SC Express

Руководство пользователя NI PXIe-4302/4303

Модуль одновременного сбора данных:
32 канала, 24 разряда, фильтрация,
частота 5 кОтсчетов/с или 51.2 кОтсчетов/с

Август 2015
377003A-01

Техническая поддержка по всему миру и информация о выпускаемой продукции

ni.com

Офисы по всему миру

Посетите страницу ni.com/niglobal, чтобы получить доступ к сайтам филиалов, которые предоставляют актуальную контактную информацию, телефонные номера технической поддержки, адреса электронной почты и текущие события.

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.

© 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 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 поврежденный продукт, либо (ii) вернуть средства, уплаченные за поврежденный продукт. Восстановленные или замененные аппаратные средства подлежат гарантии на оставшуюся часть первоначального гарантийного срока или срока в девяностj (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 изучение 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; неподобающем использовании 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, департамент 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, раздел 252.227-7014 и 252.227-7015, для военных ведомств.

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, лицензированной 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 продуктов и производителей также являются торговыми марками, у которых есть правообладатели.

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

Раздел 1. Начало работы

Установка 1-1
Технические характеристики модуля 1-1
Аксессуары модуля 1-1

Раздел 2. Использование модуля

Подключение сигналов 2-1
Подключение сигналов напряжения 2-1
Подключение плавающих источников сигнала 2-1
Подключение заземленных источников сигнала напряжения 2-4
Подключение сигналов термопар 2-5
Компенсация холодного спая 2-5
Подключение сигналов тока 2-6
Схема расположение выводов модуля 2-7
Описание сигналов разъема ввода-вывода 2-9
Блок-схема PXIe-4302/4303 2-9
Основные понятия в области измерений сигналов 2-10
Частота Найквиста и полоса частот Найквиста 2-10
АЦП 2-10
Режимы работы 2-11
Сбор данных с буферизацией 2-11
Антиалиазинговые фильтры 2-11
Опциональная БИХ-фильтрация при сборе данных с буферизацией 2-13
Поточечный сбор данных с аппаратным тактированием 2-14
Модель поточечного сбора данных с аппаратным тактированием 2-15
Анализ максимальной частоты HWTSP 2-15
Пример расчета при частоте управляющего цикла 2 кГц 2-16
Таймирование и запуск 2-18
Опорная частота Sample Clock Timebase 2-18
Внешняя синхронизация 2-18
Цифровой запуск 2-18
Аналоговый запуск 2-18
Задержка запуска и фильтрации 2-19
Синхронизация 2-19
Синхронизация от опорного генератора 2-20
Движки таймирования и потоки DSP 2-21
Движки таймирования 2-21
Потоки DSP 2-22
Каналы аналогового ввода и потоки DSP 2-22
Примеры ограничений 2-22
Автоматическое обнаружение аксессуаров 2-23

Раздел 3. Особенности модулей SC Express

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

Приложение A. Службы NI

Сервисы и ресурсы A-1

Рисунки

Рисунок 2-1. Подключение плавающего источника сигнала без резисторов смещения 2-2
Рисунок 2-2. Подключение плавающего источника сигнала с одним резистором смещения 2-3
Рисунок 2-3. Подключение плавающего источника сигнала с балансирующими резисторами смещения 2-3
Рисунок 2-4. Подключение плавающего источника сигнала с низким импедансом, связываемого по переменному току 2-4
Рисунок 2-5. Подключение плавающего источника сигнала, связываемого по переменному току, с балансирующими резисторами 2-4
Рисунок 2-6. Подключение заземленного источника сигнала 2-5
Рисунок 2-7. Подключение преобразователя с токовым выходом с питанием от токовой петли 2-7
Рисунок 2-8. Трехпроводное подключение преобразователя с токовым выходом 2-7
Рисунок 2-9. Блок-схема PXIe-4302/4303 2-10
Рисунок 2-10. Модель пути прохождения данных HWTSP 2-15
Рисунок 2-11. Соотношение времени передачи и времени приложения 2-16
Рисунок 2-12. Типичная система управления 2-16
Рисунок 2-13. Вход и выход системы управления с полосой пропускания ≥2кГц 2-17

Таблицы

Таблица 2-1. Назначение контактов разъема на лицевой панели 2-8
Таблица 2-2. Описание сигналов разъема ввода-вывода 2-9
Таблица 3-1. Описание линий PXIe_DSTAR 3-3

1

Начало работы

NI PXIe-4302/4303 предоставляет 32 фильтруемых каналов аналогового ввода с одновременным сбором данных. NI PXIe-4302 может работать с частотой дискретизации до 5 кОтсчетов/с, а NI PXIe-4303 - до 51.2 кОтсчетов/с. Эти модули способны измерять аналоговое напряжение до 10 В при использовании TB-4302 и тока до 20 мА при использовании TB-4302C. Каждый канал имеет 24-разрядный АЦП и выбираемые цифровые фильтры для подавления внеполосного шума.

Установка

Обратитесь к документу *NI PXIe-4302/4303 and TB-4302/4302C User Guide and Terminal Block Specifications* за пошаговыми инструкциями по инсталляции аппаратных средств и программного обеспечения.

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

Технические характеристики модуля

Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 Specifications* за техническими характеристиками модуля.

Аксессуары модуля

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

2

Использование модуля

В этом разделе описывается подключение сигналов напряжения, тока и термопар к PXIe-4302/4303. Также рассматривается назначение контактов разъема ввода-вывода модулей.

Поддержка драйверов для PXIe-4302/4303 начинается с версии NI-DAQmx 15.1. Для получения списка устройств, поддерживаемых конкретной версией NI-DAQmx обратитесь к документу *NI-DAQmx Readme*, доступному на странице загрузки версии либо на установочном диске.

Подключение сигналов

В этом разделе предоставляется информация по подключению сигналов напряжения, тока и термопар.

Внимание Для обеспечения соответствия указанной электромагнитной совместимости используйте это изделие только с экранированной витой парой и экранированными аксессуарами.

Внимание Для обеспечения указанных характеристик электромагнитной совместимости длина всех кабелей ввода-вывода не должна превышать 30 м (100 футов).

Подключение сигналов напряжения

Примечание Для измерения сигналов напряжения требуется коннекторный блок TB-4302.

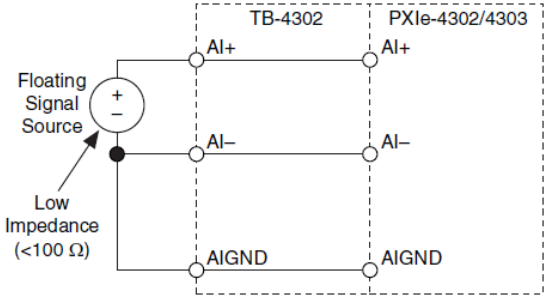
Подключение плавающих источников сигнала

Плавающий источник сигналов не подключен к общей цепи заземления здания, но имеет изолированную общую точку, которую можно соединить с заземлением устройства. Некоторыми примерами плавающих источников сигналов являются трансформаторы, термопары, устройства с питанием от батарей, оптические изоляторы и изолирующие усилители. Прибор или устройство с изолированным выходом является плавающим источником сигнала.

