Руководство пользователя
и технические характеристики

NI cDAQ-9188

Содержание

Введение **5**
Правила техники безопасности 5
Правила техники безопасности при работе с высоким напряжением 6
Рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости 6
Информационные ресурсы 7
Техническая поддержка на веб-сайте 7
Учебные курсы 7
Установка программного обеспечения 8
Монтаж NI cDAQ-9188 8
Габаритные размеры NI cDAQ-9188 8
Комплект для настольного монтажа NI 9901 9
Комплект для монтажа на DIN-рейку 10
Комплект для монтажа на панель 10
Питание NI cDAQ-9188 11
Обнаружение устройства 12
Конфигурирование устройства 14
Запуск тестовых панелей 14
Интерфейс шасси NI cDAQ-9188 15
Кнопка сброса 15
Расшифровка светодиодной индикации 16
Применение NI cDAQ-9188 17
Система NI cDAQ-9188 17
Модули ввода/вывода C-серии 17
Модульный интерфейс cDAQ 18
STC3 18
Аналоговый ввод 19
Запуск операций аналогового ввода 20
Сигналы синхронизации аналогового ввода 24
Начало работы с программными приложениями аналогового ввода 27
Аналоговый вывод 28
Способы аналогового вывода данных 28
Запуск аналогового вывода 30

Сигналы синхронизации аналогового вывода 33
Минимизация выбросов в выходном сигнале 34
Начало работы с программным обеспечением приложений аналогового вывода 34
Цифровой ввод/вывод 35
Сравнение модулей с аппаратной синхронизацией с модулями статического цифрового ввода/вывода 35
Статический цифровой ввод/вывод 35
Ввод цифровых сигналов (аппаратно синхронизированный ввод) 36
Запуск цифрового ввода 36
Сигналы синхронизации цифрового ввода 40
Начало работы с программными приложениями цифрового ввода 42
Событие обнаружения изменений (Change Detection Event) 42
Сбор данных при обнаружении изменений 42
Цифровой вывод 43
Запуска цифрового вывода 45
Синхронизация цифрового вывода 45
Начало работы с программным обеспечением приложений цифрового вывода 49
Конфигурация цифрового ввода/вывода для NI 9401 49
PFI (Интерфейс с программируемыми функциями) 49
Счетчики 50
Механизм синхронизации счетчика 51
Приложения ввода данных с помощью счетчиков 52
Приложения вывода данных с помощью счетчиков 76
Сигналы синхронизации счетчиков 86
Подключение счетчика/таймера по умолчанию 92
Запуск счетчиков 92
Другие возможности счетчиков 93
Цифровая маршрутизация и генерация тактовых импульсов 95
Маршрутизация сигнала синхронизации 97
Технические характеристики 98
Аналоговый ввод 98
Аналоговый вывод 98
Характеристики цифровых сигналов 99
Счетчики/таймеры общего назначения 100
Генератор частот 100
Характеристики модуля PFI 101

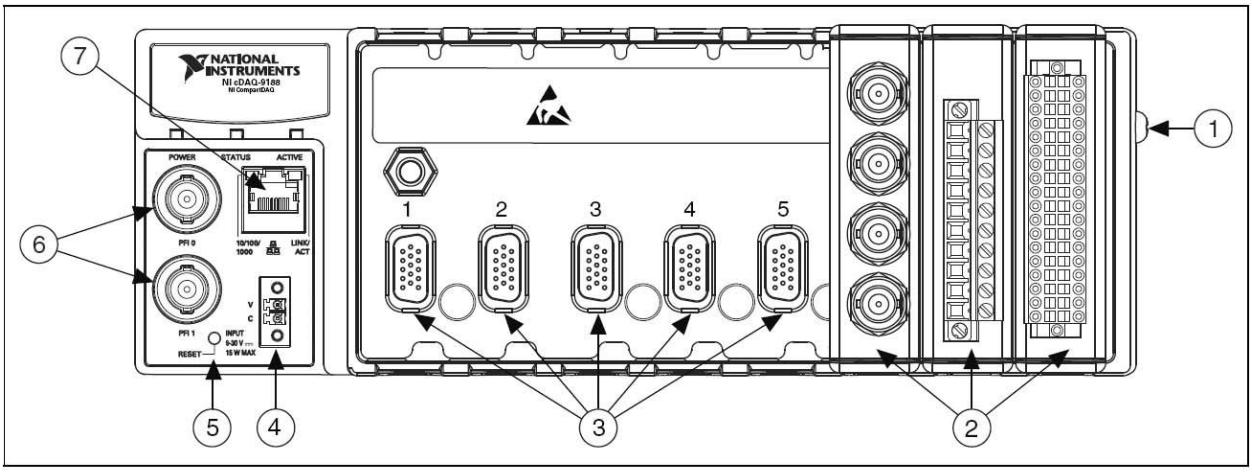
Характеристики PFI шасси....101
Внешние цифровые сигналы запуска....102
Состояние модулей ввода/вывода....102
Требования по питанию....102
Сеть....103
Физические характеристики....103
Окружающая среда....103
Удары и вибрации....104
Стандарты безопасности....104
Электромагнитная совместимость....105
Соответствие требованиям Совета Европы....105
Сертификация продуктов Online....105
Мероприятия по охране окружающей среды....105
Техническая поддержка....1

Введение

Настоящее руководство содержит инструкцию по применению шасси серии CompactDAQ 9188 компании National Instruments и его характеристики.

Шасси NI cDAQ-9188 Ethernet разработано для использования совместно с модулями ввода/вывода C-серии. На основе шасси NI cDAQ-9188 и интерфейса Ethernet можно создавать системы, способные измерять и генерировать различные аналоговые и цифровые сигналы, поступающие от датчиков. Для ознакомления с характеристиками модулей ввода/вывода обратитесь к прилагаемой к модулям документации или перейдите на `сайт ni.com/manuals`.

На рисунке 1 показан внешний вид шасси NI cDAQ-9188.



1	Grounding Screw	5	Reset Button
2	Installed C Series Modules	6	PFI 0 BNC Connector, PFI 1 BNC Connector
3	Module Slots	7	Ethernet Connector
4	9–30 VDC Power Connector		

Рисунок 1. Внешний вид шасси NI cDAQ-9188

Grounding Screw – винт заземления, *Installed C Series Modules* – установленные модули C-серии, *Module Slots* – слот для установки модуля, *9-30 VDC Power Connector* – разъем питания 9-30 В постоянного тока, *Reset Button* – кнопка сброса, *PFI 0 BNC Connector* – BNC-разъем линии PFI 0, *PFI 1 BNC Connector* – BNC-разъем линии PFI 1, *Ethernet Connector* – разъем Ethernet

Правила техники безопасности

Используйте шасси NI cDAQ-9188 только так, как описано в данном руководстве.

Примечание: Поскольку некоторые модули ввода/вывода C-серии могут быть выполнены в соответствии с более строгими сертификационными стандартами, чем шасси NI cDAQ-9188, характеристики системы в комплексе могут быть ограничены условиями, наложенными на ее компоненты. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Интерфейс шасси NI cDAQ-9188* этого документа.

Внимание: Шасси NI cDAQ-9188 *не* сертифицировано для применения в опасных условиях.

Рабочая поверхность: Такая иконка означает, что деталь может быть горячей. Прикосновение к этой детали может привести к телесным повреждениям.

Правила техники безопасности при работе с высоким напряжением

Если *опасное напряжение* подключено к модулю, примите следующие меры предосторожности. Опасное напряжение – это пиковое напряжение больше 42.4 В или 60 В постоянного тока относительно заземления.

Внимание: Убедитесь, что подключение опасного напряжения выполняется только квалифицированным персоналом, четко соблюдающим местные электротехнические требования.

Внимание: *Не* работайте одновременно со схемами с опасным напряжением и открытыми, доступными для прикосновения, схемами в том же модуле.

Внимание: Убедитесь, что шасси и схемы, подключенные к модулю, полностью изолированы от контакта с человеком.

Внимание: Шасси NI cDAQ-9188 не изолировано, в то время, как некоторые модули ее обеспечивают. Следуйте правилам безопасности для каждого модуля, если используете опасное напряжение.

Рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости

Данное изделие протестировано и выполнено в соответствии с обязательными требованиями и ограничениями по обеспечению электромагнитной совместимости (EMC), как указано в технических характеристиках изделия. Эти требования и ограничения разработаны с целью обеспечения достаточной защиты от вредных помех, возникающих в ходе эксплуатации прибора в определенных электромагнитных условиях. Но это не гарантирует, что помехи не будут возникать при особых условиях установки прибора. Для снижения вероятности возникновения помех от данного изделия на радио- и телевизионный сигнал или во избежание недопустимого снижения характеристик устанавливайте и используйте изделие в точном соответствии с инструкциями, изложенными в документации.

Следующие положения содержат важную информацию по обеспечению электромагнитной совместимости, необходимую для установки и использования данного изделия:

Внимание: Настоящее изделие предназначено для эксплуатации в промышленных условиях. Поэтому, если оно используется в жилой зоне, то может послужить причиной возникновения помех. Необходимо избегать подобного использования до тех пор, пока не будут предприняты специальные меры по уменьшению электромагнитного излучения для предотвращения возникновения помех при приеме радио и телевизионного сигнала.

Внимание: Изделие может стать более чувствительным к электромагнитным возмущениям в условиях эксплуатации, когда его тестовые выводы проходят рядом с объектом тестирования или подключены к нему непосредственно.

Внимание: Излучения, превышающие нормативные значения, могут возникать в случае, когда изделие подключено к объекту тестирования.

Внимание: Изменения и доработки, прямо не утвержденные компанией National Instruments, могут аннулировать право пользователя на работу с оборудованием, регулируемое локальными нормативными правилами.

Внимание: Для работы с данным изделием применяйте только экранированные кабели и вспомогательные устройства.

Информационные ресурсы

В дополнение к сопроводительной документации к настоящему изделию проверяйте обновления документации на оборудование и программное обеспечение на сайте `ni.com/manuals`.

Техническая поддержка на веб-сайте

Для дополнительной поддержки перейдите по ссылке `ni.com/support` или `zone.ni.com`.

Учебные курсы

Если вам необходима помощь в разработке приложений с использованием продукции компании National Instruments, компания предлагает учебные курсы. Более подробную информацию вы можете найти на сайте `ni.com/training`.

Установка программного обеспечения

Инсталлируйте программное обеспечение для разработки приложений (если необходимо). Затем инсталлируйте драйвер NI-DAQmx.

