда можно предположить, что нулевая точка датчика составляет ровно 0В/В, упрощая эти уравнения:

$$m = \frac{physical_2}{electrical_2}$$

$$physical\ reading = m \times V_r$$

Когда сертификат калибровки датчика предоставляет собой таблицу с более чем двумя точками калибровки или полином, преобразование по таблице или полиному может давать более точные результаты путем компенсации нелинейности отклика датчика. Для преобразования по таблице нужно предоставить NI-DAQmx набор электрических и соответствующих им физических значений. Для полиномиального преобразования необходимо предоставить NI-DAQmx прямые и обратные коэффициенты полинома, представляющего отклик датчика. Если вы знаете только один набор коэффициентов, то можете использовать DAQmx Compute Reverse Polynomial Coefficient VI/функцию для определения второго набора.

Обратитесь к справке *NI-DAQmx Help* для получения дополнительной информации о DAQmx Compute Reverse Polynomial Coefficients VI/функции.

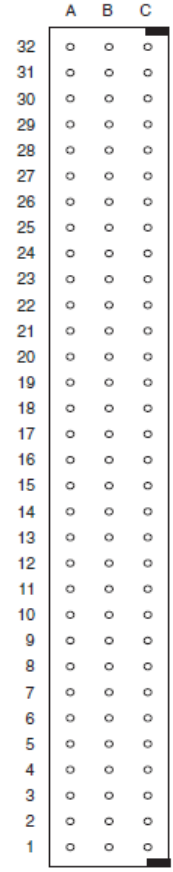
Экранирование и заземление

Внимание Для обеспечения соответствия указанной электромагнитной совместимости используйте это изделие только с экранированными кабелями и аксессуарами. Подключения к NI PXIe-4339 с поомщью терминального блока TB-4339/B/C должны выполняться с использованием только экранированных витых пар. Используйте экранированную витую пару для каждого подключения EX+/EX-, RS+/RS-, AI+/AI-, PFI0/DGND, AO+/AOGND и T+/DGND. Экранные проводники кабелей должны быть соединены с заземленнием шасси с обеих сторон.

Схема расположения контактов модуля

Эта схема расположения контактов разъема на лицевой панели NI PXIe-4339. Обратитесь к разделу *Описание сигналов разъема ввода-вывода* за определениями каждого сигнала. Обратитесь к руководству по установке терминального блока за расположением сигналов на терминальном блоке.

Таблица 2-1. Назначение контактов разъема на лицевой панели

Схема разъема на лицевой панели	Номер ряда	Столбец A	Столбец B	Столбец C	Канал
	32	AIGND	EX+	AI+	0
	31	SCA	EX-	AI-	
	30	SCA	RS-	RS+	
	29	AIGND	EX+	AI+	1
	28	SCA	EX-	AI-	
	27	SCA	RS-	RS+	
	26	AIGND	EX+	AI+	2
	25	SCA	EX-	AI-	
	24	SCA	RS-	RS+	
	23	AIGND	EX+	AI+	3
	22	SCA	EX-	AI-	
	21	SCA	RS-	RS+	
	20	DGND	T0	T1	Нет канала
	19	T4	T2	T3	
	18	T5	T6	T7	
	17	AOGND	AO0+	AO1+	
	16	AO4+	AO2+	AO3+	
	15	AO5+	AO6+	AO7+	
	14	AIGND	EX+	AI+	4
	13	SCA	EX-	AI-	
	12	SCA	RS-	RS+	
	11	AIGND	EX+	AI+	5
	10	SCA	EX-	AI-	
	9	SCA	RS-	RS+	
	8	AIGND	EX+	AI+	6
	7	SCA	EX-	AI-	
	6	SCA	RS-	RS+	
	5	PFI0	EX+	AI+	7
	4	SCA	EX-	AI-	
	3	SCA	RS-	RS+	
RSVD - зарезервирован	2	RSVD	DGND	RSVD	Нет канала
	1	RSVD	RSVD	RSVD	

Описание сигналов разъема ввода-вывода

В таблице 2-2 приведено описание сигналов разъема ввода-вывода.

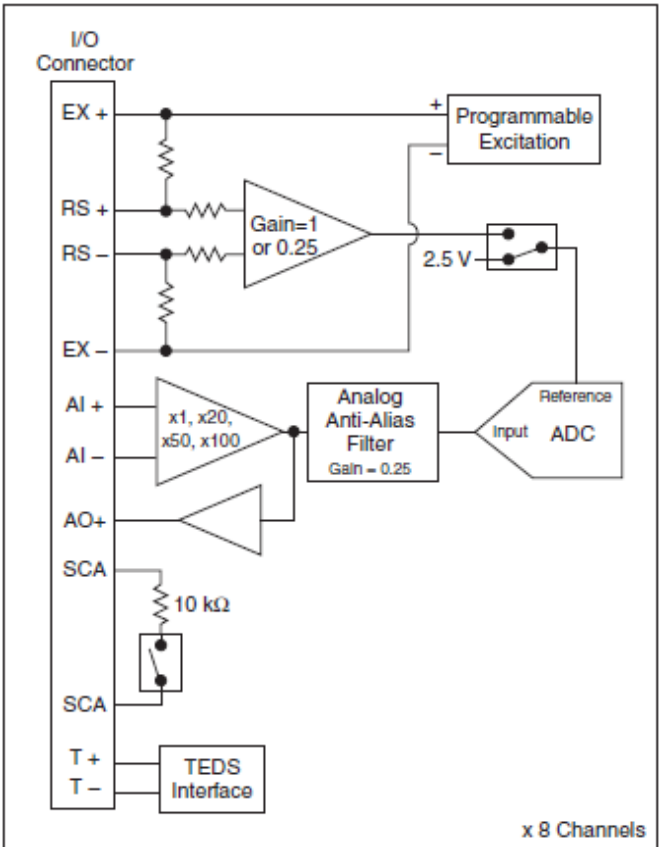
Таблица 2-2. Описание сигналов разъема ввода-вывода

Наименование сигналов	Направление	Описание
AIGND	—	Общий аналогового ввода.
AOGND	—	Общий аналогового вывода.
AI<0..7>+, AI<0..7>-	Ввод	Каналы аналогового ввода 0÷7: AI+ и AI- - положительный и отрицательный входы дифференциального сигнала аналогового ввода.
SCA<0..7>	—	Это контакты ключа для калибровки с помощью шунта.
EX<0..7>+, EX<0..7>-	Вывод	Дифференциальное напряжение питания моста.
RS<0..7>+, RS<0..7>-	Ввод	Вход дистанционного измерения – с этих контактов снимается реальное напряжение, приложенное к мосту.
AO<0..7>+	Вывод	Широкополосные каналы аналогового вывода 0÷7, общий - AOGND. Этот сигнал является ограниченной по току, защищенной от опасного внешнего напряжения копией выходного сигнала первого каскада усилителя.
T<0..7>+	Ввод/вывод	Цифровые линии подключения датчика TEDS, общий - DGND.
RSVD	—	Эти контакты зарезервированы для подключения акссесуаров.
DGND	—	Цифровой общий - эти контакты обеспечивают общий потенциал для цифровых сигналов модуля.
PFI0	Ввод/вывод	Цифровой сигнал 3,3 В для передачи или приема сигналов запуска и синхронизации. Общим для этой линии является DGND.