Важно подключить отрицательный контакт плавающего источника сигнала к цепи AIGND (напрямую либо через резистор смещения). В противном случае сигнал источника может превысить максимальное рабочее напряжение и могут быть получены неправильные данные. Самый простой способ «привязать» плавающий источник к AIGND - подключить положительный полюс источника сигнала к AI+, а

отрицательный полюс - одновременно к AIGND и AI-, как показано на рисунке 2-1. Такое подключение хорошо работает для источников сигнала с импедансом менее 100 Ом, связанных по постоянному току.

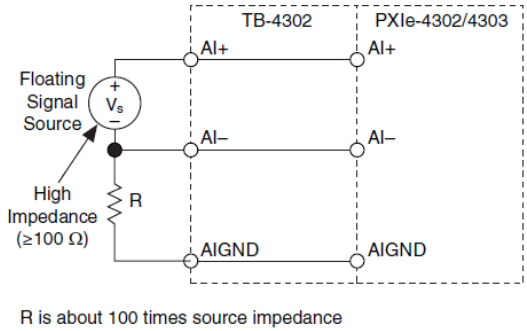
Рисунок 2-1. Подключение плавающего источника сигнала без резисторов смещения



Floating Signal Source – плавающий источник сигнала, Low Impedance – низкий импеданс

Для источников с импедансом более 100 Ом при такой схеме подключения наблюдается значительная разбалансировка дифференциального тракта для сигнала. Помехи, которые наводятся на положительный проводник, не наводятся на отрицательный проводник, поскольку он подключен к заземлению. Эта помеха ведет себя как дифференциальный сигнал, а не синфазный, и потому появляется в ваших данных. В этом случае вместо прямого подключения отрицательного полюса к AIGND, подключите его через резистор номиналом примерно в 100 раз больше, чем импеданс эквивалентного источника, как показано на рисунке 2-2. Резистор улучшает балансировку тракта прохождения сигнала, поэтому на оба соединения наводится примерно одинаковый уровень помех, что приводит к лучшему их подавлению. Поскольку резистор смещения находится между отрицательным полюсом плавающего источника и AIGND, такая конфигурация не нагружает плавающий источник.

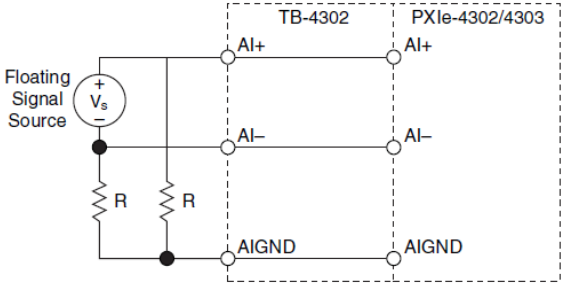
Рисунок 2-2. Подключение плавающего источника сигнала с одним резистором смещения



Floating Signal Source – плавающий источник сигнала, High Impedance – высокий импеданс, R примерно в 100 раз превышает импеданс источника

Вы можете полностью сбалансировать тракт прохождения сигнала, подключив еще один резистор такого же номинала между положительным полюсом источника и AIGND, как показано на рисунке 2-3. При полностью сбалансированной конфигурации обеспечивает немного лучшее подавление помех, однако недостаток ее в том, что источник нагружается последовательно соединенными двумя резисторами. Например, если импеданс источника составляет 2 кОм, а каждого из двух резисторов - 100 кОм, нагрузка источника резисторами равна 200 кОм, что приводит к погрешности коэффициента передачи -1%.

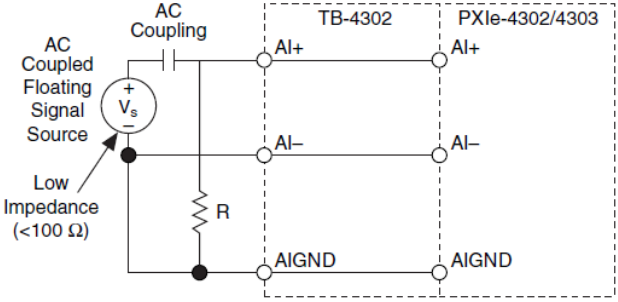
Рисунок 2-3. Подключение плавающего источника сигнала с балансирующими резисторами смещения



Floating Signal Source – плавающий источник сигнала

И для AI+, и для AI- требуется путь по постоянному току к заземлению. Если источник связан по переменному току, между положительным полюсом и AIGND требуется резистор, как показано на рисунке 2-4. Если у источника низкий импеданс, выбирайте для положительного вывода резистор смещения достаточно большой, чтобы незначительно нагружать источник, но достаточно малый, чтобы не появлялось значительное смещение входного напряжения из-за входного тока смещения. Подключите отрицательный вывод напрямую к AIGND.

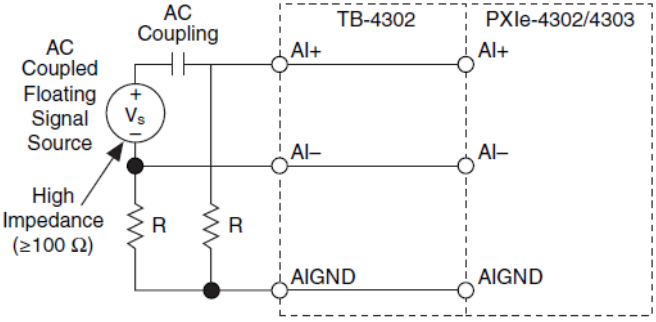
Рисунок 2-4. Подключение плавающего источника сигнала с низким импедансом, связываемого по переменному току



AC Coupled Floating Signal Source – плавающий источник сигнала, связанный по переменному току, Low Impedance – низкий импеданс

Если у источника, связываемого по переменному току, высокий выходной импеданс, сбалансируйте тракт прохождения сигнала, как описывалось ранее, используя резисторы смещения одинакового номинала на положительном и отрицательном входах, как показано на рисунке 2-5. Не забывайте о некоторой погрешности коэффициента передачи из-за нагрузки источника.

Рисунок 2-5. Подключение плавающего источника сигнала, связываемого по переменному току, с балансирующими резисторами смещения



AC Coupled Floating Signal Source – плавающий источник сигнала, связанный по переменному току, High Impedance – высокий импеданс

Подключение заземленных источников сигнала напряжения

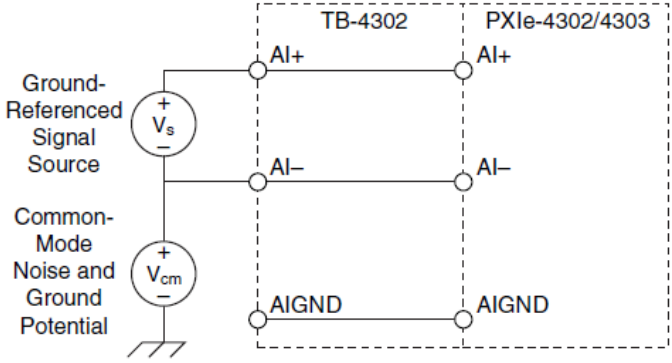
Заземленный источник сигнала – это источник, подключенный к общей точке заземления измерительного устройства.