Монтаж NI cDAQ-9188

Габаритные размеры NI cDAQ-9188

На рисунке 2 показаны габаритные размеры шасси NI cDAQ-9188.

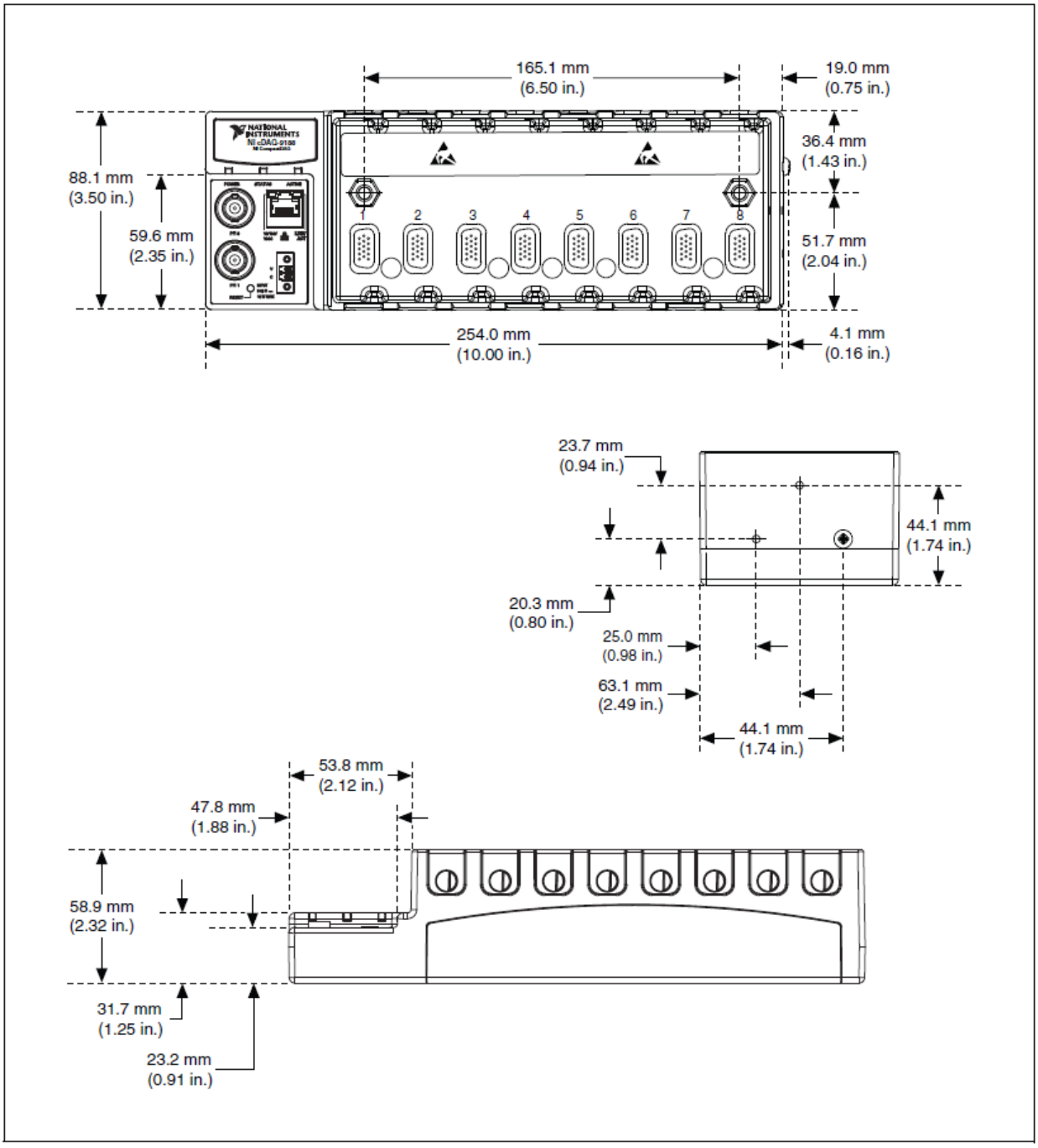


Рисунок 2. Габаритные размеры NI cDAQ-9188 в миллиметрах (в дюймах)

Вы можете установить шасси NI cDAQ-9188 на рабочей поверхности стола, используя 35 мм DIN-рейку или комплект для монтажа на панели. Информацию для заказа монтажных аксессуаров можно на сайте `ni.com`.

Внимание: При установке оборудования соблюдайте следующие требования:

- Необходимо обеспечить 25.4 мм (1 дюйм) свободного пространства над и под шасси NI cDAQ-9188 для циркуляции воздуха.
- Необходимо, по крайней мере, 50.8 мм (2 дюйма) свободного пространства перед модулями для общего соединительного кабеля, такого, как 10-контактный разъем с клеммами и, по необходимости, до 88.9 мм (3.5 дюйма) свободного пространства перед модулями при других типов кабелей. Для получения более подробной информации о размерах изделия обратитесь на сайт `ni.com/info` и введите `rdcrioconn`.

Комплект для настольного монтажа NI 9901

В состав комплекта для настольного монтажа NI 9901 входят две металлические опоры, которые можно закрепить по бокам шасси NI cDAQ-9188. При использовании этого набора вы можете поворачивать шасси NI cDAQ-9188 для удобного доступа к коннекторам модулей ввода/вывода. При установке двух металлических опор два винта на задней стороне шасси и на стороне ввода/вывода должны быть удалены, как показано на рисунке 3. После удаления винтов замените их на более длинные, прилагаемые к комплекту для настольного монтажа NI 9901.

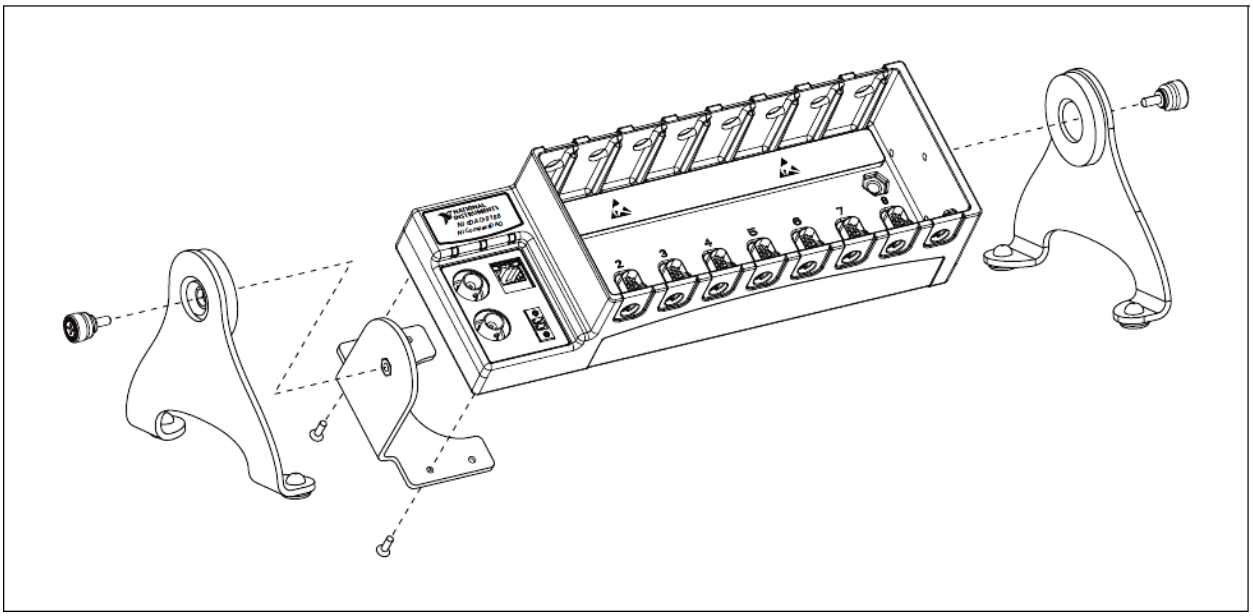


Рисунок 3. Комплект для настольного монтажа NI 9901

Комплект для монтажа на DIN-рейку

Комплект для монтажа на DIN-рейку NI 9915 – каждый комплект содержит один зажим для монтажа шасси на стандартную 35 мм DIN-рейку. Чтобы смонтировать шасси на DIN-рейку, закрепите зажим для DIN-рейки к шасси при помощи отвертки Phillips номер 2 и двух винтов M4 X 17. Винты поставляются в этом комплекте. Убедитесь, что комплект смонтирован, как показано на рисунке 4, большей губкой DIN-рейки вверх. Когда комплект полностью смонтирован, отцентрируйте шасси NI cDAQ-9188 относительно DIN-рейки.

Внимание: Удалите все модули ввода/вывода перед тем, как снимать шасси с DIN-рейки.

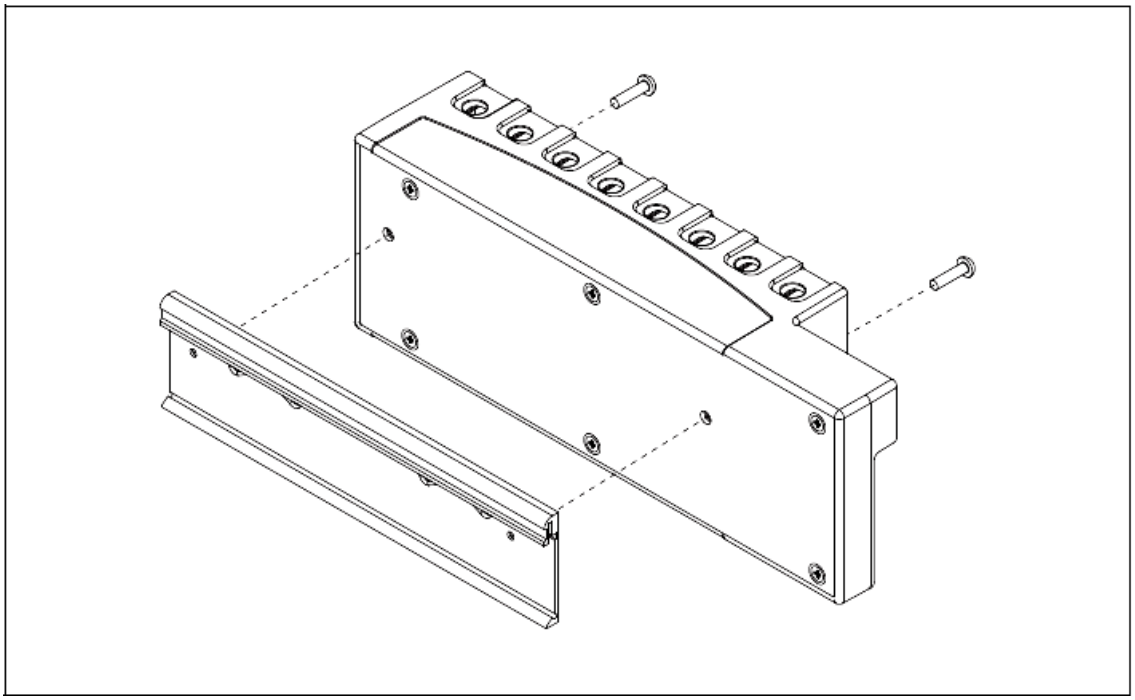


Рисунок 4. Крепление DIN-рейки к NI cDAQ-9188

Комплект для монтажа на панель

Комплект для монтажа на панель NI 9905 – для монтажа выровняйте шасси относительно крепежной панели. Прикрепите шасси при помощи двух винтов M4 X 17, как показано на рисунке 5. National Instruments поставляет эти винты в составе комплекта. Вы *должны* использовать эти винты, поскольку они соответствуют правильной глубине и резьбе отверстий на крепежной панели. Для монтажа панели могут применяться винты M4, M5, No. 8 или No. 10 с цилиндрической скруглённой головкой. На рисунке 5 показаны размеры панели и крепление на нее шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации о размерах обратитесь к документации, прилагаемой к комплекту.