Блок-схема NI PXIe-4339

На рисунке 2-18 показана функциональная схема аналогового входного блока NI PXIe-4339. В NI PXIe-4339 реализованы два режима измерения. Режим напряжения используется для измерения напряжений, а логометрический режим - для питания и измерения сигналов с мостовых датчиков. Программируемый блок питания формирует напряжение питания моста. Уровень напряжения питания настраивается для каждого канала индивидуально. В логометрическом режиме напряжение питания воспринимается локально или дистанционно через контакты дистанционного измерения (RS + и RS-) и подается на АЦП (аналого-цифровой преобразователь) в качестве опорного напряжения через усилитель с программируемым коэффициентом усиления. Коэффициент усиления, применяемый для измерения напряжения питания, выбирается автоматически на основе выбранного уровня напряжения возбуждения и заданного пользователем диапазона входного сигнала.

Рисунок 2-18. Блок-схема преобразования сигналов NI PXIe-4339



I/O Connector – разъем ввода-вывода; Programmable Excitation – программируемое питание; Gain=1 or 0.25 – коэффициент усиления=1 или 0,25; Analog Anti-Alias Filter – аналоговый антиалиасинговый фильтр; ADC – аналого-цифровой преобразователь, Reference – опорное напряжение, Input – вход; TEDS Interface – интерфейс TEDS

Выходное напряжение моста воспринимается через контакты AI+ и AI-, а затем усиливается и фильтруется перед подачей на вход АЦП. АЦП выполняет измерение отношения входного сигнала к опорному сигналу для определения фактического изменения состояния моста или датчика. В режиме напряжения, опорное напряжение АЦП подается от источника стабильного напряжения 2,5 В.

NI PXIe-4339 поддерживает измерения с четвертьмостовой, полумостовой и полномостовой схемой. В NI PXIe-4339 предусмотрены полумост дополнения и ключи для калибровки с помощью шунта. Резисторы дополнения четвертьмостовой схемы и резисторы калибровки с помощью шунта находятся в терминальных блоках TB-4339/B/C.

AO + - несимметричная, ограниченная по току, защищенная от внешнего напряжения линия копии выходного сигнала входного усилительного каскада. Обратитесь к разделу *Широкополосый аналоговый выход* для получения дополнительной информации. Каждый канал снабжен также интерфейсом для преобразователей с электронными таблицами (TEDS). По этому интерфейсу можно считывать информацию TEDS с соответствующих датчиков для автоматической идентификации датчика и получения информации о его характеристиках преобразовании.

Широкополосный аналоговый выход

Широкополосное аналоговое выходное напряжение является буферизованной версией выхода первого каскада в цепи входного сигнала. Схема состоит из усилителя с несимметричным входом и единичным коэффициентом усиления, ограничением по току и защитой от опасного внешнего напряжения. Номинальное ограничение тока составляет 3,5 мА. Эта схема всегда включена, а коэффициент усиления определяется конфигурацией первого каскада. Выходное состояние широкополосного аналогового выхода после включения питания не определено. В таблице 2-3 приведены номинальные значения коэффициента усиления сигнала на широкополосном аналоговом выходе для различных диапазонов входного сигнала модуля.

Таблица 2-3. Номинальный коэффициент усиления сигнала на широкополосном аналоговом выходе

Коэффициент усиления сигнала на широкополосном аналоговом выходе	Входной диапазон в режиме напряжения (В)	Входной диапазон в логометрическом режиме (мВ/В)	
		V_{ex} > 2,5 В	V_{ex} ≤ 2,5 В
100	±0,1	±10	±40
50	±0,2	±20	±80
20	±0,5	±50	±200
1	±10	±1000	±4000

Основные понятия в области измерения сигналов

В этом разделе приведена информация о принципах измерения сигналов, включая программное масштабирование и уравнения, дельта-сигма преобразователи, частоту и полосу частот Найквиста, тактирование, запуск и синхронизацию.

Программное масштабирование и уравнения

После измерения интересующего вас сигнала вы можете программно отмасштабировать результаты измерения в соответствующие единицы измерения. Это автоматически выполняется в NI-DAQmx при использовании определенных задач, например, типов деформации или каналов. Вы можете также масштабировать измерения вручную в приложении, используя уравнения преобразования результатов измерения в единицы деформации, представленные в этом документе для каждой конфигурации. NI PXIe-4339 поддерживает также измерение силы, давления, момента, небаланс моста (В/В) и отношения пользовательского напряжения к напряжению питания.

Наконец, существуют функции преобразования напряжения в деформацию, включенные в LabVIEW и NI-DAQmx. В LabVIEW функция преобразования Convert Strain Gage Reading VI находится в подпалитре **Data Acquisition»Signal Conditioning.** Прототипы для функций NI-DAQ `Strain_Convert` и `Strain_Buf_Convert` находятся в заголовочном файле `convert.h` для C/C ++ и `convert.bas` для Visual Basic.

Обратитесь к разделу *Measurement Fundamentals* справки *LabVIEW Help* для получения дополнительной информации. Типы тензодатчиков в этих разделах непосредственно соответствуют выбору моста в MAX и LabVIEW Convert Strain Gage Reading VI.

Частота и полоса частот Найквиста

Любая система, например, АЦП, может измерять сигналы только с ограниченным спектром. Следует особо отметить, что при частоте дискретизации f_s можно представлять только такие сигналы, все спектральные составляющие которых находятся ниже частоты $f_s/2$, называемой *частота Найквиста.* Полоса частот в диапазоне от 0 Гц до частоты Найквиста называют *полосой частот Найквиста.*

АЦП

В АЦП модуля NI PXIe-4339 используется метод преобразования, называемый дельта-сигма модуляцией. Этот метод предусматривает передискретизацию входного сигнал с последующей децимацией и фильтрацией результирующего сигнала, чтобы получить желаемую частоту дискретизации.

Фильтры аналогового ввода

Чтобы обеспечить точное представление сигналов с ограниченным спектром при одновременном подавлении внеполосных спектральных составляющих, в модуле NI PXIe-4339 используется комбинация аналоговой и цифровой фильтрации. Это позволяет выделять отдельные участки (диапазоны) спектра измеряемых сигналов. Принято различать три важных участка в частотном спектре – полосу пропускания, полосу заграждения и полосу, в которой отсутствует эффект наложения спектров («алиазинг»).

Модуль NI PXIe-4339 точно представляет сигналы, лежащие в полосе пропускания, что в основном количественно оценивается неравномерностью в полосе пропускания и нелинейностью фазовой характеристики. Все сигналы, спектр которых попадает в полосу частот, где отсутствует эффект наложения спектров, не искажаются, или, другими словами, сигналами, у которых путем фильтрации подавлены составляющие, как минимум, до уровня подавления в полосе заграждения.