Разность потенциалов заземления двух приборов, подключенных к одной и той же цепи заземления здания, обычно составляет от 1 мВ до 100 мВ. Разность может быть значительно больше, если схемы распределения питания подключены неправильно. Если сигнал заземленного источника измеряется неправильно, разность может

проявиться в виде погрешности измерений. Следуйте инструкциям по подключению заземленных источников сигнала для устранения отличия потенциала заземления источника измеряемого сигнала.

На рисунке 2-6 показано подключение заземленного источника сигнала к PXIe-4302/4303 при помощи коннекторного блока TB-4302.

Рисунок 2-6. Подключение заземленного источника сигнала



Ground-Referenced Signal Source – заземленный источник сигнала, Common-Mode Noise and Ground Potential – синфазная помеха и потенциал заземления

При таком подключении NI PXIe-4302/4303 подавляет как синфазную помеху в сигнале, так и разность потенциалов между заземлением источника сигнала и заземлением устройства, обозначенную V_{cm} на рисунке 2-6.

Подключение сигналов термопар

Примечание Для измерения сигналов термопар требуется коннекторный блок TB-4302.

О плавающих термопарах – обратитесь к разделу *Подключение плавающих источников сигналов*, где обсуждается смещение дифференциального входа NI PXIe-4302/4303.

О заземленных термопарах – обратитесь к разделу *Подключение заземленных источников сигнала напряжения*.

Компенсация холодного спая

Компенсация холодного спая – процесс измерения температуры соединения термопары с винтовыми клеммами и применение ее для коррекции температуры, измеренной с помощью термопары, подключенной ко входу. Коннекторный блок TB-4302 имеет встроенный датчик температуры для измерений температуры коннекторного блока. Коннекторный блок был специально разработан для минимизации разности температур между встроенным датчиком температуры и каждой винтовой клеммой.

Обратитесь к документу *NI PXIe-4302/4303 and TB-4302/4302C User Guide and Terminal Block Specifications* за получением характеристик точности компенсации холодного спая.

Подключение сигналов тока

Примечание Для измерения сигналов тока требуется коннекторный блок TB-4302C.

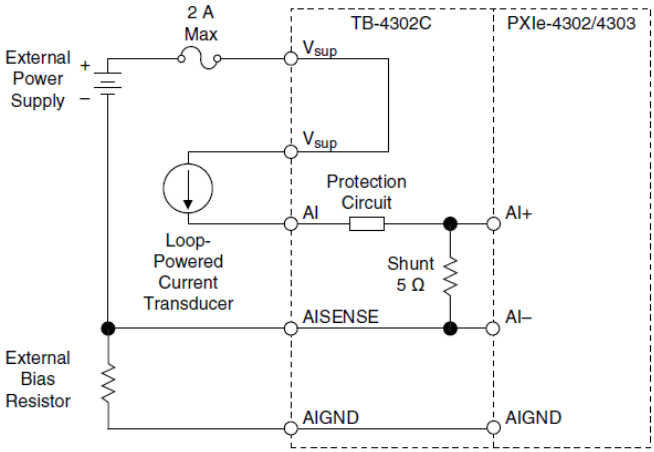
В коннекторном блоке TB-4302C у каждого канала есть контакт AI, к которому вы можете подключить токовый сигнал. Шунтирующий резистор номиналом 5 Ом преобразует токовый сигнал в напряжение, измеряемое модулем NI PXIe-4302/4303.

Коннекторный блок TB-4302C имеет 33 контакта для использования с внешним источником питания. Эти контакты обозначены VSUP. Все контакты VSUP соединены друг с другом внутри коннекторного блока. Используя внешний источник питания с ограничением тока 2A либо с плавким предохранителем, рассчитанным на 2 A, подключите положительный вывод источника питания к контакту VSUP, а отрицательный – к контакту AISENSE. Пара винтовых клемм коннекторного блока с позиционным обозначением J19 используется специально для этой цели. Кроме того, имеется выделенный контакт VSUP для подачи напряжения питания на датчик в каждом канале AI аналогового ввода. Вы можете подключить к TB-4302C только один внешний источник питания.

Внутри TB-4302C все отрицательные входы AI NI PXIe-4302/4303 замкнуты со всеми контактами AISENSE коннекторного блока TB-4302C. Всего в блоке TB-4302C 18 контактов AISENSE. Один контакт AISENSE служит для подключения внешнего источника питания, как описано выше. Другой контакт AISENSE, J21, в паре с контактом AIGND позволяет подключить внешний резистор смещения между AISENSE и AIGND, если используется плавающий внешний источник питания. Остальные контакты AISENSE предназначены для подключения датчиков, один на каждые два канала. Обратитесь к документу *NI PXIe-4302/4303 and TB-4302/4302C User Guide and Terminal Block Specifications*, чтобы узнать максимально допустимое значение напряжения между контактами AISENSE и AIGND.

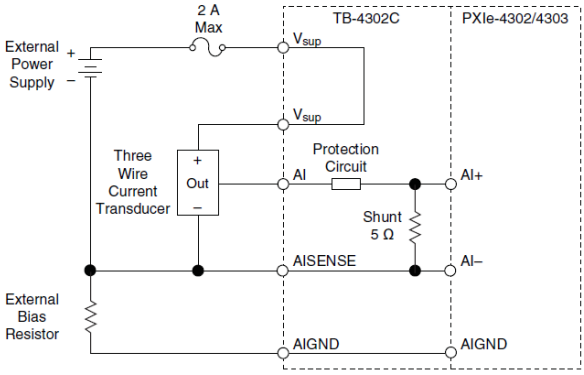
Вы можете подключить несимметричные источники токовых сигналов к TB-4302C, в т.ч. преобразователи с питанием от токовой петли и преобразователи с токовым выходом с трехпроводным подключением. В обоих случаях подключите выход преобразователя к контакту AI, а цепь питания преобразователя – к контакту VSUP. Отрицательный вывод трехпроводного преобразователя также подключите к контакту AISENSE. На рисунках 2-7 и 2-8 показано подключение преобразователей с токовым выходом с питанием от токовой петли и трехпроводных преобразователей с токовым выходом к TB-4302C.

Рисунок 2-7. Подключение преобразователя с токовым выходом с питанием от токовой петли



Exterrnal Power Supply – внешний источник питания, Protection Circuit – схема защиты, Loop-Powered Current Transducer – преобразователь с токовым выходом с питанием от токовой петли, Shunt – шунт, External Bias Resistor – внешний резистор смещения

Рисунок 2-8. Трехпроводное подключение преобразователя с токовым выходом

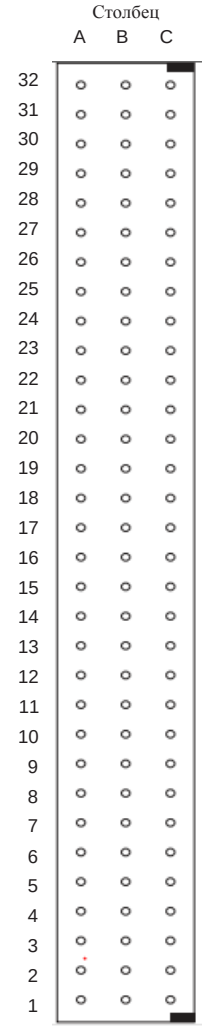


Exterrnal Power Supply – внешний источник питания, Protection Circuit – схема защиты, Three Wire Current Transducer – трехпроводный преобразователь с токовым выходом, Shunt – шунт External Bias Resistor – внешний резистор смещения

Схема расположения выводов модуля

В таблице 2-1 приведена схема расположения выводов разъема на лицевой панели PXIe-4302/4303. Обратитесь к разделу *Описание сигналов разъема ввода-вывода* за описанием каждого сигнала. Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 and TB-4302/4302C User Guide and Terminal Block Specifications* за расположением сигналов в коннекторных блоках.