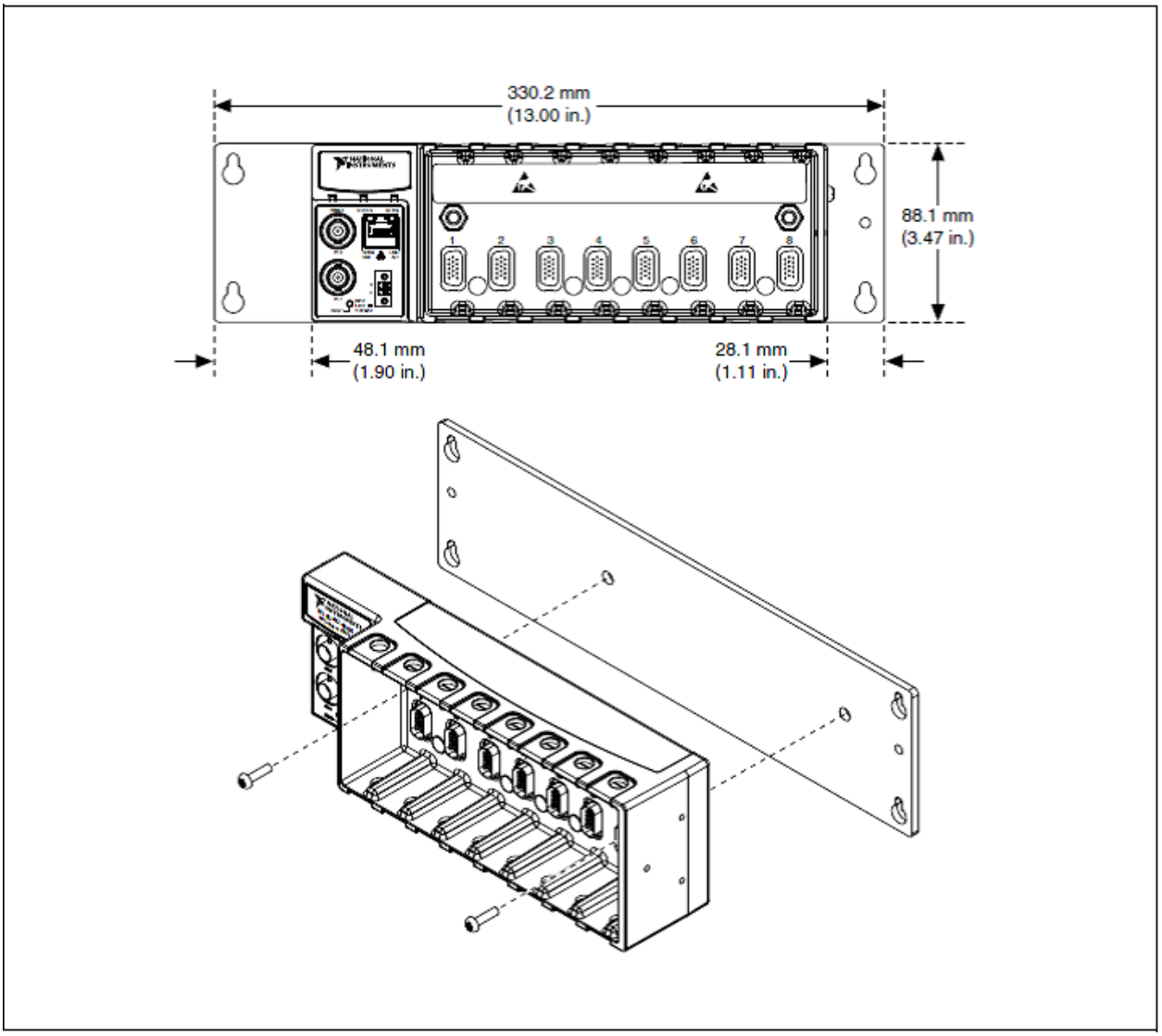


Рисунок 5. Размеры крепежной панели и монтаж NI cDAQ-9188

Питание NI cDAQ-9188

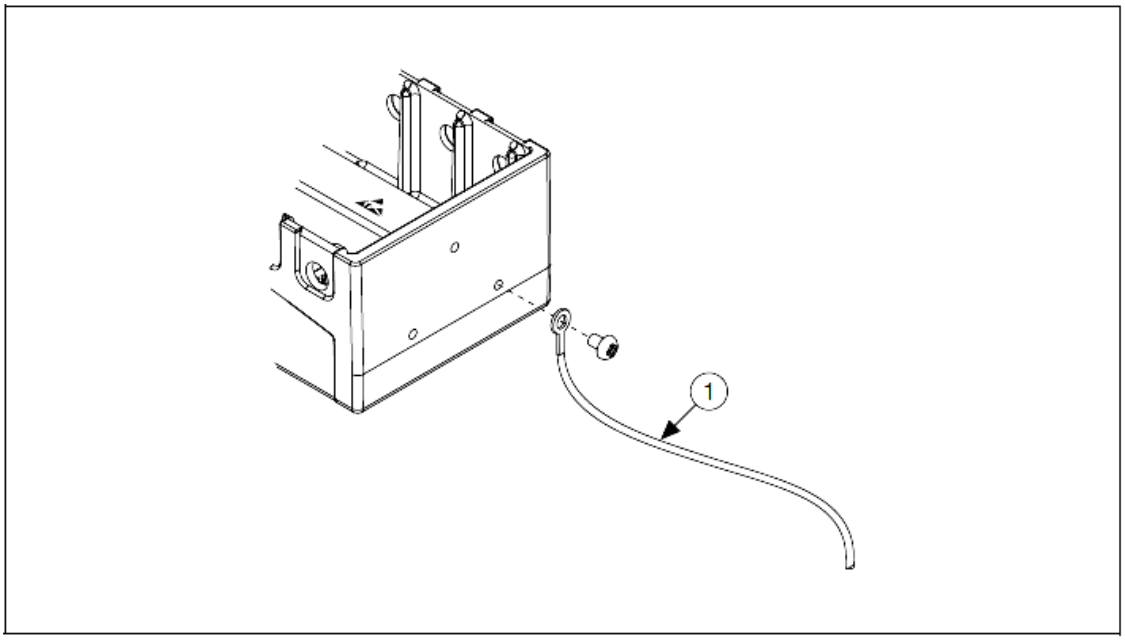
1. Прежде, чем подключить оборудование, установите программное обеспечение NI DAQ-mx.

Примечание: Программное обеспечение NI-DAQmx есть на установочном диске, поставляемом в комплекте, а также доступно для скачивания на сайте `ni.com/support`. Документацию на NI-DAQmx можно открыть после установки из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ**. Другая документация National Instruments доступна на сайте `ni.com/manuals`.

Выполните следующие действия для подключения питания к шасси NI cDAQ-9188:

2. Убедитесь, что источник питания шасси NI cDAQ-9188 не включен в электрическую сеть.

3. Закрепите кольцевую клемму на провод 14 AWG (1.6 мм). Подключите кольцевую клемму к заземляющему выводу сбоку шасси с помощью винта заземления. Подключите другой конец провода к защитному заземлению системы, как показано на рисунке 6.



1	Attached to System Ground

Рисунок 6. Заземляющее ушко

Attached to System Ground – Подключение к заземлению системы

Примечание: Кроме того, прикрепите провод с кольцевой клеммой ко всем экранам кабеля модулей ввода/вывода C серии. Вы *должны* подключить этот провод к заземляющему выводу шасси при помощи винта заземления.

4. Сожмите обе защелки модуля ввода/вывода C серии, вставьте модуль ввода/вывода в слот и нажимайте до тех пор, пока обе защелки не зафиксируют модуль на месте.
5. При помощи экранированного Ethernet CAT 5e кабеля подключите шасси NI cDAQ-9188 к сети.
6. Подключите источник питания к шасси NI cDAQ-9188. Шасси NI cDAQ-9188 требуется внешний источник питания, технические требования к которому описаны в главе Требования к электропитанию.

Примечание: В процессе эксплуатации шасси NI cDAQ-9188 может быть на ощупь теплым. Это нормально.

Обнаружение устройства

Для получения обновленной информации о конфигурации перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `ex59sw`.

Выполните следующие действия:

1. Дважды щелкните по иконке **Measurement & Automation (Измерения и Автоматизация)**, расположенной на рабочем столе для того, чтобы открыть MAX.
2. Раскройте раздел **Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы)** и убедитесь, что устройство обнаружено. Если устройства нет в списке, нажмите <F5> для обновления MAX. Если устройство все еще не обнаружено, обратитесь на сайт `ni.com/support/daqmx`.

Примечание: Только устройства серии NI-DAQmx приводятся в списке на закладке **Remote Systems (Удаленные системы)»Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы).**

Для сетевых устройств серии DAQ выполните следующие действия:

Если сетевое устройство есть в списке на закладке **Devices and Interfaces»Network Devices (Устройства и интерфейсы»Сетевые устройства),** щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите **Add Device (Добавить устройство).**

Если вашего сетевого устройства нет в списке, то щелкните правой кнопкой по закладке **Network Devices (Сетевые устройства)** и выберите **Find Network NI-DAQmx Devices (Найти сетевые устройства NI-DAQmx).** В поле ввода **Add Device Manually (Добавить устройство вручную)** введите имя хоста или IP-адрес сетевого DAQ устройства, щелкните мышкой по кнопке «+» и затем по кнопке **Add Selected Devices (Все выбранные устройства).** Ваше устройство будет добавлено на закладке **Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы)»Network Devices (Сетевые устройства).**

Примечание: Если ваш DHCP-сервер настроен на автоматическую регистрацию имен хостов, то устройство будет зарегистрировано под именем `cDAQ<model number>-<serial number>`, то есть `cDAQ<номер модели>-<серийный номер>`. Серийный номер можно найти на самом устройстве.