Антиалиазинговые фильтры

Дигитайзер или АЦП может оцифровывать сигналы, которые содержат спектральные составляющие выше частоты Найквиста. Нежелательный эффект модуляции АЦП внеполосными спектральными составляющими в полосе частот Найквиста называют «алиазингом» или эффектом наложения спектров. Самая большая опасность этого алиазинга заключается в том, что невозможно определить, имеет ли место данный эффект, наблюдая сигнал на выходе АЦП. Если входной сигнал состоит из нескольких спектральных составляющих (гармоник), некоторые из них могут быть представлены правильно, а другие могут быть искажены ложными компонентами.

Низкочастотная фильтрация, выполняемая до или в процессе оцифровки, удаляет частоты выше частоты Найквиста, может гарантировать, что в оцифрованных данных нет ложных составляющих. Модуль NI PXIe-4339 обеспечивает защиту от искажения спектра с помощью аналоговых и цифровых фильтров.

В модуле NI PXIe-4339 реализована архитектура с передискретизацией и цифровыми фильтрами с крутой АЧХ[1], у которых частота среза отслеживается по частоте дискретизации. Поэтому фильтр автоматически подстраивает свою АЧХ в соответствии с частотой Найквиста. Хотя цифровой фильтр устраняет почти все внеполосные гармоники, он все равно остается чувствительным к ложным составляющим, появляющимся из некоторых узких спектральных областей, расположенных намного выше частоты дискретизации. Эти составляющие называют «ложными провалами» спектра сигнала на выходе АЦП.

В дополнение к цифровой фильтрации в модуле NI PXIe-4339 есть аналоговый фильтр с фиксированной частотой, который подавляет высокочастотные составляющие в тракте аналогового сигнала до того, как он поступит на вход АЦП. Аналоговая фильтрация предназначена для подавления ложных узкополосных высокочастотных составляющих, что не может быть реализовано цифровым фильтром.

Хотя частотная характеристика цифрового фильтра напрямую масштабируется с частотой дискретизации, точка -3дБ аналогового фильтра фиксирована. NI PXIe-4339 автоматически настраивает частоту передискретизации для поддержания высокого уровня защиты от алиазинга, независимо от текущей частоты дискретизации.

Полоса пропускания

Внутри полосы пропускания уровень коэффициента усиления или ослабления (коэффициента передачи) сигналов зависит от частоты. Небольшие колебания зависимости коэффициента передачи от частоты называют неравномерностью АЧХ. Цифровые фильтры модуля NI PXIe-4339 подстраивают ширину полосы пропускания в соответствии с частотой дискретизации. Поэтому значение коэффициента передачи на некоторой заданной частоте зависит от частоты дискретизации.

[1] Фильтры с более пологой АЧХ и неширокой полосой пропускания без искажений, используются для частот дискретизации <25 Гц. Это делается для уменьшения больших групповых задержек, вызываемых фильтрацией при низких частотах дискретизации. Обратитесь к документу *NI PXIe-4339 Specifications* за получением данных о производительности на низких частотах

Полоса заграждения

Фильтр значительно ослабляет все спектральные составляющие за пределами частоты заграждения. Основное назначение данного фильтра - предотвратить алиазинг. Поэтому полоса заграждения точно подстраивается под частоту дискретизации. За уровень подавления в полосе заграждения принимают минимальное ослабление фильтром всех частотных составляющих.

Полоса, в которой отсутствует эффект наложения спектра

Любой сигнал, спектр которого попадает в полосу пропускания модуля NI PXIe-4339, где нет эффекта наложения спектра, не является ложной составляющей сигналов, имеющих более высокие частоты. Полоса частот без искажений определяется способностью фильтра подавлять спектральные составляющие за пределами частоты заграждения и вычисляется как разность между частотой дискретизации и частотой заграждения.

Групповая задержка фильтра

Цифровая фильтрация в модуле NI PXIe-4339 приводит к значительной задержке между событием на входе и данными, ему соответствующими, получаемыми в результате измерения и фильтрации. Эта задержка, называемая групповой задержкой, оценивается количеством отсчетов оцифрованного сигнала.

Чтобы упростить процесс сбора данных с модулей NI PXIe-4339 и привязку этих данных к данным от других модулей, групповая задержка компенсируется следующими способами:

- Выходной сигнал Sample Clock генерируется модулем NI PXIe-4339 в момент времени, когда входной сигнал доступен на входных контактах АЦП. В процессе измерений модуль генерирует сигнал Sample Clock, затем ожидает появления данных, ассоциируемых с этим сигналом взятия отсчета, после чего возвращает результат измерений. Таким образом, любые другие данные измерений, тактируемые с помощью сигнала Sample Clock, выравниваются с данными, возвращаемыми модулем.
- Любые сигналы запуска, сгенерированные или принятые модулем NI PXIe-4339 интерпретируются в зависимости от их временного положения относительно генерируемого импульса сигнала Sample Clock. Например, сигнал Start Trigger запускает сбор данных по следующему импульсу Sample Clock, который возвращает первый результат измерения. За более подробной информацией о том, как это влияет на события аналогового запуска, обратитесь к параграфу *Запуск и задержка фильтра*
- При измерениях с программным запросом возвращается один отсчет, полученный при измерении с максимальной поддерживаемой модулем частотой. При любых измерениях по запросу, с программной синхронизацией, модуль NI PXIe-4339 находится в режиме ожидания до тех пор, пока не истечет время групповой задержки, и только затем возвращает отсчет. В этом случае возвращаемые данные точнее выравниваются во времени с моментом их запроса, и время задержки составит сумму задержек аналогового входа и цифрового фильтра.[1]

[1] Максимальная частота дискретизации NI PXIe-4339 составляет 25,6 кОтсчетов/с. В дополнение к

- 1 Максимальная частота дискретизации NI PXIe-4339 составляет 25.6 кОтсчета/с.

Поддерживаемые тактовые частоты

NI PXIe-4339поддерживает частоты от 1 Отсчета/с до 25,6 кОтсчетов/с.

Поточечный сбор данных с аппаратным тактированием

Поточечный сбор данных с аппаратным тактированием (HWTSP) - режим сбора данных, при котором частотой сбора управляет цифровой аппаратный сигнал SampleClock, а данные передаются в контроллер PXI Express или компьютер при выполнении операций HWTSP. Сигнал SampleClock может быть импортирован или сгенерирован в самом NI PXIe-4339 с использованием частоты дискретизации, сконфигурированной в задаче NI-DAQmx.

При передаче данных в контроллер PXI Express или компьютер операции HWTSP используются для чтения одного отсчета через известные интервалы времени. В то время как буферизованные операции оптимизированы для высокой пропускной способности, операции HWTSP оптимизированы для низкой задержки. Тем самым, режим HWTSP идеален для приложений управления реального времени. Операции HWTSP в сочетании с ожиданием следующего тактового импульса обеспечивают более детерминированную синхронизацию программного и аппаратного уровней. Обратитесь к документу *NI-DAQmx Hardware-Timed Single Point Lateness Checking* для получения дополнительной информации. Для доступа к документу перейдите на страницу `ni.com/info` и введите информационный код `daqhwtsp`.

Модель поточечного сбора данных с аппаратным тактированием

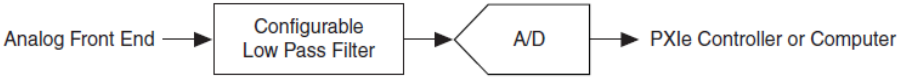
Путь данных HWTSP оптимизирован для приложений с низкой задержкой и отличается от пути данных используемого в модели буферизованного сбора данных, (используемого по умолчанию).