Таблица 2-1. Назначение контактов разъема на лицевой панели

Схема разъема на лицевой панели	Номер строки	Столбец A	Столбец B	Столбец C
	32	AIGND	AI0+	AI1+
	31	AI2+	AI0-	AI1-
	30	AI2-	AI3-	AI3+
	29	AIGND	AI4+	AI5+
	28	AI6+	AI4-	AI5-
	27	AI6-	AI7-	AI7+
	26	AIGND	AI8+	AI9+
	25	AI10+	AI8-	AI9-
	24	AI10-	AI11-	AI11+
	23	AIGND	AI12+	AI13+
	22	AI14+	AI12-	AI13-
	21	AI14-	AI15-	AI15+
	20	AIGND	AI16+	AI17+
	19	AI18+	AI16-	AI17-
	18	AI18-	AI19-	AI19+
	17	AIGND	AI20+	AI21+
	16	AI22+	AI20-	AI21-
	15	AI22-	AI23-	AI23+
	14	AIGND	AI24+	AI25+
	13	AI26+	AI24-	AI25-
	12	AI26-	AI27-	AI27+
	11	AIGND	AI28+	AI29+
	10	AI30+	AI28-	AI29-
	9	AI30-	AI31-	AI31+
	8	AIGND	NC	NC
	7	NC	NC	NC
	6	NC	NC	NC
	5	PFI0	RSVD	RSVD
	4	RSVD	RSVD	RSVD
	3	RSVD	RSVD	RSVD
	2	RSVD	DGND	RSVD
	1	RSVD	RSVD	RSVD

RSVD – зарезервирован
NC - неподключен

Описание сигналов разъема ввода-вывода

В таблице 2-2 описываются сигналы на разъеме ввода-вывода.

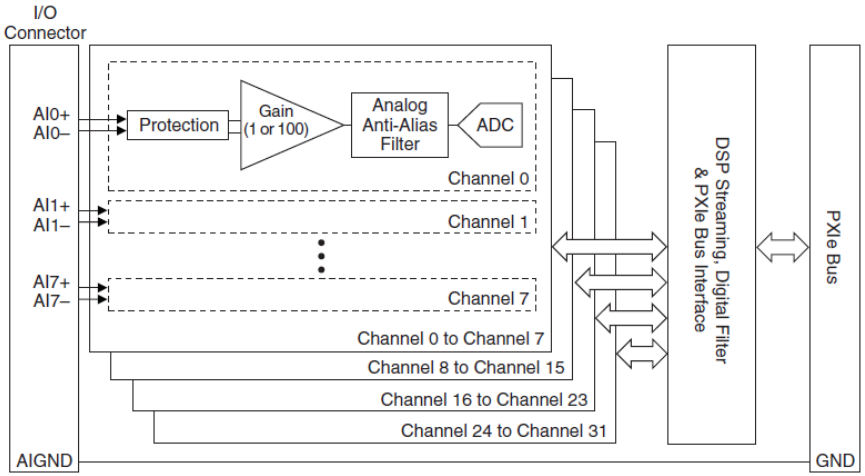
Таблица 2-2. Описание сигналов разъема ввода-вывода

Наименование сигнала	Направление	Описание
AIGND	—	Земля цепи аналогового ввода
AI<0..31>+	Ввод	Положительные входы дифференциальных каналов аналогового ввода с 0 по 31.
AI<0..31>-	Ввод	Отрицательные входы дифференциальных каналов аналогового ввода с 0 по 31.
RSVD	—	Эти контакты зарезервированы для подключения дополнительных аксессуаров.
DGND	—	Цифровая земля – этот контакт обеспечивает общий провод для цифровых сигналов и соединен с цифровой землей модуля.
PFI0	Ввод	Цифровой сигнал 3.3 В для вывода или ввода сигналов запуска и синхронизации. Ответный провод для этой линии DGND.

Блок-схема PXIe-4302/4303

На рисунке 2-9 показана блок-схемма PXIe-4302/4303. Для предварительной обработки аналоговых сигналов в каждом канале есть программно выбираемый блок усиления и антиалиазинговый фильтр. После указанной обработки сигналы во всех каналах одновременно оцифровываются 24-разрядными дельта-сигма АЦП. Оцифрованный сигнал подвергается различным операциям цифровой обработки, прежде чем будет отправлен в программное обеспечение. Обратитесь к разделу *Движки таймирования и потоки DSP* для получения дополнительной информации об этом цифровом блоке.

Рисунок 2-9. Блок-схема PXIe-4302/4303



I/O Connector – разъем ввода-вывода, Protection – защита, Gain (1 or 100) – усиление (1 или 100), Analog Anti-Alias Filter – аналоговый антиалиазинговый фильтр, ADC – АЦП, Channel X to Channel Y – каналы с X по Y, DSP Streaming, Digital Filter & PXIe Bus Interface – потоковая цифровая обработка сигналов, цифровая фильтрация и интерфейс PXIe, PXIe Bus – шина PXIe

Основные понятия в области измерений сигналов

В этом разделе содержится информация о принципах измерения сигналов, включая режимы работы, дельта-сигма преобразователи, частоту и полосу частот Найквиста, тактирование, запуск и синхронизацию.

Частота Найквиста и полоса частот Найквиста

Любая система, такая как АЦП, в которой осуществляется дискретизация, может измерять сигналы только с ограниченным спектром. В частности, при частоте дискретизации f_s можно представлять сигналы, все спектральные составляющие которых находятся ниже частоты $f_s/2$, которая известна под названием *частота Найквиста.* Полосу частот в диапазоне от 0 Гц до частоты Найквиста называют *полосой частот Найквиста.*

АЦП

В АЦП модуля PXIe-4302/4303 используется метод преобразования, называемый дельта-сигма модуляцией. Данный подход включает в себя передискретизацию входного сигнала, а затем децимацию и фильтрацию получаемых данных для достижения требуемой частоты дискретизации. PXIe-4302 поддерживает частоты от 1 Отсчета/с до 5 кОтсчетов/с. PXIe-4303 поддерживает частоты от 1 Отсчета/с до 51.2 кОтсчетов/с.