Если шасси NI cDAQ-9188 по-прежнему недоступно, щелкните по ссылке **Click here for troubleshooting tips if your device does not appear (Щелкните здесь для устранения неполадок, если ваше устройство не обнаружено)**, расположенной в окне **Find Network NI-DAQmx Devices (Найти сетевые устройства NI-DAQmx)** или перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `netdaqhelp`.

Подсказка: Протестировать приложения NI-DAQmx можно без установки оборудования, используя симулятор устройства NI-DAQmx. Воспользуйтесь справкой *Measurement & Automation Explorer Help* для устройств семейства NI-DAQmx, выберите в MAX меню **Help»Help Topics»NI-DAQmx (Помощь»Содержание справки»NI-DAQmx)** для получения инструкции по созданию симулируемого устройства NI-DAQmx и импорта конфигурации симулятора NI-DAQmx устройства в физическое оборудование.

3. Щелкните правой мышкой по названию шасси и выберите **Self-Test (Самоконтроль).** Когда самоконтроль закончится, появится сообщение

об успешной верификации или о возникнувшей ошибке. При обнаружении ошибки обратитесь на сайт `ni.com/support/daqmx`.

4. Щелкните по кнопке **Finish (Закончить).**

Конфигурирование устройства

Выполните следующие действия для того, чтобы сконфигурировать шасси NI cDAQ-9188:

1. Щелкните правой кнопкой мыши по названию устройства и выберите **Properties (Свойства).** Убедитесь, что щелкнули по названию устройства на закладке **My System (Моя система)** или **Remote Systems (Удаленные системы)** в разделе NI-DAQ API, в котором вы собираетесь управлять устройством.

   Щелкните по названию устройства, а затем перейдите на закладку **Network Settings (Сетевые настройки).** Все настройки заполняются автоматически, если вы не выберите в меню **Configure IPv4 Address (Конфигурировать IPv4 адрес)** метод **Static (Статический)**. Если вы выберите метод **Static (Статический)**, обратитесь к вашему сетевому администратору для уточнения правильных настроек.

2. Сконфигурируйте свойства модуля

- Если вы используете вспомогательное оборудование, добавьте информацию о нем.
- Для интеллектуальных датчиков с электронными таблицами стандарта IEEE 1451.4 и вспомогательного оборудования сконфигурируйте устройство и добавьте аксессуары, как это описано выше. Щелкните по **Scan for TEDS (Сканировать для поиска интеллектуальных датчиков с электронными таблицами)**. Для конфигурирования интеллектуальных датчиков с электронными таблицами, подключенных непосредственно к устройству, в MAX щелкните правой кнопкой мыши по названию устройства в разделе **Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы)** и выберите **Configure TEDS (Конфигурировать интеллектуальные датчики с электронными таблицами)**.

3. Чтобы принять изменения щелкните по кнопке **OK**.

Запуск тестовых панелей

Используйте тестовую панель MAX следующим образом:

1. В MAX раскройте раздел **Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы**) или **Devices and Interfaces (Устройства и интерфейсы)»Network Devices (Сетевые устройства)** для сетевых DAQ-устройств.

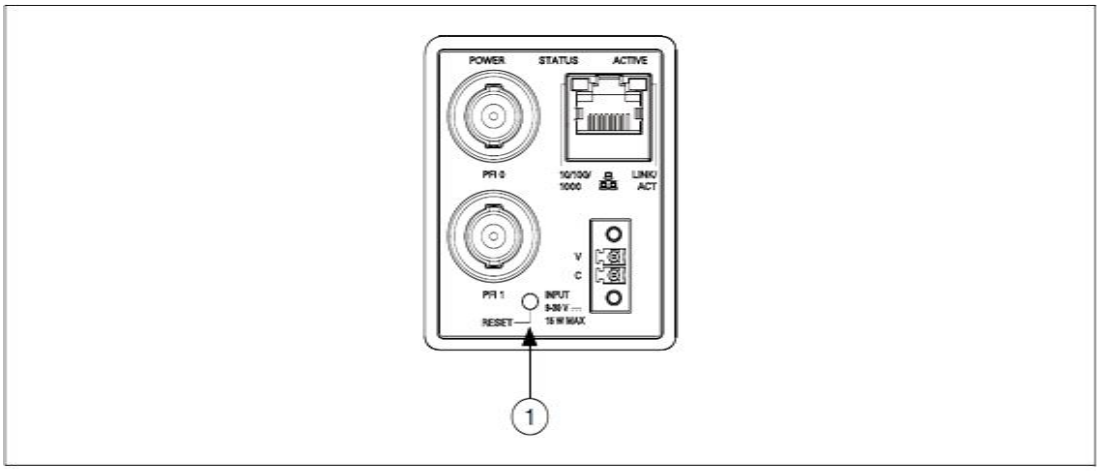
2. Щелкните правой кнопкой мыши по названию модуля, который вы собираетесь тестировать, и выберите **Test Panels (Тестовые панели)** для того, чтобы открыть тестовые панели выбранного модуля.

3. Чтобы протестировать функции модуля, выберите закладку вверху окна, а затем щелкните по кнопке **Start (Начать)**, или воспользуйтесь меню **Help (Помощь)** для получения инструкций. Если на экране тестовой панели появляется сообщение об ошибке, перейдите на сайт `ni.com/support`.
4. Щелкните по кнопке **Close (Закрыть)**, чтобы закрыть тестовую панель.

Интерфейс шасси NI cDAQ-9188

Кнопка сброса

Шасси NI cDAQ-9188 снабжено кнопкой сброса, показанной на рисунке 7.



1 Reset Button

Рисунок 7. Кнопка сброса

Reset Button – кнопка сброса

При нажатии кнопки сброса шасси реагирует следующим образом:

- Если удерживать кнопку менее 5 секунд и отпустить, все выполняющиеся задачи будут завершены, а шасси перезагрузится.
- Если удерживать кнопку в течение 5 секунд и более, а затем отпустить, все сетевые настройки будут сброшены в значения по умолчанию, включая настройки сетевой конфигурации, такие как IP, имя хоста и DHCP конфигурацию, конфигурация профилей авторизации для Web-приложений, а затем шасси перезагрузится. Все выполняющиеся задачи будут завершены.

Таблица 1. Настройки по умолчанию

Параметр	Значение
Имя хоста	cDAQ9188-<серийный номер>
IP	DHCP или локальный адрес
Комментарий	Пусто
NI авторизация	Имя пользователя = admin Пароль = не требуется пароля

Расшифровка светодиодной индикации

Таблица 2. Статус светодиода / Состояние устройства

Название светодиода	Цвет	Статус светодиода	Состояние устройства
10 / 100 / 1000	Зеленый	Включен	Соединен на скорости 100 Мбит/с
	Желтый	Включен	Соединен на скорости 1000 Мбит/с
		Выключен	Нет Ethernet-соединения или соединение на скорости 10 Мбит/с
LINK / ACT (СОЕДИНЕНИЕ/АКТИВНОСТЬ)	Зеленый	Включен	Ethernet-соединение
		Выключен	Нет Ethernet-соединения
		Мигает	Ethernet активен
POWER (ПИТАНИЕ)	Зеленый	Включен	Питание включено
		Выключен	Питание выключено
STATUS (СТАТУС)	Желтый	Включен	Загружается встроенная в устройство программа или идет сброс параметров в настройки по умолчанию
		Выключен	Штатный режим работы
		3 мигания	Повреждено встроенное ПО, обновите программу, используя утилиту восстановления. Для загрузки утилиты восстановления перейдите на сайт ni.com/info и введите 9188RecoveryUtility
ACTIVE (ДЕЙСТВИЕ)	Зеленый	Включен	Задача DAQ запущена на устройстве
		Выключен	Устройство не занято

Применение NI cDAQ-9188

Система NI cDAQ-9188

Система NI-cDAQ состоит из трех частей: модулей ввода/вывода C-серии, интерфейсного модуля NI-cDAQ и блока STC3 (System Timing Controller – контроллер системной синхронизации) (рисунок 3). Эти компоненты оцифровывают сигналы, производят цифро-аналоговое преобразование для генерации аналоговых выходных сигналов, вводят и выводят цифровые сигналы ввода/вывода и обеспечивают нормирование сигнала.

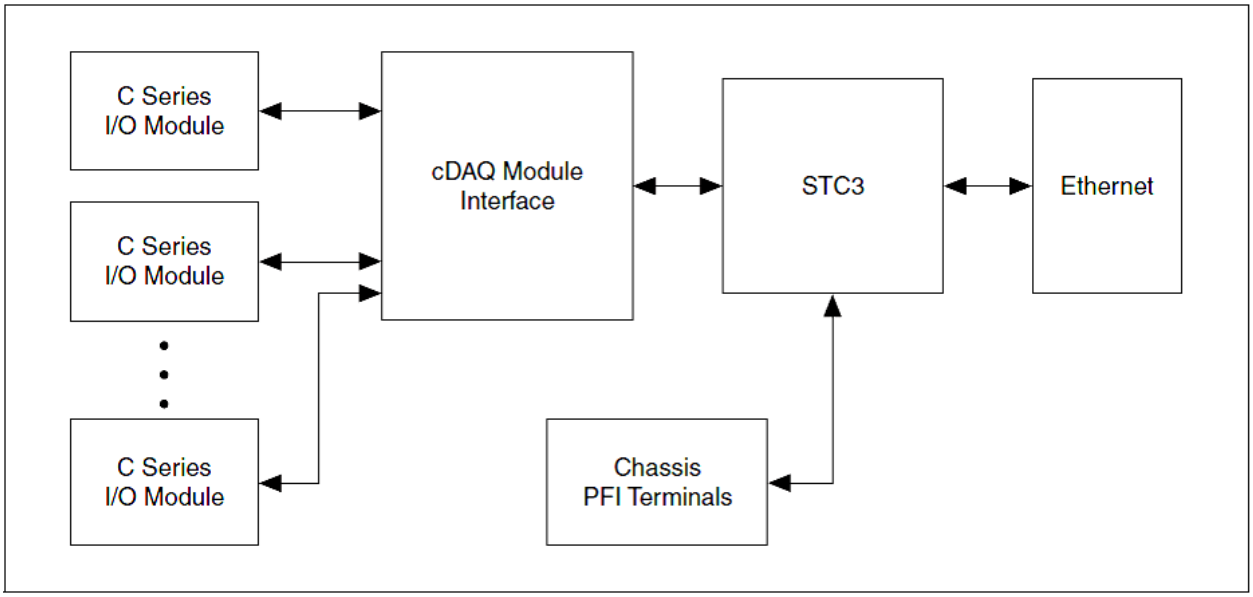


Рисунок 8. Блок-схема NI cDAQ-9188

C Series I/O Module – модуль ввода/вывода C-серии, *cDAQ Module Interface* – интерфейсный модуль NI-cDAQ, *STC3* – модуль самонастройки, *Chassis PFI Terminals* – контакты PFI шасси

Модули ввода/вывода C-серии

Модули ввода/вывода C-серии компании National Instruments снабжены встроенным нормирующим преобразователем сигнала, винтовыми и пружинными клеммами, разъемами типа BNC, D-SUB или RJ-50. Большое многообразие средств подключения для реализации ввода/вывода позволяет адаптировать системы NI-cDAQ в соответствии с требованиями вашего приложения.