В режиме HWTSP системы фильтрации и взятия отсчетов можно смоделировать как несвязные, что позволяет независимо конфигурировать фильтр и частоту дискретизации.

На рисунке 2-19 показана модель пути данных HWTSP.

фиксированной задержке аналогового входа вы должны также учесть групповую задержку цифрового фильтра. Для частоты 25,6 кОтсчета/с групповая задержка цифрового фильтра составляет 1,90976 мс+ 48,5 с/25600 Отсчетов/с = 3,8043 мс. Для диапазона 10 В полная задержка равна 3,8043 мс + 6,1 мкс = 3.8104 мс. Обратитесь к документу *NI PXIe-4339 Specifications* для получения дополнительной информации.

Рисунок 2-19. Модель пути данных HWTSP



Analog Front End – аналоговый входной блок, Configurable Low Pass Filter – конфигурируемый фильтр нижних частот, A/D – АЦП, PXI Express Controller or Computer – контроллер PXI Express или компьютер

АЦП дискретизирует входной поток и возвращает отсчеты в контроллер PXI Express или компьютер по каждому сигналу SampleClock.

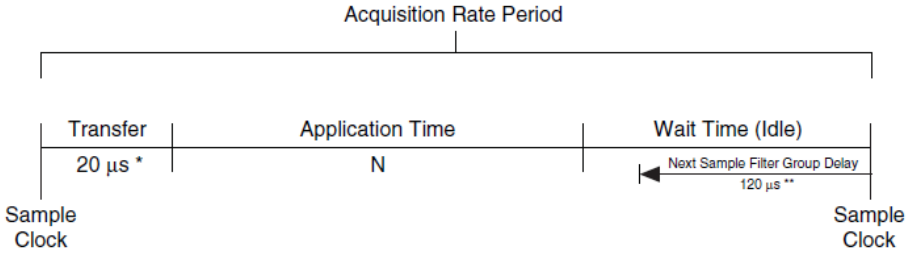
Анализ максимальной частоты HWTSP

При сборе данных HWTSP максимально достижимая частота сбора данных без потери отсчетов зависит как от времени передачи, так и от времени приложения. Обратитесь к рисунку 2-20.

$$\text{Частота}_{\text{макс}} = \frac{1}{\text{ВремяПередачи} + \text{ВремяПриложения}}$$

Примечание Приложения HWTSP могут уведомить ПО, если не успевают за частотой сбора данных. Обратитесь к разделу *Hardware-Timed Single Point Sample Mode* справки *NI-DAQmx Help* для получения дополнительной информации.

Рисунок 2-20. Соотношение времени передачи и времени приложения



Acquisition Rate Period – период частоты сбора данных, Sample Clock – импульс отсчета, Transfer - время передачи, Application Time – время приложения,Wait Time (Idle) – время ожидания (простой) Next Sample Filter Group Delay – групповая задержка фильтра до следующего импульса отсчета

*Время передачи может зависит от системы
**120 мкс - примерная групповая задержка фильтра с частотой среза 2 кГц для входных частот < 1 кГЦ (полоса пропускания фильтра).

Примечание При расчете полосы пропускания системы управления важно принять во внимание групповую задержку в процессе сбора и анализа данных. Независимо от частоты дискретизации полоса пропускания системы вычисляется по формуле:

$$\text{Полоса пропускания} = \frac{1}{\text{ВремяПередачи} + \text{ВремяПриложения} + \text{ГрупповаяЗадержка}}$$

Пример расчета при частоте цикла управления 2 кГц

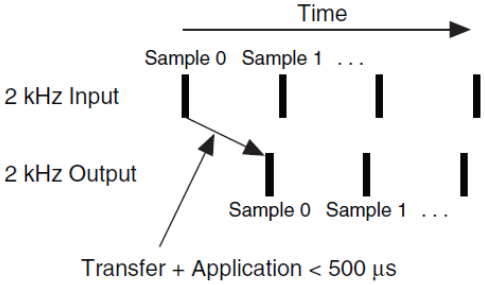
На рисунке 2-21 показана типичная система управления, в которой есть процесс, которым нужно управлять, DAQ-устройство сбора данных и генерации стимулирующих воздействий и контроллер PXI Express или компьютер для обработки данных, определения требуемого значения аналогового вывода и подачи его на процесс.

Рисунок 2-21. Типичная система управления

Control Loop Time – время цикла управления; PXI Express Controller or Computer – контроллер PXI Express или компьютер, DAQ Device – DAQ-устройство, AI Measurement – измерения, AO Stimulus – управляющее воздействие, Process – процесс.

Для успешного выполнения контура управления на частоте 2 кГц убедитесь, что время между получением отсчета сигнала и генерацией стимулирующего воздействия не превышает 500 мкс. Обратитесь к рисунку 2-22.

Рисунок 2-22. Вход и выход системы управления с полосой пропускания ≥2 кГц



Time – время, Sample – отсчет, Transfer + Application - время передачи + время приложения

Чтобы убедиться, что ваше приложение может управлять процессом с частотой 2 кГц, и что первый выходной сигнал генерируется в пределах первого периода дискретизации, убедитесь, то выполняются следующие условия:

$$500 \text{ мкс} \leq \textit{Время передачи} + \textit{Время приложения} \qquad (2\text{-}1)$$

Где:

Время передачи – время, необходимое для передачи отсчетов между DAQ-устройством и контроллером PXI Express или компьютером.

Время приложения – время, необходимое контроллеру PXI Express или компьютеру для анализа собранных данных и формирования воздействия на аналоговом выходе.

Используя уравнение 2-1 и время передачи от системы дискретизации, описанной в этом разделе, можно рассчитать, что для работы цикла управления с обратной связью на частоте 2 кГц требуется время приложения 480 мкс.

$$\textit{Время приложения} \leq 500 \text{ мкс} - \textit{Время передачи}$$

$$\textit{Время приложения} \leq 500 \text{ мкс} - 20 \text{ мкс}$$

$$\textit{Время приложения} \leq 480 \text{ мкс}$$

Приложение, на выполнение которого требуется более 480 мкс, не сможет управлять с частотой 2 кГц.

При анализе полосы пропускания системы вы должны учесть групповую задержку всех компонентов системы. При использовании только внутреннего фильтра NI PXIe-4339 с частотой среза 2 кГц, полоса пропускания управляющего цикла составляет:

$$\text{Частота управления} = \frac{1}{\text{ВремяПередачи} + \text{ВремяПриложения} + \text{ГрупповаяЗадержка}}$$

$$\text{Частота управления} = \frac{1}{20 \text{ мкс} + 480 \text{ мкс} + 120 \text{ мкс}}$$

$$\text{Частота управления} = 1{,}613 \text{ кГц}$$

Примечание Вы можете увеличить полосу пропускания системы, уменьшив время приложение или используя другой фильтр с меньшей групповой задержкой.

Таймирование и синхронизация

В этом разделе содержится информация о таймировании и запуске.