Режимы работы

PXIe-4302/4303 поддерживает два режима работы: с буферизацией (Buffered Mode) и режим поточечного сбора данных с аппаратным тактированием (Hardware-Timed Single Point Mode). В режиме буферизованного сбора данных передискретизированные данные прореживаются для получения требуемой частоты дискретизации, после чего применяются цифровые антиалиазинговые фильтры для фильтрации частотных составляющих, превышающих частоту Найквиста. Эти цифровые антиалиазинговые фильтры вносят групповую задержку, что может быть нежелательно для некоторых приложений. По этой причине NI PXIe-4302/4303 также поддерживает поточечный сбор данных с аппаратным тактированием. В этом режиме передискретизированные данные фильтруются более свободным фильтром для уменьшения групповой задержки.

Сбор данных с буферизацией

В режиме сбора данных с буферизацией в модуле PXIe-4302/4303 для обеспечения точного представления сигналов с ограниченным спектром при одновременном подавлении внеполосных спектральных составляющих используется комбинация аналоговой и цифровой фильтрации. Эти фильтры позволяют выделять отдельные диапазоны или полосы частот измеряемых сигналов. Принято различать три важных участка в частотном спектре сигнала – полосу пропускания, полосу заграждения и полосу, в которой отсутствует эффект наложения спектров («алиазинг»).

В режиме сбора данных с буферизацией PXIe-4302/4303 точно представляет сигналы, лежащие в полосе пропускания, что количественно определяется в основном неравномерностью в полосе пропускания и нелинейностью фазы. Все сигналы, спектр которых попадает в полосу частот, где отсутствует эффект наложения спектров, являются неискаженными сигналами или сигналами, у которых путем фильтрации подавлены составляющие, принадлежащие, как минимум, полосе заграждения.

Антиалиазинговые фильтры

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

Можно гарантировать, что в оцифрованных данных не будет ложных составляющих, если до или в процессе оцифровки путем фильтрации нижних частот подавить компоненты выше частоты Найквиста. В модулях PXIe-4302/4303 в режиме сбора данных с буферизацией для защиты от алиазинга применяются и аналоговые и цифровые фильтры.

В режиме сбора данных с буферизацией в модулях PXIe-4302/4303 используется архитектура на основе передискретизации и цифровые фильтры с крутой АЧХ[1],

[1] Фильтры с пологой АЧХ и полосой пропускания, свободной от наложения спектров, используются для частот дискретизации <25 Гц. Это делается для уменьшения больших групповых задержек,

частота среза которых связана с частотой 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.

Для минимизации ошибок от "ложных провалов" спектра модули NI PXIe-4302/4303 имеют аналоговый фильтр с фиксированной частотой среза, который подавляет высокочастотные составляющие в тракте прохождения аналогового сигнала до того, как он поступит на вход АЦП. Аналоговая фильтрация обеспечивает возможность подавления ложных узкополосных высокочастотных составляющих, которые не устраняет цифровой фильтр.

Полоса пропускания

Внутри полосы пропускания коэффициент усиления или ослабления (коэффициент передачи) сигналов зависит от частоты. Небольшие флуктуации коэффициента передачи в зависимости от частоты называют неравномерностью АЧХ. Цифровые антиалиазинговые фильтры модуля PXIe-4302/4303 подстраивают ширину полосы пропускания в зависимости от частоты дискретизации. Поэтому значение коэффициента передачи на некоторой заданной частоте зависит от частоты дискретизации.

Полоса заграждения

Цифровой антиалиазинговый фильтр значительно ослабляет все спектральные составляющие за пределами частоты заграждения. Поэтому частота полосы заграждения однозначно связана с частотой дискретизации. За уровень подавления сигнала в полосе заграждения принимают минимальное ослабление, вносимое антиалиазинговым фильтром для всех спектральных составляющие сигнала внутри полосы заграждения.

Полоса, в которой отсутствует эффект наложения спектра

Любой сигнал, спектр которого попадает в полосу пропускания модуля NI PXIe-4302/4303, где нет эффекта наложения спектра, не является ложной составляющей сигналов, содержащих более высокие частоты. Полоса частот, где не наблюдается эффект наложения спектров, определяется способностью фильтра подавлять частотные компоненты за пределами частоты заграждения. Она вычисляется как разность между частотой дискретизации и частотой полосы заграждения.

Групповая задержка фильтра

Любое событие, которое происходит в сигнале на входе модуля PXIe-4302/4303 в некоторый момент времени, проявляется на выходе антиалиазингового цифрового фильтра с большой задержкой, которой соответствует большое количество отсчетов оцифрованного сигнала. Эта задержка называется групповой задержкой.

вызываемых фильтрацией при низких частотах дискретизации. Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 Specifications* за получением данных о хаорактеристиках на низких частотах.

Чтобы упростить процесс сбора данных модулями PXIe-4302/4303 и согласовать эти данные с данными от других модулей, групповая задержка компенсируется следующими способами:

- Выходной сигнал Sample Clock генерируется модулем PXIe-4302/4303 в момент времени, когда входной сигнал достоверен 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-4302/4303, интерпретируются в зависимости от их временного положения относительно генерируемого импульса Sample Clock. Например, сигнал Start Trigger запускает сбор данных по следующему импульсу сигнала Sample Clock, который возвращает первый отсчет измеряемых данных. За более подробной информацией, как это влияет на события аналогового запуска, обратитесь к параграфу *Задержка запуска и фильтрации*.
- При измерениях с программной синхронизацией по запросу возвращается один отсчет из измерения, выполняющегося с максимальной поддерживаемой модулем частотой. При любых измерениях с программной синхронизацией, синхронизацией по запросу модуль PXIe-4302/4303 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, а время задержки составит сумму задержек аналогового входа и цифрового фильтра[2].

Опциональная БИХ-фильтрация при сборе данных с буферизацией

Кроме антиалиазинговых фильтров с крутой АЧХ, используемых в режиме сбора данных с буферизацией, NI PXIe-4302/4303 также предоставляет опциональные эллиптические ФНЧ четвертого порядка, которые также могут использоваться в этом режиме. Эти ФНЧ имеют фиксированные частоты среза, не связанные с частотой дискретизации, и предназначены для дублирования входного аналогового фильтра. Например, если вы хотите отфильтровать помеху 60 Гц от электросети, вы можете выбрать цифровой ФНЧ с частотой 2 Гц и использовать любую желаемую частоту дискретизации.

Опциональный ФНЧ является дополнением к антиалиазинговому фильтру. Поэтому он

[2] Максимальная частота дискретизации NI PXIe-4302/4303 составляет 51.2 кОтсчета/с. В дополнение к фиксированной задержке аналогового входа вы должны также учесть групповую задержку цифрового фильтра. Для частоты 51.2 кОтсчета/с групповая задержка цифрового фильтра равна

1.79742 мс + (48.5 с / 51.2 кОтсчетов/с) = 1.79837 мс.

Для диапазона 10 В полная задержка составляет 1.79837 мс + 6.77 μс = 1.80514 мс. Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 Specifications* для получения дополнительной информации.

имеет значение только в полосе пропускания антиалиазингового фильтра, который по-прежнему будет подавлять частоты выше частоты Найквиста.

По умолчанию опциональный цифровой ФНЧ не включен. Каждый канал в задаче с буферизацией (Buffered Mode) может быть независимо настроен на использование любого из доступных фильтров, поддерживаемых PXIe-4302/4305.