Модули ввода/вывода C-серии можно заменять в «горячем» режиме, причем в шасси NI cDAQ-9188 они опознаются автоматически. Каналы ввода/вывода доступны при использовании программного драйвера NI-DAQmx.

Благодаря тому, что модули содержат встроенные средства кондиционирования сигналов с широкими диапазонами напряжений или с промышленными уровнями сигналов, их можно напрямую подключать к

датчикам/актюаторам. В большинстве модулей ввода/вывода реализована изоляция по принципу «канал-земля».

Для получения более подробной информации о совместимости модулей ввода/вывода C серии с шасси NI cDAQ-9188 обратитесь к базе документов *C Series Support in NI-DAQmx (Поддержка модулей C серии в NI-DAQmx).* Для обращения к базе знаний перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `rdcdaq`.

Сравнение статических и аппаратно синхронизируемых модулей цифрового ввода-вывода

Возможности цифровых модулей ввода/вывода определяются видами цифровых сигналов, которые модуль может вводить или генерировать. Статические модули цифрового ввода/вывода разработаны для медленно изменяющихся сигналов с программной синхронизацией чтения и записи. Аппаратно синхронизируемые модули цифрового ввода/вывода предназначены для быстро изменяющихся сигналов как с программной синхронизацией чтения и записи, так и с аппаратной. Для получения более подробной информации о модулях цифрового ввода/вывода перейдите в раздел *Цифровой ввод/вывод.*

Модульный интерфейс cDAQ

Модульный интерфейс cDAQ управляет передачей данных между контроллером STC3 и модулями ввода/вывода C-серии. Кроме того, интерфейс управляет автоматическим обнаружением устройств, маршрутизацией сигналов и синхронизацией.

STC3

Контроллер STC3 предназначен для независимой передачи высокоскоростных потоков данных; гибкой синхронизации аналогового ввода, аналогового вывода и цифрового ввода-вывода; запуска; передачи сигналов PFI для синхронизации нескольких устройств; гибкого управления таймерами/счетчиками с аппаратным стробированием; сбора и генерации цифровых последовательностей; статического цифрового ввода-вывода.

Синхронизация отсчетов операций AI, AO и DIO

STC3 содержит усовершенствованные средства тактирования операций аналогового ввода и вывода, а также цифрового ввода-вывода. Разнообразные тактирующие и синхронизирующие сигналы доступны по PFI-линиям. Обратитесь к разделам *Сигналы синхронизации аналогового ввода*, *Сигналы синхронизации аналогового вывода*, *Сигналы синхронизации цифрового ввода* и *Сигналы синхронизации цифрового вывода* для получения более подробной информации о конфигурации сигналов.

Режимы запуска

NI cDAQ-9188 поддерживает разные режимы запуска, такие как старт по сигналу запуска (Start Trigger), запуск относительно опорного сигнала (Reference Trigger), а также режим паузы (Pause Trigger) с аналоговыми, цифровыми и программными источниками сигналов запуска. Обратитесь в разделы *Запуск операций аналогового ввода, Запуск аналогового вывода, Запуск цифрового вывода* для получения более подробной информации.

Независимые потоки данных

NI cDAQ-9188 поддерживает семь независимых высокоскоростных потоков данных, позволяющих выполнять до семи аппаратно синхронизированных задач одновременно, таких как аналоговый ввод, аналоговый вывод, буферизация таймеров/счетчиков и аппаратно синхронизированный цифровой ввод/вывод.

Сигналы PFI

Сигналы PFI обеспечивают доступ к таким дополнительным возможностям как запуск, синхронизация и работа с таймерами/счетчиками. Сигналы PFI поступают от аппаратно синхронизируемых модулей цифрового ввода и вывода, установленных в одном-двух слотах, а также через две PFI разъема шасси NI cDAQ-9188. Обратитесь в раздел *PFI (Интерфейс с программируемыми функциями)* для получения более подробной информации.

Универсальные таймеры/счетчики

NI cDAQ-9188 содержит четыре 32-битных таймера/счетчика общего назначения, которые могут применяться для подсчета количества фронтов, измерения длительности, периода и частоты импульсов, измерения перемещений (кодирования). Кроме того, таймеры/счетчики могут генерировать импульсы, импульсные последовательности, прямоугольные импульсы с настраиваемой частотой. Можно организовать ввод и вывод сигналов счетчика с помощью аппаратно синхронизируемых цифровых модулей ввода/вывода, установленных в одном-двух слотах или при помощи двух PFI разъемов шасси. Для получения более подробной информации обратитесь в раздел *Счетчики.*

Аналоговый ввод

Для измерений входного аналогового сигнала, вставьте поддерживаемый модуль аналогового ввода/вывода C серии в слот шасси NI cDAQ-9188. Технические характеристики, такие как количество каналов, конфигурации каналов, частота дискретизации и коэффициент усиления определяется типом используемого модуля ввода/вывода C серии. Для получения более подробной информации и схемах подключения обратитесь к документации, которая прилагается к модулю ввода/вывода C серии.

В NI cDAQ-9188 есть три блока синхронизации аналогового ввода, а это значит, что в шасси параллельно могут выполняться три задачи аналогового ввода. Одна задача аналогового ввода может работать с каналами нескольких модулей аналогового ввода. Однако каналы одного модуля не могут быть использованы для выполнения нескольких задач.

Несколько параллельных блоков синхронизации позволяют NI cDAQ-9188 запускать три задачи аналогового ввода одновременно, каждая из которых использует независимые настройки синхронизации и запуска. Три блока синхронизации аналогового ввода – это ai, te0 и te1.

Запуск операций аналогового ввода

Сигнал запуска – это сигнал, который начинает или заканчивает сбор данных. Когда вы настраиваете сигнал запуска, вам необходимо решить, каким образом вы будете производить запуск, и какое действие будет его активировать. В шасси NI cDAQ-9188 поддерживается режимы внутреннего программного, внешнего цифрового запуск и аналогового запуска.

Доступны три вида сигналов запуска: начала сбора данных (Start Trigger), сбор данных относительно опорного события (Reference Trigger), приостановки сбора данных (Pause Trigger). Аналоговый или цифровой запуск могут инициировать эти способа запуска. В любом слоте(ах) шасси для поддержки цифрового запуска можно применять до двух модулей цифрового ввода с аппаратной синхронизацией C серии. Для того, чтобы определить возможные настройки запуска модуля ввода-вывода C серии, обратитесь к документации, которая к нему прилагается. Для получения более подробной информации по использованию цифровых модулей для формирования сигналов запуска обратитесь в раздел *Цифровой ввод/вывод*.

Сигнал запуска Start Trigger

Используйте сигнал запуска сбора данных Start Trigger для того, чтобы начать измерения. В процессе измерений производится сбор одного или более отсчетов. Если запуск сбора данных не используется, программная команда инициирует начало измерения. Начавшийся процесс сбора данных может быть завершен одним из следующих способов:

- после сбора определенного количества отсчетов (режим сбора выборки конечного размера – finite mode)
- по аппаратному опорному (reference) сигналу запуска (finite mode)
- по команде, формируемой программно (в режиме непрерывного сбора данных – continuous mode)

Режим сбора данных, при котором применяется сигнал запуска Start Trigger сбора данных (но не опорный (reference) сигнал запуска) иногда называется сбором данных с постзапуском. Это объясняется тем, что измерения производятся только после запуска.

Если вы используете встроенный тактовый сигнал дискретизации, то можно определить задаваемое по умолчанию значение времени задержки с момента появления сигнала запуска до первого отсчета.

Использование цифрового источника

Для запуска сбора данных от цифрового источника необходимо определить источник и фронт сигнала. В качестве источников используйте следующие сигналы:

- Сигнал с любой линии PFI (программируемый функциональный интерфейс)
- Внутренний выход счетчика *n* (Counter n Internal Output)

Источником сигнала запуска может быть также один из некоторых других внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX (Устройство маршрутизации в MAX)* справочной системы NI-DAQmx или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать начало измерений по положительному или отрицательному фронту сигнала запуска сбора данных Start Trigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска применяется аналоговый источник, сбор данных начинается по первому положительному фронту сигнала Analog Comparison Event.

Маршрутизация сигнала запуска AI Start Trigger на выходной контакт

Вы можете направить сигнал начала сбора данных Start Trigger на любой выходной контакт PFI. Выходной контакт активизируется высоким уровнем импульса.

Сигнал запуска AI Reference Trigger

Опорный сигнал запуска применяется для остановки сбора данных. Чтобы использовать опорный сигнал запуска, задайте конечный размер буфера и количество отсчетов предзапуска (pretrigger), собираемых до появления сигнала запуска. Количество отсчетов постзапуска (posttrigger), собираемых после сигнала запуска, равно разности размера буфера и количества отсчетов предзапуска.

После начала сбора данных шасси NI cDAQ-9188 помещает отсчеты в буфер. Как только будет собрано указанное количество отсчетов предзапуска, шасси переходит в состояние ожидания опорного сигнала запуска Reference Trigger. Если условие формирования опорного сигнала запуска выполнится до того, как шасси NI cDAQ-9188 соберет указанное количество отсчетов предзапуска, NI cDAQ-9188 проигнорирует его.