Sample Clock Timebase

Для управления преобразованием АЦП требуются импульсы передискретизации. Частота этих импульсов больше частоты дискретизации. В модулях NI PXIe-4339 импульсы передискретизации формируются из опорного сигнала частотой 100 МГц. Этот опорный тактовый сигнал может быть получен от встроенного генератора или из тактового генератора 100 МГц объединительной панели PXI Express. Синхронизировать несколько модулей можно, выбрав в качестве опорного сигнала импульсы частотой 100 МГц объединительной платы PXI Express. Обратитесь к разделу *Синхронизация с помощью опорного генератора* для получения дополнительной информации.

Внешний генератор

АЦП модуля NI PXIe-4339 нельзя синхронизировать от таких внешних источников, как энкодеры и тахометры. Несмотря на это, функции обработки сигналов библиотеки Sound and Vibration Measurement Suite часто обеспечивают прекрасную альтернативу внешней синхронизации в приложениях, связанных с применением энкодера или тахометра. Обратитесь на страницу `ni.com/soundandvibration` для получения дополнительной информации о Sound and Vibration Measurement Suite.

Цифровой запуск

Модули NI PXIe-4339можно сконфигурировать таким образом, чтобы они начинали измерения по сигналу цифрового запуска с одной из линий запуска объединительной панели PXI Express или с линии PFI разъема на лицевой панели. Схема запуска может срабатывать как по нарастающему, так и по ниспадающему фронту.

Аналоговый запуск

Аналоговый запуск позволяет запускать приложение входным сигналом с учетом заданного уровня запуска. Схему аналогового запуска можно сконфигурировать на слежение за любым каналом измерения. Выбор канала ввода в качестве канала запуска не влияет на характеристики измерения сигнала.

Сигнал аналогового запуска может быть использован только в качестве опорного сигнала (reference trigger). В случае измерений с запуском по опорному сигналу, модуль настраивается на сбор некоторого количества отсчетов до события запуска (pre-trigger) и некоторого количества отсчетов после этого события (post-trigger). Поэтому измерения с запуском по опорному сигналу могут быть сконфигурированы только как задачи сбора конечного количества отсчетов. Сигнал аналогового запуска NI PXIe-4339 не может быть использован для инициации начала измерений (start trigger). Это ограничение является следствием реализованного способа компенсации групповой задержки фильтров.

При использовании аналогового запуска по опорному сигналу сначала модуль ожидает накопления заданного количества отсчетов (фаза предзапуска). Как только будет собрано достаточное количество отсчетов предзапуска, запуск по опорному сигналу произойдет в следующий раз при удовлетворении условия аналогового запуска. Вы можете также направить результирующее опорное событие запуска на соответствующие цифровые терминалы. Обратитесь к панелям устройства в MAX для получения дополнительной информации.

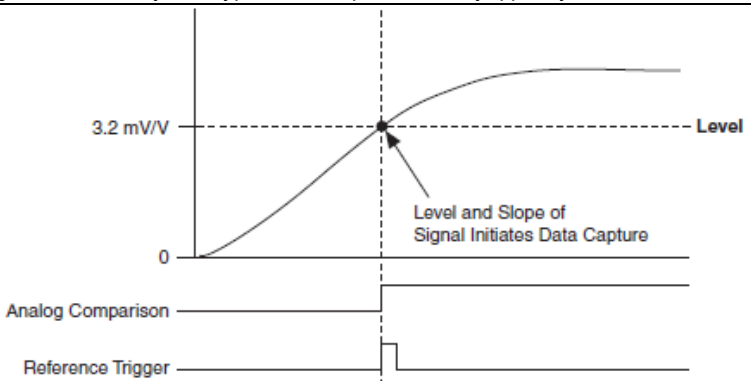
В процессе циклического запуска по измеряемому сигналу можно наблюдать дрожание фазы (джиттер) из-за неточности момента, когда спады уровня сигнала запуска сравниваются с действительными оцифрованными данными. Несмотря на то, что джиттер сигнала запуска никогда не превышает одного периода дискретизации, он может оказаться значительным, когда частота дискретизации всего лишь в два раза выше интересующей полосы частот. Как правило, джиттер не влияет на процесс обработки данных, и его можно уменьшить, используя более высокую частоту дискретизации.

При работе с модулями NI PXIe-4339 можно использовать несколько режимов аналогового запуска, например запуск по фронту, запуск по фронту аналогового сигнала с гистерезисом, запуск в окне.

Запуск по фронту аналогового сигнала

Для запуска по фронту аналогового сигнала настройте модуль на обнаружение определенного уровня и наклона сигнала, нарастающего или спадающего. На рисунке 2-23 приведен пример аналогового запуска по нарастающему фронту. Результат сравнения аналоговых величин становится истинным, когда сигнал начинается ниже уровня (Level), а затем пересекает его вверх.

Рисунок 2-23. Запуск по уровню и нарастающему фронту аналогового сигнала

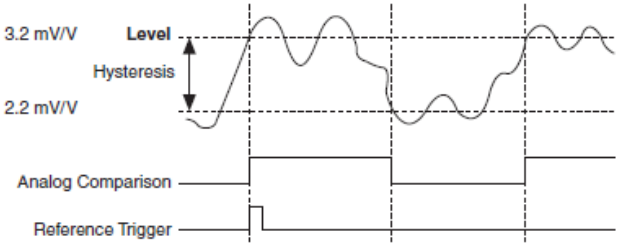


Level – уровень, Analog Comparison – аналоговое сравнение, Reference Trigger – опорный сигнал запуска, Level and Slope of Signal Initiates Data Capture – уровень и наклон сигнала инициируют сбор данных

Запуск по фронту аналогового сигнала с гистерезисом

При добавлении гистерезиса к запуску по фронту аналогового сигнала, вы добавляете окно выше или ниже уровня запуска. Этот режим запуска часто используется для уменьшения ложного срабатывания из-за помех или джиттера. Например, если добавить гистерезис 1 мВ/В к примеру на рисунке 2-23,, где используется уровень 3,2 мВ/В, сигнал должен начинаться с уровня 2,2 мВ/В или упасть ниже этого уровня, чтобы активировать запуск. Результат сравнения становится истинным, когда сигнал превышает 3,2 мВ/В и становится ложным, когда он опускается ниже 2,2 мВ/В, как показано на рисунке 2-24.

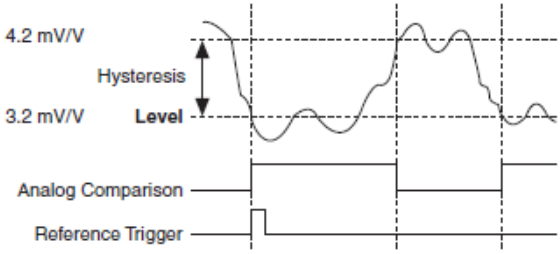
Рисунок 2-24. Запуск по нарастающему фронту аналогового сигнала с гистерезисом



Level – уровень, Hysteresis – гистерезис, Analog Comparison – аналоговое сравнение, Reference Trigger – опорный сигнал запуска

При использовании гистерезиса со спадающим фронтом запуск активируется, когда сигнал начинается выше заданного уровня плюс значение гистерезиса, и подтверждается, когда сигнал становится ниже заданного уровня. Например, если добавить гистерезис1 мВ/В к уровню 3,2 мВ/В, сигнал должен начаться с уровня 4,2 мВ/В или превысить этот уровень для активации запуска. Результат аналогового сравнения становится истинным, когда сигнал опускается ниже 3,2 мВ/В, и становится ложным, когда сигнал превышает 4,2 мВ/В, как показано на рисунке 2-25.