Обратитесь к разделу *Digital AI Filtering* справки *NI-DAQmx Help* для получения дополнительной информации о настройке используемых фильтров. Обратитесь к документу *NI PXI-4302/4303 Specifications* для получения дополнительной информации о поддерживаемых частотах среза и частотных характеристиках этих фильтров.

Время установления фильтра

При первом включении ФНЧ необходимо время для установления его выходного сигнала. Перед запуском задачи программное обеспечение автоматически ожидает фиксированное время после включения фильтра, чтобы не выводить неверные данные. Время ожидания, определяемое программой, зависит от частоты среза выбранного фильтра. Чем ниже частота среза, тем дольше программа должна ожидать установления сигнала на выходе фильтра. Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 Specifications* для получения дополнительной информации.

Групповая задержка фильтра

Как у всех фильтров, опциональный ФНЧ имеет связанную с ним групповую задержку. Поскольку опциональные фильтры относятся к классу БИХ-фильтров, групповая задержка является функцией частоты среза и частоты ослабляемого сигнала. Поскольку групповая задержка не является константой для всех входных частот, она не может быть автоматически скомпенсирована, и поэтому будет проявляться, как дополнительная задержка входного сигнала. Обратитесь к документу *PXIe-4302/4303 Specifications* для получения дополнительной информации.

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. Сигнал SampleClock может быть импортирован или сгенерирован в самом NI PXIe-4302/4303 с использованием частоты дискретизации, сконфигурированной в задаче NI-DAQmx.

При буферизованном сборе данных устройство может ожидать накопления больших порций данных, прежде чем отправлять данные по шине на хост-компьютер. Это оптимизирует пропускную способность. При сборе данных в режиме HWTSP устройство отправляет данные на хост по каждому импульсу отсчета. При этом оптимизируется задержка.

Благодаря этому режим HWTSP является идеальным для приложений управления реального времени. Сбор данных в режиме HWTSP, в сочетании с ожиданием следующего импульса отсчета, обеспечивает 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`.

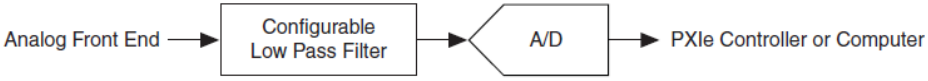
Модель поточечного сбора данных с аппаратным тактированием

Путь прохождения данных HWTSP оптимизирован для приложений с малой задержкой и отличается от пути прохождения данных при буферизованном сборе данных.

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

На рисунке 2-10 показана модель пути прохождения данных в режиме HWTSP.

Рисунок 2-10. Модель пути прохождения 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 отправляет данные в контроллер PXIe или компьютер по сигналу SampleClock.

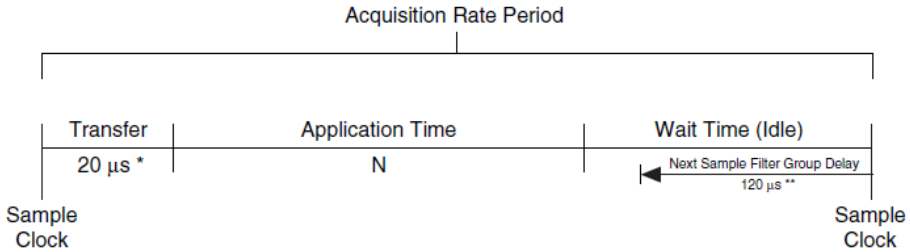
Анализ максимальной частоты HWTSP

При сборе данных в режиме HWTSP максимально достижимая частота сбора данных без потери отсчетов зависит как от времени передачи, так и от времени выполнения приложения. Обратитесь к рисунку 2-11.

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

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

Рисунок 2-11. Соотношение времени передачи и времени приложения



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

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

Примечание Для приложений управления важно рассмотреть групповую задержку собираемых и анализируемых данных при расчете полосы пропускания системы управления. Независимо от частоты дискретизации полоса пропускания системы вычисляется по формуле:

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

Пример расчета для частоты цикла управления 2 кГц

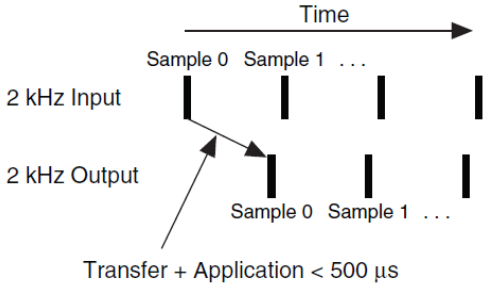
На рисунке 2-12 показана типичная система управления с процессом, которым нужно управлять, DAQ-устройство для сбора данных и генерации стимулов, и контроллер PXIe или компьютер для обработки данных, определения правильного значения для аналогового вывода и подачи его на процесс.

Рисунок 2-12. Типичная система управления

PXIe Controller or Computer – контроллер PXIe или компьютер, DAQ Device – DAQ-устройство, AI Measurement – измерения, AO Stimulus – управляющее воздействие, Process – процесс.

Для успешного функционирования управляющего контура с обратной связью на частоте 2 кГц убедитесь, что время между получением отсчета сигнала и генерацией стимулирующего воздействия не превышает 500 мкс. Обратитесь к рисунку 2-13.

Рисунок 2-13. 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 на частоте 2 кГц, и что первый выходной сигнал генерируется в пределах первого периода дискретизации, удостоверьтесь, что 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 генерации воздействия на аналоговом выходе.

Используя уравнение 2-1 и время передачи системы, описанное в этом разделе, можно рассчитать, что для работы цикла управления с замкнутой обратной связью на частоте 2 кГц время приложения не должно превышать 480 мкс.

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

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

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

Любое приложение, выполняющееся дольше 480 мкс, не сможет работать в контуре управления с обратной связью на частоте 2 кГц.

При анализе полосы пропускания системы вы должны учесть групповую задержку всех компонентов системы. При использовании только внутреннего фильтра NI PXIe-4302/4303 с частотой среза 2 кГц, полоса пропускания цикла управления составляет:

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

$$\text{Полоса пропускания} = \frac{1}{20 \text{ мкс} + 480 \text{ мкс} + 120 \text{ мкс}}$$

$$\text{Полоса пропускания} = 1.613 \text{ кГц}$$

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

Таймирование и запуск

В этом разделе содержится информация о таймировании и запуске.

Sample Clock Timebase

Для управления преобразованием АЦП требуется повышенная частота дискретизации. Эта частота больше частоты взятия отсчетов. В модулях PXIe-4302/4303 импульсы передискретизации формируются из опорного сигнала частотой 106.25 МГц. Этот опорный сигнал может быть сформирован с помощью фазовой автоподстройки частоты из тактового сигнала 100 МГц объединительной платы PXIe или сгенерирован на основе внутреннего автономного генератора опорной частоты. Несколько модулей могут быть синхронизированы, если выбрать тактовый сигнал 100 кГц объединительной панели PXIe в качестве опорного источника сигнала для всех модулей. Обратитесь к разделу *Синхронизация от опорного генератора* для получения дополнительной информации.