Если буфер переполнится, то NI cDAQ-9188 в непрерывном режиме освобождает его от старых отсчетов для записи следующего отсчета. Эти данные могут быть доступны (с некоторыми ограничениями), пока NI cDAQ-9188 не удалит их. Для получения более подробной информации обратитесь к документу базы знаний под названием *Can a Pretriggered Acquisition be Continuous? (Может ли сбор данных в режиме предзапуска быть непрерывным?).* Для получения доступа к базе знаний перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `rdcanq`.

После появления сигнала опорного запуска NI cDAQ-9188 продолжает записывать отсчеты в буфер до тех пор, пока не наберется требуемое количество отсчетов постзапуска. На рисунке 9 показано окончательное состояние буфера.

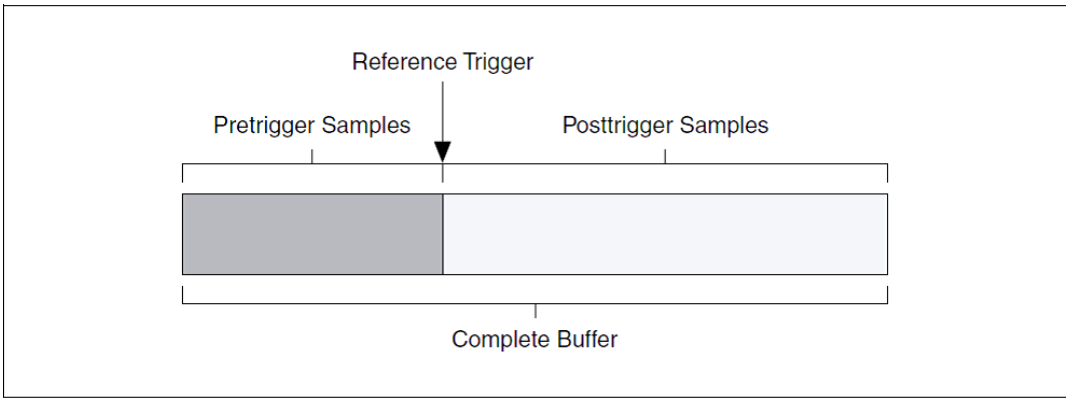


Рисунок 9. Окончательное состояние буфера при запуске Reference Trigger

Complete Buffer – Полный буфер, *Pretrigger Samples* – Отсчеты предзапуска, *Posttrigger Samples* – Отсчеты постзапуска, *Reference Trigger* – Опорный сигнал запуска

Использование цифрового источника

Чтобы использовать запуск по опорному сигналу от цифрового источника задайте источник и фронт импульса. Источником сигнала Reference Trigger может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать останов измерений по положительному или отрицательному фронту сигнала запуска сбора данных Reference Trigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска применяется аналоговый источник, сбор данных прекращается по первому положительному или отрицательному фронту сигнала Analog Comparison Event.

Маршрутизация сигнала запуска AI Start Trigger на выходной контакт

Вы можете направить сигнал начала сбора данных Start Trigger на любой выходной контакт PFI. Выходной контакт по умолчанию активизируется высоким уровнем импульса.

Сигнал запуска AI Pause

Сигнал запуска AI Pause используется для того, чтобы приостановить и продолжить выполнение измерений. Пока внешний сигнал запуска активен, формирование внутренних импульсов дискретизации приостанавливается и возобновляется при переходе возврате внешнего сигнал запуска в пассивное состояние. Сигнала запуска AI Pause можно запрограммировать на активный высокий или низкий уровень.

Использование цифрового источника

Чтобы использовать сигнал Pause Trigger от цифрового источника задайте источник и фронт импульса. Источником сигнала Reference Trigger может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если применяется аналоговый источник сигнала запуска, формирование внутренних импульсов дискретизации приостанавливается при низком уровне сигнала Analog Comparison Event и возобновляется при возврате этого сигнала на высокий уровень (или наоборот).

Примечание: Запуск по сигналу Pause Trigger реагирует только на уровень сигнала источника, но не на изменение его фронта.

Сигналы синхронизации аналогового ввода

Сигнал Sample Clock

Одна операция задачи аналогового ввода подразумевает получение по одному отсчету с каждого канала аналогового ввода. Сигнал Sample Clock инициирует сбор данных со всех каналов, определенных в задаче. Сигнал Sample Clock может быть сформирован по сигналу от внешнего или внутреннего источника (рисунок 10.

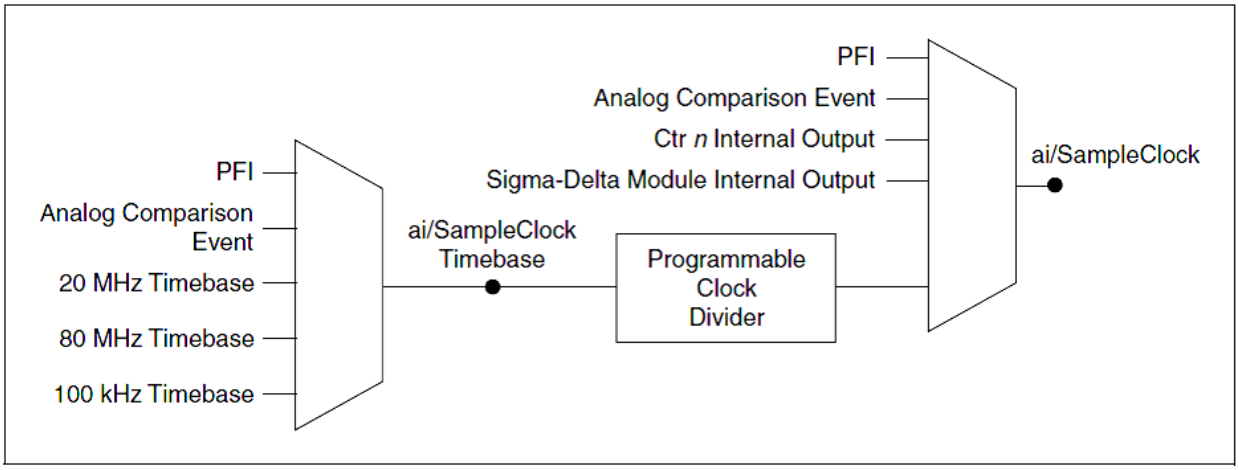


Рисунок 10. Настройки синхронизации тактового сигнала дискретизации

PFI – Программируемый функциональный интерфейс, *Analog Comparison Event* – Событие аналогового сравнения, *Ctr n Internal Output* – Внутренний выход счетчика *n*, *Sigma-Delta Module Internal Output* – Внутренний выход модуля Sigma-Delta, *Timebase* – Сигнал опорной частоты, *Programmable Clock Divider* – Программируемый делитель частоты импульсов

Маршрутизация сигнала Sample Clock на выходной контакт

Вы можете направить сигнал Sample Clock на любой выходной контакт PFI. По умолчанию активный уровень импульса Sample Clock – высокий.

Опорная частота для импульсов Sample Clock

Сетка импульсов опорной частоты, используемых для формирования сигналов Sample Clock, создается путем деления импульсов внешнего или внутреннего источника. Импульсы опорной частоты не могут быть использованы в качестве выходных сигналов шасси.

Свойства сигналов AI Convert Clock модулей аналогового ввода

Модули сканирующего типа

В состав модулей аналогового ввода сканирующего типа C серии входят один АЦП и мультиплексор для переключения каналов ввода. Когда интерфейсный модуль NI cDAQ получает импульс Sample Clock, он начинает генерировать тактовый сигнал преобразования Convert Clock для каждого модуля сканирующего типа в текущей задаче. Каждый импульс Sample Clock инициирует сбор данных с одного канала этого модуля. Частота импульсов Sample Clock зависит от используемого модуля, количества каналов в этом модуле частоты импульсов Sample Clock.

Драйвер выбирает самую высокую из возможных частот преобразования, основываясь на быстродействии АЦП каждого модуля, и прибавляет к времени преобразования в каждом канале 10 мкс, что необходимо для установления сигнала. Такая схема позволяет каналам приблизиться к синхронной дискретизации сигнала. Если частота импульсов Sample Clock при аналоговом вводе слишком велика и не позволяет добавить 10 мкс к времени преобразования, NI-DAQmx выбирает скорость преобразования таким образом, чтобы импульсы AI Convert Clock задавали равный интервал между отсчетами. NI-DAQmx применяет это же значение времени дополнения для всех модулей в задаче. Чтобы точно определить скорость преобразования воспользуйтесь свойствами ActiveDevs (Активные устройства) и AI Convert Clock Rate (Скорость преобразования при аналоговом вводе), значения которых можно получить с помощью узла свойств или функций **DAQmx Timing**.

Модули с одновременной выборкой и хранением

Модули аналогового ввода с одновременной выборкой и хранения C серии содержат несколько аналого-цифровых преобразователей или схем, это позволяет получать отсчеты со всех каналов ввода одновременно. В подобных модулях преобразование входных сигналов осуществляется по каждому импульсу Sample Clock.

Модули с сигма-дельта преобразованием

Модули аналогового ввода C серии с сигма-дельта преобразователями функционально очень похожи на модули с выборкой и хранением, но в них используются АЦП с передискретизацией высокочастотным сигналом, это позволяет повысить точность синхронизированных измерений. Сигма-дельта модули в шасси NI cDAQ-9188 автоматически разделяют один общий тактовый сигнал передискретизации для синхронизации данных со всех сигма-дельта модулей, если все они выполняются в одной и той же задаче. NI cDAQ-9188 поддерживает максимально два синхронизирующих импульсных сигнала, конфигурируемых под вашу систему. Это ограничивает системы с применением сигма-дельта модулей возможностью реализации не более двух задач.

Тактовый сигнал передискретизации применяется в качестве опорного сигнала при формировании импульсов AI Sample Clock для аналогового ввода. Большинство модулей работают с наиболее распространенным тактовым сигналом передискретизации частотой 12.8 МГц, но некоторые модули, такие как NI 9234, поддерживают и другие частоты. Когда сигма-дельта модули с разными частотами импульсов передискретизации применяются в задаче аналогового ввода, опорный сигнал AI Sample Clock может использоваться с любыми доступными частотами; по умолчанию – наиболее высокие. Частота дискретизации всех модулей системы – это целочисленный делитель частоты опорного сигнала AI Sample Clock.

Если один или более сигма-дельта модулей используются в задаче аналогового ввода, сигма-дельта модули также генерируют сигнал, используемый в качестве сигнала AI Sample Clock. Этот сигнал обычно инициирует аналого-цифровое преобразование в других модулях системы, так же, как и в случаях, когда сигма-дельта модуль не используется.