Рисунок 2-25. Запуск по спадающему фронту аналогового сигнала с гистерезисом

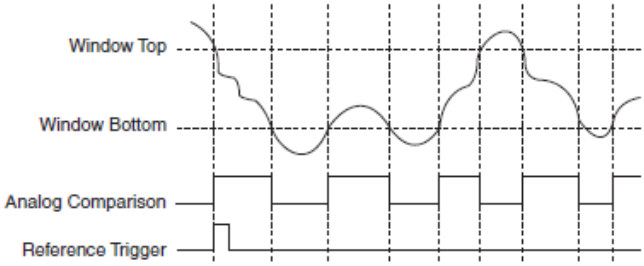


Level – уровень, Hysteresis – гистерезис, Analog Comparison – аналоговое сравнение, Reference Trigger – опорный сигнал запуска

Запуск относительно окна

Запуск относительно окна происходит, когда аналоговый сигнал либо заходит, либо выходит из окна, определяемого двумя уровнями. Укажите уровни, установив значения для верхней и нижней границ окна. На рисунке 2-26 показан сигнал запуска, по которому сбор данных начинается, когда сигнал входит в окно. Вы также можете запрограммировать схему запуска на сбор данных, когда сигнал покидает окно.

Рисунок 2-26. Запуск в окне



Window Top – верхняя граница окна, Window Bottom – нижняя граница окна, Analog Comparison – аналоговое сравнение, Reference Trigger – опорный сигнал запуска

Задержка запуска и фильтрации

NI PXIe-4339 может использовать цифровой сигнал запуска с объединительной панели или PFI от разъема на лицевой панели в качестве сигнала запуска, инициирующего сбор данных, или опорного сигнала запуска в середине сбора данных. NI PXIe-4339 может также генерировать событие аналогового запуска из оцифрованных данных АЦП. Из-за того, что модули NI PXIe-4339 подстраиваются к групповой задержке цифровой фильтрации, аналоговые сигналы запуска могут выступать только в качестве опорных сигналов запуска.

В любом случае NI PXIe-4339 принимает сигналы запуска во время их появления. Аппаратные средства автоматически компенсируют групповую задержку, вследствие чего данные, идущие от модуля, точно выровняются во времени при возникновении события запуска. Однако групповая задержка влияет на то, сколько времени потребуется для получения данных после начала сбора данных. Поскольку для

цифровой фильтрации используются КИХ-фильтры с линейной фазовой характеристикой, необходимо выждать время групповой задержки фильтра после отправки синхронизирующего импульса, прежде чем сигнал запуска может быть правильно обработан. Пункт 6 в разделе *Синхронизация с помощью опорного генератора* позволяет NI-DAQmx автоматически обработать эту задержку. После цифрового сигнала начала измерений, вы не сможете считывать данные первого отсчета до тех пор, пока не истечет время групповой задержки фильтра. Поэтому для начала сбора данных требуется удвоенная групповая задержка цифровых фильтров. Вы можете добавить дополнительное время между моментом выдачи синхроимпульса и сигналом запуска. Это не повлияет на время, через которое отсчеты будут доступны после получения сигнала запуска, которое всегда равно времени групповой задержки. Групповая задержка увеличивается при уменьшении частот дискретизации. За более подробной информацией о зависимости групповой задержки от различных частот дискретизации, обратитесь к документу *NI PXIe-4339 Specifications*

Синхронизация

В некоторых приложениях требуется жесткая синхронизация между операциями ввода и вывода нескольких модулей. Синхронизация важна для минимизации рассогласования каналов или устранения смещения тактового сигнала между модулями при работе в течение длительного времени. Вы можете синхронизировать операции аналогового ввода двух и более модулей NI PXIe-4339, используемых для увеличения количества измерительных каналов. Кроме того, с помощью опорного сигнала синхронизации (Reference Clock Synchronization) модуль NI PXIe-4339 может синхронизироваться с рядом других модулей динамического анализа сигналов (DSA-модулей), таких как NI PXIe-449x.

Синхронизация с помощью опорного генератора

При синхронизации от опорного генератора, ведущий и ведомый модули генерируют свои сигналы передискретизации АЦП, используя общие импульсы опорной частоты 100 МГц с объединительной панели PXI Express (PXIe_CLK100). Объединительная панель подает идентичные копии этих импульсов на все периферийные слоты. Кроме того, несколько шасси могут быть синхронизированы с помощью платы тактирования и синхронизации, которая захватывает сигнал 100 МГЦ во всех шасси.

Если измерения выполняются в нескольких модулях в одной и той же задаче DAQmx, драйвер DAQmx автоматически управляет всеми настройками синхронизации импульсами опорной частоты, требуемыми для синхронизации модулей в пределах одной задачи. Подобная задача называется задачей, реализуемой несколькими устройствами (Multi-Device Task).

Для синхронизации от генератора опорной частоты на аппаратном уровне нескольких задач DAQmx, выполняющих измерения с одной и той же частотой дискретизации, выполните следующие действия:

1. Задайте сигнал PXIe_CLK100 в качестве опорного тактового сигнала для всех модулей, чтобы все модули тактировались импульсами опорной частоты шасси PXIe.
2. Выберите произвольный модуль NI PXIe-4339 в качестве ведущего, который будет выдавать синхроимпульсы на одну из линий шины запуска PXI Express Trigger. Эти импульсы сбрасывают АЦП и генераторы импульсов передискретизации, выравнивая фазы всех тактовых генераторов в системе с точностью до наносекунд.

3. Сконфигурируете оставшиеся модули системы таким образом, чтобы они принимали синхроимпульсы от ведущего модуля. Это гарантирует, что все АЦП работают синхронно.
4. Выберите модуль, который собираетесь использовать в качестве источника сигнала запуска измерений. Этот модуль не может быть тем же, что и модуль, выбранный на шаге 3.
5. Сконфигурируйте остальные модули с системы, чтобы они получали сигналы запуска измерений от модуля, который выдает сигнал запуска измерений. Это гарантирует, что все модули начнут возвращать данные с одного и того же отсчета.
6. Установите тип синхронизации сигнала запуска (Start Trigger) для ведомых устройств **DAQmx Trigger»Advanced»Synchronization»Synchronization Type** в значение Slave, а для ведущего устройства Master.
7. Также сделайте запрос времени вхождения в синхронизм с помощью команды **DAQmx Timing»More» Synchronization Pulse»Synchronization Time** для всех синхронизируемых модулей, выберите из них наибольшее и установите его в качестве минимальной задержки начала измерений с помощью команды **DAQmx Timing»More»Synchronization Pulse»Minimum Delay To Start** в модуле-источнике импульсов синхронизации.
8. Зафиксируйте с помощью VI или функции DAQmxTaskControl все задачи синхроимпульсов ведомых модулей. Это установит задачи в состояние ожидания синхроимпульса от ведущего модуля.
9. Зафиксируйте с помощью VI или функции DAQmxTaskControl задачу синхронизации ведущего модуля. Это нужно для выдачи синхроимпульса.
10. Запустите все задачи начала измерений ведомых модулей, в результате чего они будут ожидать сигнала запуска измерений от ведущего устройства.
11. Запустите задачу начала измерений ведущего модуля. Теперь можно выполнять измерения.