Внешний генератор

АЦП модуля PXIe-4302/4303 нельзя синхронизировать от таких внешних источников, как датчики перемещения и тахометры. Несмотря на это, средства обработки сигналов в библиотеке Sound and Vibration Measurement Suite часто обеспечивают прекрасную альтернативу внешней синхронизации в приложениях, связанных с применением датчика перемещения или тахометра. Обратитесь на страницу `ni.com/soundandvibration` – для получения дополнительной информации о Sound and Vibration Measurement Suite.

Цифровой запуск

Модули NI PXIe-4302/4303 можно сконфигурировать таким образом, чтобы они начинали измерения по сигналу цифрового запуска с одной из линий запуска на объединительной плате PXI Express или с линии PFI на лицевом разъеме. 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 сигнала запуска. Схему аналогового запуска можно сконфигурировать на отслеживание любого канала измерения. Выбор канала ввода в качестве канала запуска не влияет на его способность измерять сигналы.

Сигнал аналогового запуска может быть использован только в качестве опорного сигнала запуска (reference trigger). В случае измерений с запуском по опорному сигналу модуль настраивается на сбор некоторого количества отсчетов до события запуска (предзапуск) и некоторого количества отсчетов после этого события (пост-запуск). Поэтому измерения с запуском по опорному сигналу могут быть сконфигурированы только как задачи сбора конечного числа отсчетов. Сигнал аналогового запуска NI PXIe-4302/4303 не может быть использован как сигнал начала

измерений (start trigger). Это ограничение является следствием реализованного способа компенсации групповой задержки фильтра.

При использовании аналогового запуска по опорному сигналу модуль сначала ожидает накопления заданного количества отсчетов (фаза предзапуска). Как только будет получено 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 поддерживаемые цифровые контакты. Обратитесь к панелям устройств 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 PXIe-4302/4303 можно использовать несколько режимов аналогового запуска, например аналоговый запуск по фронту, аналоговый запуск по фронту с гистерезисом, запуск в окне.

Задержка запуска и фильтрации

NI PXIe-4302/4303 воспринимает сигналы запуска в момент 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 сказывается на запаздывании получения данных после реализации события запуска. Поскольку для цифровой фильтрации используются КИХ-фильтры с линейной фазой, необходимо выждать время групповой задержки фильтра после отправки синхронизирующего импульса, прежде чем сигнал запуска может быть правильно обработан. Пункт 6 в разделе *Синхронизация от опорного генератора* позволяет NI-DAQmx автоматически обработать эту задержку. После цифрового сигнала запуска измерений вы не сможете считывать данные первого отсчета до тех пор, пока не истечет время групповой задержки фильтра. Поэтому сбор данных начинается после истечения удвоенной групповой задержки цифровых фильтров. Вы можете добавить дополнительное время между моментом появлением 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 частоты дискретизации. За более подробной информацией о групповой задержке при различных частотах дискретизации, обратитесь к документу NI *PXIe-4302/4303 Specifications*.

Синхронизация

В некоторых приложениях требуется жесткая синхронизация между операциями ввода и вывода нескольких модулей. Синхронизация необходима для минимизации расфазировки каналов и устранения дрейфа тактового сигнала между модулями при работе в течение длительного времени. Вы можете синхронизировать операции аналогового ввода двух и более модулей NI PXIe-4302/4303, используемых для

увеличения количества измерительных каналов. Кроме того, с помощью опорного сигнала синхронизации (Reference Clock Synchronization) модуль NI PXIe-4302/4303 может синхронизироваться с некоторыми модулей динамического анализа сигналов (DSA-модулей), таких, как NI PXIe-449x.

Синхронизация от опорного генератора

При синхронизации от опорного генератора, ведущий и ведомый модули генерируют свои импульсы передискретизации АЦП из общих импульсов опорной частоты 100 МГц с объединительной платы PXIe (PXIe_CLK100). Идентичные копии этих импульсов с объединительной платы поступают на все периферийные слоты. Кроме того, несколько шасси могут быть синхронизированы с помощью модуля тактирования и синхронизации, который блокирует распространение сигнала 100 МГЦ по шасси.

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

Чтобы в нескольких задачах DAQmx, выполняющих измерения с одной и той же частотой дискретизации, синхронизировать аппаратные средства, выполните следующие действия:

1. Задайте сигнал PXIe_CLK100 в качестве источника опорного тактового сигнала для всех модулей, чтобы все модули тактировались импульсами опорной частоты шасси PXIe.
2. Выберите какой-нибудь модуль PXIe-4302/4303 в качестве ведущего, который будет выдавать синхроимпульсы на одну из линий шины запуска PXIe Trigger. Эти импульсы сбрасывают АЦП и генераторы импульсов передискретизации, выравнивание фаз всех импульсов системы будет произведено с точностью до наносекунд.
3. Сконфигурируете оставшиеся модули системы таким образом, чтобы они получали синхроимпульсы от ведущего модуля. Это гарантирует, что все АЦП будут работать синхронно.
4. Выберите модуль, который собираетесь использовать в качестве источника сигнала запуска измерений. Этот модуль не может быть тем же, что и модуль, выбранный в пункте 3.
5. Сконфигурируйте остальные модули системы, чтобы они получали сигналы запуска измерений от модуля, который является ведущим по запуску измерений. Это гарантирует, что все модули начнут возвращать данные с одного и того же отсчета.
6. Установите тип синхронизации сигнала запуска (Start Trigger) ведомых модулей **DAQmx Trigger»Advanced»Synchronization» Synchronization Type** в значение Slave и ведущего модуля в значение Master.
7. Также сделайте запрос времени вхождения в синхронизм всех синхронизируемых модулей с помощью команды **DAQmx Timing»More» Synchronization Pulse»Synchronization Time**, выберите из них наибольшее и задайте его в качестве минимальной задержки начала измерений с помощью команды **DAQmx**

Timing»More»Synchronization Pulse»Minimum Delay To Start в модуле, который является источником импульса синхронизации.

8. Зафиксируйте во всех задачах параметры синхронизации ведомых модулей с помощью VI или функции DAQmxTaskControl. Это установит задачи в состояние ожидания синхроимпульса от ведущего модуля.
9. Зафиксируйте с помощью VI или функции DAQmxTaskControl параметры 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 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 ограничение:

- Модуль PXIe-4302/4303 автоматически компенсирует групповую задержку фильтра. Однако, устройства некоторых других семейств не выполняют такую компенсацию. В этом случае вручную компенсируйте групповую задержку сигналов, если в вашем приложении требуется такой уровень синхронизации устройств разных семейств.

Движки таймирования и потоки DSP

В этом разделе рассматривается внутренняя реализация модулей NI PXIe-4302/4303 и ограничения по их конфигурированию. Использование программного обеспечения NI-DAQmx позволяет легко настраивать модули NI PXIe-4302/4303, не обладая глубокими знаниями о функционировании аппаратных компонентов модулей. Однако существуют ограничения по конфигурированию, и чтобы понять их, необходимы некоторые пояснения происходящего внутри аппаратных средств.

Движки таймирования

Создаваемая программная задача взаимодействует с одним или более движков таймирования модулей PXIe-4302/4303. Всего существует четыре аппаратных таймирующих движка, которые могут работать одновременно. Каждый из них может иметь индивидуальные настройки таймирования, запуска и режима взятия отсчетов. В зависимости от выбранного режима взятия отсчетов движок будет использовать или потоковую цифровую обработку сигналов (DSP) в режиме сбора данных с буферизацией, или в поточечном режиме с аппаратной синхронизацией и.