Если в задачах аналогового ввода применяются сигма-дельта модули, шасси автоматически выдает импульс, синхронизирующий сброс АЦП в каждом модуле. Поскольку в сигма-дельта АЦП используется фильтрация, то результаты измерений в этих модулях получаются с фиксированной задержкой относительно результатов измерений, получаемых в модулях с АЦП иного (не сигма-дельта) принципа преобразования. Эта задержка указана в документации на модули ввода-вывода C серии.

Модули с низкой частотой дискретизации

Некоторые модули аналогового ввода C серии специально разработаны для измерения медленно изменяющихся сигналов, например, температуры. Из-за низкого быстродействия нецелесообразно для этих модулей использовать AI Sample Clock, т.к. это заставит снизить частоту функционирования систему. При применении такого модуля в шасси NI cDAQ-9188 максимальная частота Sample Clock может быть больше, чем максимальная частота работы модуля. Если низкочастотный модуль будет работать на частоте большей, чем он поддерживает, то одни и те же отсчеты будут возвращаться неоднократно, до тех пор, пока не закончится новое преобразование. В задачах с аппаратной синхронизацией, первый отсчет получают при запуске задачи. Второй отсчет поступает после сигнала Start Trigger, как показано на рисунке 11.

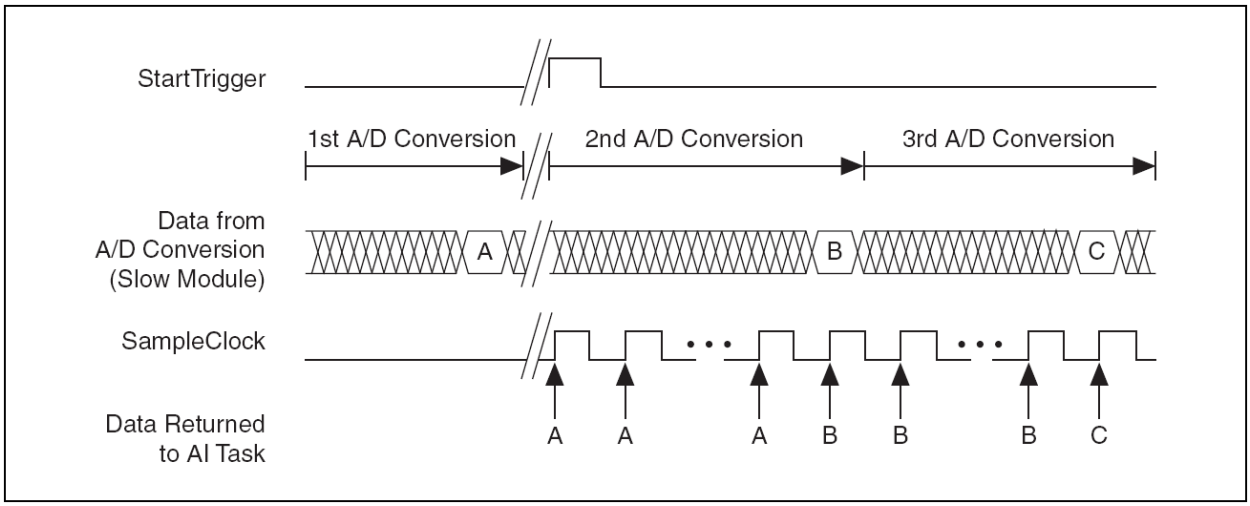


Рисунок 11. Пример синхронизации импульсами Sample Clock

StartTrigger – Сигнал начала сбора данных, *A/D Conversation* – Аналого-цифровое преобразование, *Data from A/D Conversation (Slow Module)* – Данные аналого-цифрового преобразования (модуль с низким быстродействием), *SampleClock* – Тактовый сигнал дискретизации, *Data Returned to AI Task* – Данные, возвращаемые задачей аналогового ввода

Например, если запущена задача аналогового ввода на частоте 1 кГц с применением модуля, максимальная частота которого 10 Гц, низкочастотный модуль возвращает 100 отсчетов одного результата преобразования, затем 100 отсчетов второго результата преобразования и т.д. Другие модули в этой задаче вернут естественные по одному новому отсчету для каждого из 1000 преобразований в секунду. В режиме одноточечного сбора данных повторения отсчетов не будет.

Во избежание повторного считывания одних и тех же результатов преобразования используйте несколько блоков синхронизации портов аналогового ввода и создайте для медленных модулей задачу с частотой, меньшей или равной их максимальной частоте. Обратитесь к документу *C Series Support in NI-DAQmx (Поддержка C серии в NI-DAQmx)* базы знаний, для получения более подробной информации. Доступ к базе знаний осуществляется с сайта `ni.com/info` по коду `rdcdaq`.

Начало работы с программными приложениями аналогового ввода

Шасси NI cDAQ-9188 можно использовать в следующих приложениях аналогового ввода:

- поточечного ввода
- ввода фиксированного количества отсчетов
- непрерывного ввода

Для получения более подробной информации о программировании приложений аналогового ввода и режимах запуска обратитесь к справочной системе *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help*.

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW**

Help. Чтобы загрузить *LabVIEW Help*, перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Аналоговый вывод

Для генерации аналогового сигнала вставьте модуль аналогового вывода C серии в любой слот шасси NI cDAQ-9188. Общие технические характеристики – количество каналов, конфигурация каналов, частота обновления, диапазон выхода определяются типом используемого модуля ввода-вывода C серии. Для получения более подробной информации обратитесь к документации, прилагаемой к вашему модулю ввода-вывода C серии.

В шасси NI cDAQ-9188Зa можно запустить только одну задачу аналогового вывода с аппаратной синхронизацией (Waveform). В то же время вы можете запустить одну или более задач с программной синхронизацией – вывод по точкам или непосредственный вывод(single-point или immediate).

В каждом модуле аналогового вывода вы можете:

- настроить все каналы модуля на выполнение одной задачи с аппаратной синхронизацией или
- настроить все каналы модуля на выполнение одной или более задач с программной синхронизацией.

В одном модуле аналогового вывода вы не можете настроить некоторые каналы на выполнение задачи с аппаратной синхронизацией, а другие (каналы того же модуля) на выполнение задачи с программной синхронизацией.

Способы аналогового вывода данных

При выполнении операций аналогового вывода можно генерировать сигналы, используя или аппаратную или программную синхронизацию. При аппаратной синхронизации данные должны буферизироваться.

Генерация сигналов с использованием программной синхронизации

В режиме генерации с программной синхронизацией скоростью генерации данных управляет программа, посылая отдельные команды аппаратной части для того, чтобы инициировать каждое ЦАП-преобразование. В NI-DAQmx, генерация с программной синхронизацией называется аналоговым выводом с синхронизацией по запросу (On demand), непосредственным или статическим аналоговым выводом. Обычно статический вывод применяется для записи одного значения, например, уровня напряжения постоянного тока.

Необходимо учитывать следующие факторы при использовании генерации с программной синхронизацией:

- если некоторые каналы аналогового вывода модуля выполняют задачу с аппаратной синхронизацией (Waveform)), ни один канал этого модуля не может быть использован для выполнения задачи с программной синхронизацией
- можно настроить генерацию с программной синхронизацией на одновременное обновление
- в любой момент времени может быть запущена только одна задача одновременного обновления
- одновременное обновление не ограничено 16 каналами
- задача аналогового вывода с аппаратной синхронизацией и задача одновременного обновления не могут быть запущены одновременно

Генерация сигналов с использованием аппаратной синхронизации

При генерации с использованием аппаратной синхронизации скорость генерации задается формируемым аппаратно цифровым сигналом. Этот сигнал может формироваться внутри шасси или поступать извне.

Генерация сигналов с использованием аппаратной синхронизации обладает некоторыми преимуществами по сравнению с программной синхронизацией вывода данных:

- время между отсчетами может быть намного меньше
- временные интервалы между отсчетами детерминированы
- при аппаратной синхронизации может применяться аппаратный запуск

В шасси NI cDAQ-9188 операции аналогового вывода с аппаратной синхронизацией должны быть буферизированы.

Буферизованный аналоговый вывод

Буфер – это временное хранилище сгенерированных отсчетов в памяти компьютера. При буферизированной генерации, перед тем, как данные записываются в модули ввода/вывода C серии, они перемещаются из буфера компьютера во встроенный FIFO буфер NI cDAQ-9188.

Одной из отличительных черт операций буферизированного ввода/вывода является режим вывода отсчетов – может выводиться или массив отсчетов конечного размера (Finite) или может быть реализован непрерывный вывод отсчетов (Continuous):

- Finite – режим генерации заранее заданного количества отсчетов данных. После того, как указанное количество отсчетов выдано, генерация прекращается.
- Continuous – непрерывная генерация неопределенного количества отсчетов. Вместо того, чтобы сгенерировать заданное количество отсчетов и остановиться, непрерывная генерация продолжается до тех пор, пока вы не остановите операцию. Существует три разных режима непрерывной генерации, которые устанавливают, каким образом

пишутся данные: режим регенерации, режим встроенной регенерации и режим без регенерации:

– В режиме регенерации вы задаете буфер в памяти компьютера. Данные из буфера непрерывно загружаются в FIFO для записи. Новые данные могут быть записаны в буфер компьютера в любой момент без прекращения вывода данных. Нет ограничений на количество каналов любых сигналов, поддерживаемых в данном режиме.

– В режиме встроенной регенерации буфер полностью загружается в FIFO, где и происходит регенерация. После того, как данные загружены, новые данные не могут быть записаны в FIFO. Для того чтобы применить режим встроенной регенерации, размер буфера должен совпадать с емкостью FIFO. Преимущество встроенной регенерации заключается в том, что после того, как началась операция вывода, обмен данными с памятью компьютера не требуется, это исключает возникновение проблем, связанных с избыточным трафиком шины или с задержками, вносимыми операционной системой. Для режима встроенной регенерации существует ограничение – 16 каналов вывода сигналов.

– В режиме вывода без регенерации старые данные не повторяются. Новые данные должны непрерывно записываться в буфер. Если программа не пишет новые данные в буфер на достаточно высокой скорости, чтобы поддерживать генерацию, буфер опустошается и выдает ошибку. В этом режиме нет ограничений на количество каналов.

Запуск аналогового вывода

Аналоговый вывод поддерживают две разновидности запуска:

- Сигнал начала работы (Start Trigger)
- Сигнал паузы работы (Pause Trigger)
- Запуск аналогового вывода (AO Start Trigger)
- Пауза аналогового вывода (AO Pause Trigger)

Эти действия может инициировать аналоговый или цифровой запуск. Для формирования цифрового запуска в любом слоте шасси могут применяться до двух модулей C серии цифрового ввода с аппаратной синхронизацией. Аналоговый запуск может формироваться некоторыми аналоговыми модулями C серии.