Совет Обдумайте использование задачи с несколькими устройствами (Multi-Device) при синхронизации нескольких устройств с одной частотой.

Совет Вы можете найти примеры VI в поисковике примеров NI Example Finder. Для запуска поисковика примеров выберите в меню **Help»Find Examples**.

При синхронизации импульсами опорной частоты (Reference Clock) необходимо учитывать следующее:

- Модуль NI PXIe-4339 автоматически компенсирует групповую задержку фильтра. Однако, устройства некоторых других семейств не выполняют такую компенсацию. В этом случае вручную компенсируйте групповую задержку в сигналах, если в приложении требуется синхронизировать устройства разных семейств.

TEDS

NI PXIe-4339 поддерживает обмен данными с датчиками с электронными таблицами (TEDS) (IEEE 1451.4, класс 2).

Датчики с поддержкой TEDS содержат встроенную EEPROM с самоидентификацией, где содержится таблица параметров и информация о датчике. Это позволяет вашей системе сбора данных автоматически обнаруживать и конфигурировать датчики.

TEDS содержит информацию о датчике, такую, как данные для калибровки, чувствительность и информация о производителе. Эта информация доступна в Measurement & Automation Explorer (MAX), VI в LabVIEW или при вызове эквивалентных функций в текстовой ADE.

Для получения дополнительной информации о plug&play датчиках TEDS обратитесь на сайт `ni.com/pnp`.

Конфигурирование и использование TEDS в программном обеспечении

Для ручного конфигурирования TEDS в MAX, щелкните правой кнопкой мыши по модулю NI PXIe-4339 в дереве Configuration и выберите **Configure TEDS** из выпадающего меню.

Для программного конфигурирования TEDS вызовите DAQmx Configure TEDS VI.

Автоматическое обнаружение дополнительных компонентов

Модули типа SC Express автоматически обнаруживают совместимые дополнительные компоненты (аксессуары) или коннекторные блоки. Контакты RSVD разъема ввода-вывода используются для подключения питания к аксессуарам, а также в качестве линий цифрового обмена данными. Это позволяет программному обеспечению определять момент, когда эти аксессуары подсоединяются или отсоединяются. Кроме того, программное обеспечение может автоматически идентифицировать коннекторный блок, а также получить доступ к любой информации, касающейся калибровки и масштабирования, которая имеет отношение к этому коннекторному блоку.

MAX позволяет увидеть, какие аксессуары в настоящий момент подключены к модулю. Для этого зайдите в MAX, раскройте раздел **Devices and Interfaces** и найдите свой модуль. Если коннекторный блок подключен к модулю, он будет отображаться в разделе, относящемся к данному модулю. Рядом с несовместимыми коннекторными блоками, отображаемыми в MAX, выводится символ X.

Узлы свойств DAQmx можно использовать для получения программным способом информации о подключенных аксессуарах непосредственно в прикладной программе. Обратитесь к справке *NI-DAQmx Help* для получения информации о программном доступе к информации о состоянии аксессуаров.

3

Особенности модулей NI SC Express

В этой главе детально описаны функциональные возможности синхронизации и запуска, доступные в шасси PXI Express.

Сигналы синхронизации и запуска SC Express

PXIe_CLK100

PXIe_CLK100 – это стандартный опорный сигнал частотой 100 МГц с малыми искажениями, который применяется для синхронизации нескольких модулей в измерительной или управляющей системе на основе интерфейса PXI Express. Объединительная панель обеспечивает стабильную генерацию этого сигнала для каждого периферийного слота в шасси PXI Express. Для получения дополнительной информации обратитесь к документу *PXI Express Specification* по адресу `www.pxisa.org`.

PXIe_SYNC100

PXIe_SYNC100 – это стандартный опорный сигнал частотой 10 МГц с коэффициентом заполнения 10% и малыми искажениями, который применяется для синхронизации нескольких модулей в измерительной или управляющей системе на основе интерфейса PXI Express. Объединительная панель обеспечивает стабильную генерацию этого сигнала для каждого периферийного слота в шасси PXI Express. PXIe_SYNC100 позволяет модулям, использующим PXIe_CLK100 в качестве опорного сигнала, восстановить временные свойства сигнала PXI_CLK10, одновременно пользуясь преимуществами низких искажений PXIe_CLK100. Для получения дополнительной информации обратитесь к документу *PXI Express Specification* по адресу `www.pxisa.org`.

PXI_CLK10

PXIe_CLK10 – это стандартный опорный сигнал частотой 10 МГц с малыми искажениями, который применяется для синхронизации нескольких модулей в измерительной или управляющей системе на основе интерфейса PXI Express. Объединительная панель обеспечивает независимую генерацию этого сигнала для каждого периферийного слота в шасси PXI. В шасси PXI Express сигнал PXI_CLK10 совпадает по фазе с PXIe_CLK100.

Примечание Сигнал PXIe_CLK10 нельзя использовать в качестве опорного тактового сигнала для модулей типа SC Express.

PXI Triggers

В шасси PXI/PXI Express есть восемь шинных линий запуска для каждого модуля в системе. Сигналы запуска могут передаваться от одного модуля к другому, что позволяет с высокой точностью во времени реагировать на внешние асинхронные контролируемые и управляемые события. Эти сигналы могут быть использованы для синхронизации работы нескольких различных периферийных PXI модулей.

В PXI шасси с количеством слотов более восьми линии запуска могут быть разделены на несколько независимых шин. За более подробной информацией обратитесь к документации на шасси.

PXI_STAR Trigger

В системе на основе интерфейса PXI Express шина Star Trigger реализует отдельные (радиальные) линии запуска между слотом синхронизации системы и другими периферийными слотами. Эта шина может быть использована для синхронизации нескольких модулей или распределения общего сигнала запуска между модулями.

Контроллер синхронизации системы может быть установлен в слот синхронизации для формирования сигналов запуска на другие периферийные модули. В системах, где это не нужно, в слот синхронизации можно установить любой стандартный периферийный модуль.

Модуль типа SC Express получает сигнал запуска PXI_STAR по шине Star Trigger от контроллера синхронизации системы. Этот сигнал можно использовать в качестве сигнала запуска для операций ввода.

Модуль типа SC Express не является контроллером синхронизации системы. Такой модуль можно использовать, установив его в слот синхронизации PXI системы, однако при этом в системе нельзя воспользоваться возможностями запуска по шине Star Trigger.

PXIe_DSTAR<A..C>

Устройства с интерфейсом PXI Express способны обеспечить высококачественные и высокочастотные соединения типа «точка-точка» между каждым слотом и слотом синхронизации системы. Эти соединения представлены тремя низковольтными дифференциальными линиями запуска, которые связывают контроллер синхронизации системы PXI Express и периферийное устройство. Использование нескольких соединений упрощает создание приложения, благодаря большему количеству возможных маршрутов передачи сигналов.