Потоки DSP

Потоки DSP в модулях PXIe-4302/4303 выполняют цифровую обработку собранных данных до отправки данных в прикладную программу. Существуют два типа потоков DSP: режим с буферизацией данных и поточечный режим с аппаратной синхронизацией.

Модули NI PXIe-4302/4305 имеют по четыре потока каждого из этих типов, и каждый поток может обрабатывать до 8 каналов. Таким образом, можно использовать все 32 канала в режиме с буферизацией или в поточечном режиме с аппаратной синхронизацией.

Каналы аналогового ввода и потоки DSP

В то время как все 32 канала аналогового ввода одновременно оцифровываются АЦП, управляющие элементы АЦП сгруппированы в 4 банка по 8. Конфигурация АЦП различается для разных режимов сбора данных, и в результате существуют ограничения на использование каналов при одновременной работе задач с буферизацией и задач с поточечным сбором данных с аппаратной синхронизацией. Каналы аналогового ввода в следующих банках должны быть сконфигурированы на работу либо в режиме с буферизацией, либо в поточечном режиме с аппаратной синхронизацией: ai0:7, ai8:15, ai16:23 и ai24:31.

Для более гибкого конфигурирования модулей NI PXIe-4302/4303 между АЦП и потоками DSP существует матричный коммутатор. Матричный коммутатор позволяет одному потоку DSP использовать любые 8 из 32 каналов аналогового ввода, если АЦП для выбранного канала настроен на тот же режим, что и этот поток. Как только канал аналогового ввода используется в задаче, он становится недоступен для других задач.

Примеры ограничений

Следующие варианты конфигурации приведут к возникновению ошибки:

- Задача сконфигурирована и запущена, используется канал ai0 в режиме с буферизацией. Создана вторая задача с каналом ai1 в поточечном режиме сбора данных с аппаратной синхронизацией. Вторая задача приведет к появлению ошибки, поскольку первая задача уже заняла каналы ai0:7 в режим с буферизацией, и поэтому канал ai1 не может использоваться в поточечном режиме сбора данных с аппаратной синхронизацией.
- Задача сконфигурирована и запущена, используется канал ai0 в режиме с буферизацией. Создана вторая задача с каналом ai0 также в режиме с буферизацией. Вторая задача приведет к появлению ошибки, поскольку первая задача уже использует канал ai0.
- Сконфигурированы и запущены четыре задачи в режиме с буферизацией, в каждой из которых используется один (различный) канал аналогового ввода и различные частоты дискретизации. Создана пятая задача. Пятая задача приведет к появлению ошибки, независимо от ее конфигурации, поскольку первые четыре задачи уже используют все четыре движка таймирования, по одному на задачу.
- Задача сконфигурирована и запущена, используются каналы ai0:24 в режиме с буферизацией. Создана вторая задача в режиме с буферизацией, использующая канал ai25. Вторая задача приведет к появлению ошибки, поскольку первая задача

включает 25 каналов и потому должна использовать все четыре потока с буферизацией; каждый поток может обработать только 8 каналов. Неиспользуемых потоков с буферизацией не осталось. Если вторая задача настроена на поточечный режим с аппаратной синхронизацией, ошибка все равно появится, поскольку канал ai24 из первой задачи находится в режиме с буферизацией, что переводит в режим с буферизацией каналы ai24:ai31.

Автоматическое обнаружение аксессуаров

Модули типа SC Express автоматически обнаруживают совместимые 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 конкретный коннекторный блок, а также получить доступ к любой информации, касающейся калибровки и масштабирования и 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 под модулем. 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* за документацией 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 NI SC Express

PXIe_CLK100

PXIe_CLK100 - это опорный сигнал общего назначения частотой 100 МГц с малыми искажениями, который применяется для синхронизации нескольких модулей в измерительной или управляющей системе на основе интерфейса PXI Express. Объединительная плата обеспечивает независимую 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 опорный сигнал общего назначения 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 плата обеспечивает независимую генерацию этого сигнала для каждого периферийного слота в шасси PXI Express. PXIe_SYNC100 позволяет модулям, использующим PXIe_CLK100 в качестве опорного сигнала, воссоздать таймирование сигнала PXI_CLK10, используя одновременно преимущества более низких искажений PXIe_CLK100. Для получения дополнительной информации обратитесь к документу *PXI Express Specification* по адресу `www.pxisa.org`.

PXI_CLK10

PXIe_CLK10 - это опорный сигнал общего назначения частотой 10 МГц с малыми искажениями, который применяется для синхронизации нескольких модулей в измерительной или управляющей системе на основе интерфейса PXI Express. Объединительная плата обеспечивает независимую генерацию этого сигнала для каждого периферийного слота в шасси PXI. В шасси PXIe 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

Шасси PXI/PXIe предоставляет восемь шинных линий запуска для каждого модуля системы. Сигналы запуска могут передаваться от одного модуля к другому, что позволяет точно реагировать на внешние асинхронные контролируемые и управляемые события. Эти сигналы запуска могут быть использованы для синхронизации работы нескольких различных периферийных PXI модулей.

В PXI шасси, количество слотов в которых 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 PXI Express шина Star Trigger реализует отдельные 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 системы, чтобы выдавать сигналы 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. Модуль SC Express можно использовать в слоте 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 приложений, благодаря увеличению количества возможных маршрутов передачи сигналов.

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

Таблица 3-1. Описание линий PXIe_DSTAR

Линия запуска	Назначение
PXIe_DSTARA	Распределяет высокоскоростные высококачественные сигналы синхронизации со слота синхронизации системы на периферийные устройства (ввод).
PXIe_DSTARB	Распределяет высокоскоростные высококачественные сигналы запуска со слота синхронизации системы на периферийные устройства (ввод).
PXIe_DSTARC	Направляет высокоскоростные высококачественные сигналы запуска и синхронизации с периферийных устройств на слот синхронизации системы (вывод).

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

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 преимуществами наших сервисов по продукции, которые отвечают вашим потребностям на каждой стадии жизненного цикла приложения, от планирования и разработки до развертывания и сопровождения.

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 легкое 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 личный 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, резервирования 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 с использованием только оригинальных деталей высококвалифицированными техниками в сервис-центре National Instruments.
  - **Calibration (Калибровка)** — благодаря регулярной калибровке вы сможете оценить и улучшить метрологические характеристики прибора. NI предоставляет самые современные сервисы калибровки. Если ваш продукт поддерживает калибровку, вы можете получить для него калибровочный сертификат на сайте 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 сайт ni.com/alliance.

- **Training and Certification (Обучение и сертификация) —** программа обучения и сертификации NI – наиболее эффективный способ поднять профессиональный уровень и продуктивность разработки приложений. Для получения дополнительной информации посетите ni.com/training.
  - Руководство по квалификации разработчика (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 ni.com/skills-guide чтобы ознакомиться с руководством.
  - NI предлагает курсы на нескольких языках и в нескольких форматах, включая занятия в классе по всему миру под руководством инструктора, 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 образцов 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.