В таблице 3-1 приведено описание и применение трех дифференциальных линий запуска (DSTAR).

Таблица 3-1. Описание линий PXIe_DSTAR

Обозначение линии	Назначение
PXIe_DSTARA	Распределяет высокоскоростные высококачественные тактовые сигналы от слота синхронизации системы к периферийным устройствам (вход).
PXIe_DSTARB	Распределяет высокоскоростные высококачественные сигналы запуска от слота синхронизации системы к периферийным устройствам (вход).
PXIe_DSTARC	Направляет высокоскоростные высококачественные тактовые сигналы от периферийных устройств к слоту синхронизации системы (выход).

Линии DSTAR доступны только для устройств с интерфейсом PXI Express при использовании модуля синхронизации системы. Для получения дополнительной информации обратитесь к документу *PXI Express Specification* по адресу `www.pxisa.org`.

A

Коррекция смещения нуля (Балансировка моста)

При монтаже мостового датчика, вероятно, выходное напряжение ненагруженного моста не будет точно равно 0 В. Из-за небольших отличий сопротивлений плеч моста создается некоторое ненулевое начальное смещение. Используйте DAQmx Perform Bridge Offset Nulling Calibration VI/функцию или DAQ Assistant для коррекции смещения нуля программным способом.

NI-DAQmx измерит выходное напряжение ненагруженного моста, а затем использует результат этого измерения в качестве начального напряжения при масштабировании последующих измерений. Это простой и быстрый метод, не требующий ручных корректировок. Недостаток метода программной коррекции (в отличие от аппаратной коррекции) в том, что программная коррекции не устраняет физически смещение моста. Если смещение достаточно велико, оно ограничивает коэффициент усиления усилителя, которое вы можете применить к выходному напряжению моста, тем самым ограничивая динамический диапазон измерения.

NI PXIe-4339 не содержит внутренней аппаратной схемы для обнуления, однако его входной диапазон достаточно широк, так что входные каналы не будут насыщаться даже при относительно большом начальном смещении моста.

B

Службы NI

National Instruments предоставляет сервисы технической поддержки по всему миру в качестве нашего вклада в ваш успех. В дополнение к программам обучения и сертификации, воспользуйтесь нашими сервисами, которые отвечают вашим потребностям на каждой стадии жизненного цикла приложения, от планирования и разработки до развертывания и поддержки.

Для начала зарегистрируйте ваш продукт на сайте ni.com/myproducts.

Как пользователю зарегистрированного продукта NI вам полагаются следующие преимущества:

- Доступ к соответствующему обслуживанию продукта.
- Более простое управление продуктом из онлайн-аккаунта.
- Получение уведомлений о критических деталях, обновлении программного обеспечения и истечения срока технической поддержки.

Войдите в ваш Профиль Пользователя (User Profile) на сайте National Instruments ni.com, чтобы получить персональный доступ к вашим сервисам.

Сервисы и ресурсы

- **Maintenance and Hardware Services (Техническая поддержка и обслуживание) —** NI поможет вам определить требования к точности и надежности вашей системы и обеспечит вас услугами гарантии, восстановления и калибровки, чтобы помочь вам поддерживать точность и минимизировать время простоя в течение жизненного цикла вашей системы. Для получения дополнительной информации посетите ni.com/services
  - **Warranty and Repair (Гарантия и ремонт) —** на все оборудование NI распространяется стандартная гарантия сроком в один год, расширяемая до пяти лет. NI предлагает услуги по ремонту, выполняемые своевременно высококвалифицированными техниками с использованием только оригинальных компонентов в сервис-центре National Instruments.
  - **Calibration (Калибровка) —** благодаря регулярной калибровке вы сможете оценить и улучшить измерительные характеристики прибора. NI предоставляет самые современные сервисы калибровки. Если ваш продукт поддерживает калибровку, вы можете получить его калибровочный сертификат на странице ni.com/calibration.

- **System Integration (Системная интеграция)** — если вы столкнулись с ограничениями по времени, техническим ресурсам и иными сложностями при работе над проектом, члены National Instruments Alliance Partner (Альянс партнеров NI) могут вам помочь. Для получения дополнительной информации, свяжитесь с местным офисом NI или посетите страницу ni.com/alliance.
- **Training and Certification (Обучение и сертифиация) —** программа обучения и сертификации NI - наиболее эффективный способ повысить профессиональный уровень и продуктивность разработки приложений. Для получения дополнительной информации посетите страницу ni.com/training.
  - Справочник навыков (Skills Guide) поможет вам определить требования к профессиональному уровню вашего приложения и предложит варианты приобретения этих навыков в соответствии с вашими временными и финансовыми ограничениями, а также личными предпочтениями. Посетите страницу ni.com/skills-guide чтобы определить свой вариант.
  - NI предлагает курсы на нескольких языках и в нескольких форматах, включая занятия в классе под руководством инструктора по всему миру, курсы на вашем предприятии и онлайн-курсы для удовлетворения индивидуальных потребностей.
- **Technical Support(Поддержка)** — техническая поддержка по адресу ni.com/support включают следующие разделы:
  - **Self-Help Technical Resources (Технические ресурсы для самостоятельного решения проблем)** — обратитесь на сайт ni.com/support, где находятся программные драйверы и их обновления, База знаний с возможностью поиска, руководства по продукции NI, мастера по пошаговому поиску и устранению неисправностей, тысячи примеров программ, учебных пособий, описаний приложений, драйверы измерительных приборов и т.д. Зарегистрированные пользователи получают также доступ к дискуссионным форумам NI по адресу ni.com/forums. Специалисты по применению NI гарантируют ответ в режиме он-лайн на каждый заданный вопрос.
  - **Software Support Service Membership (Членство в сервисе программной поддержки)** — эта годичная подписка с возможностью продления поставляется почти с каждый программным продуктом NI, включая NI Developer Suite. Эта программа позволяет ее участникам обращаться непосредственно к инженерам NI в режиме «тет-а-тет» по телефону и электронной почте для получения технической поддержки, а также обеспечивает эксклюзивный доступ по требованию к учебным модулям по адресу ni.com/self-paced-training. NI предлагает гибкие варианты продления контракта, которые гарантируют, что ваши привилегии в программе SSP доступны вам непрерывно, пока они вам нужны. Для получения дополнительной информации посетите ni.com/ssp.
- **Declaration of Conformity (Декларация о соответствии) —** Декларация о соответствии - это наше заявление о соответствии требованиям Совета Европейских сообществ к производителям. Эта система обеспечивает защиту пользователя по электромагнитной совместимости (EMC) и безопасности продукта. Вы можете получить декларацию о соответствии вашего продукта на сайте ni.com/certification.

Для получения информации о других возможностях технической поддержки в вашем регионе, посетите сайт ni.com/services или обратитесь в местный офис по ni.com/contact.

Вы можете также посетить раздел Worldwide Offices на сайте ni.com/niglobal для доступа к веб-сайтам филиалов, где имеется обновляемая контактная информация, телефоны службы поддержки, адреса электронной почты и информация о текущих событиях.