Сигнал запуска AO Start Trigger

Используйте сигнал запуска аналогового вывода (ao/StartTrigger), чтобы инициировать генерацию сигнала. Если вы не используете запуск, то можете начать генерацию по команде программы. Если вы используете внутренний сигнал Sample Clock, то можете задать временную задержку от момента запуска до момента вывода первого отсчета. Для получения более подробной информации обратитесь справочной системе *NI-DAQmx Help*.

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**.

Использование цифрового источника

Для запуска по сигналу ao/StartTrigger необходимо определить источник и фронт сигнала. В качестве источников можно использовать один из следующих сигналов:

- Импульс, формируемый управляющей программой
- Сигнал, пришедший с любого контакта PFI (Программируемый функциональный интерфейс)
- Сигнал запуска аналогового ввода по опорному импульсу (AI Reference Trigger)
- Сигнал запуска аналогового ввода (AI Start Trigger)

Источником сигнала запуска могут быть также некоторые внутренние сигналы шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX (Устройство маршрутизации в MAX)* справочной системы *NI-DAQmx* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберите в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать начало генерации по положительному или отрицательному фронту сигнала ao/StartTrigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C-серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx он называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска применяется аналоговый источник, сбор данных начинается по первому положительному или отрицательному фронту сигнала Analog Comparison Event, в зависимости от условий запуска. Схема запуска по аналоговому сигналу должна быть настроена на одновременное выполнение задачи аналогового ввода.

Маршрутизация сигнала запуска AO Start Trigger на выходной контакт

Вы можете направить сигнал ao/StartTrigger на любой выходной контакт PFI. Активным является высокий уровень импульса.

Сигнал AO Pause

Используйте сигнал паузы аналогового вывода (ao/PauseTrigger) для приостановки записи отсчетов. Когда сигнал ao/PauseTrigger активен, отсчеты не выводятся, однако этот сигнал не блокирует вывод уже обрабатываемого отсчета. Сигнал паузы начинает действовать в момент поступления следующего отсчета.

Генерация сигналов приостанавливается сразу же после подтверждения сигнала паузы.

Если источник импульсов тактирования отсчетов Sample Clock внутренний, то генерация возобновляется сразу после снятия сигнала паузы (рисунок 12).

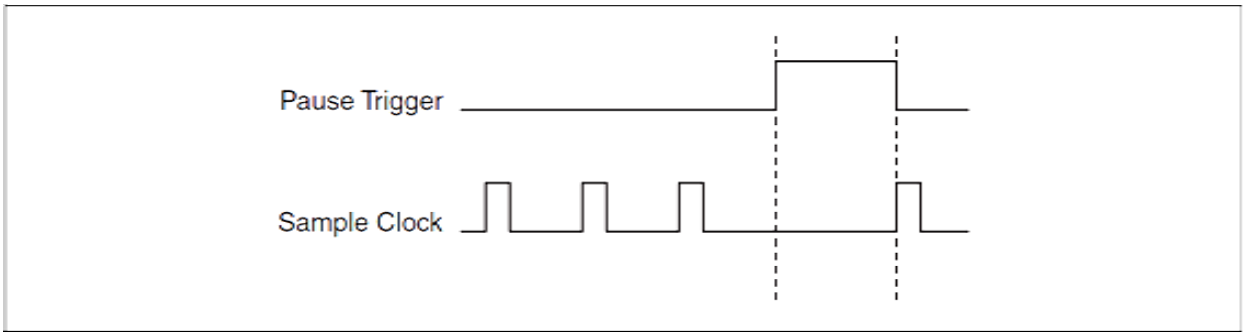


Рисунок 12. Сигнал ao/StartTrigger со встроенным источником импульсов тактирования отсчетов

Pause Trigger – Сигнал паузы, *Sample Clock* – Сигнал тактирования отсчетов

Если вы используете в качестве источника сигналов тактирования отсчетов любой другой сигнал, кроме внутреннего, то генерация возобновляется после снятия сигнал паузы и появления другого фронта сигнала тактирования отсчетов (рисунок 13).

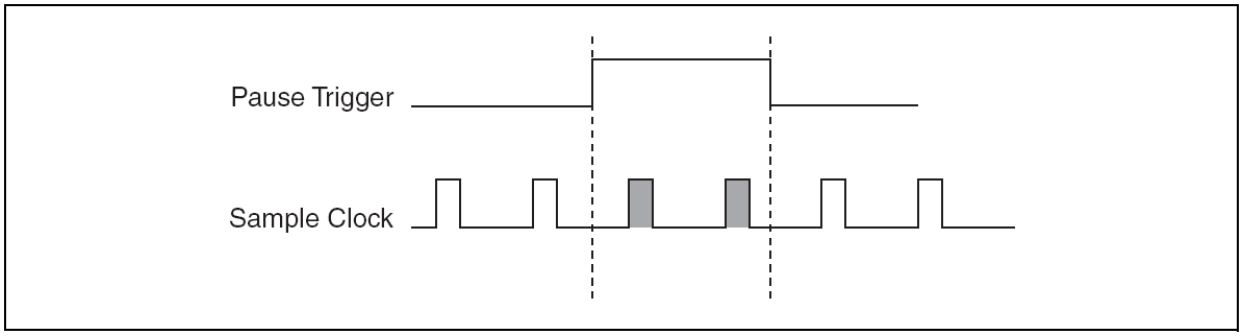


Рисунок 13. Сигнал ao/StartTrigger с другим источником сигналов тактирования отсчетов

Pause Trigger – Сигнал паузы, *Sample Clock* – Сигнал тактирования отсчетов

Использование цифрового источника

Чтобы использовать сигнал Pause Trigger от цифрового источника задайте источник и полярность импульса. Источником сигнала Pause Trigger может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Вы можете также задать паузу по логически высокому уровню сигнала ao/PauseTrigger, или по низкому. Для получения более подробной

информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения).

Если применяется аналоговый источник сигнала запуска, формирование внутренних импульсов дискретизации приостанавливается при высоком или низком уровне сигнала Analog Comparison Event в зависимости от свойств запуска. Схема запуска по аналоговому сигналу должна быть настроена на одновременное выполнение задачи аналогового ввода.

Сигналы синхронизации аналогового вывода

В шасси NI cDAQ-9188 есть следующие сигналы тактирования аналогового вывода (Waveform generation):

- Сигнал тактирования аналогового вывода (AO Sample Clock)
- Импульсы опорных частот тактирования аналогового вывода (AO Sample Clock Timebase)

Сигнал AO Sample Clock

Сигнал тактирования аналогового вывода (ao/SampleClock) используется для обновления всех каналов аналогового вывода в задаче. Сигнал ao/SampleClock может быть сформирован по сигналу от внешнего или внутреннего источника (рисунок 14).

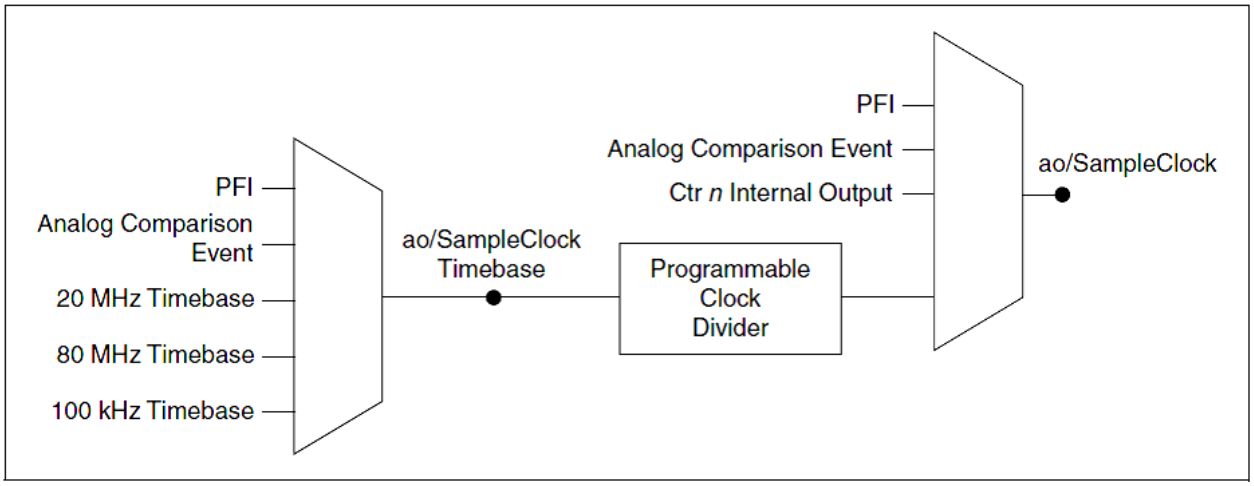


Рисунок 14. Настройка синхронизации аналогового вывода

PFI – Интерфейс с программируемыми функциями, *Analog Comparison Event* – Событие аналогового сравнения, *Ctr n Internal Output* – Внутренний выход счетчика *n*, *Timebase* – Сигнал опорной частоты, *Programmable Clock Divider* – Программируемый делитель частоты импульсов, *ao/SampleClock* - Сигнал тактирования аналогового вывода

Маршрутизация сигнала AO Sample Clock на выходной контакт

Вы можете направить сигнал ao/SampleClock на любой выходной контакт PFI. По умолчанию активный уровень импульса ao/SampleClock – высокий.

Опорные частоты для импульсов AO Sample Clock

Сетка импульсов опорных частот, используемых для формирования сигналов ao/SampleClock, создается путем деления импульсов внешнего или внутреннего источника. Импульсы сетки опорных частот не могут быть использованы в качестве выходных сигналов шасси.

Минимизация выбросов в выходном сигнале

При применении ЦАП в генерируемом сигнале можно наблюдать выбросы. Это нормально: когда ЦАП переключается с одного уровня напряжения на другой, накопленные заряды приводят к выбросам. Наибольший выброс возникает, когда изменяется самый значащий бит кода ЦАП. Вы можете создать низкочастотный фильтр для избавления от некоторых из этих выбросов, в зависимости от частоты и природы выходного сигнала. Перейдите по ссылке `ni.com/support` для получения более подробной информации о минимизации выбросов.

Начало работы с программным обеспечением приложений аналогового вывода

Шасси NI cDAQ-9188 может применяться в следующих приложениях аналогового вывода:

- Поточечная генерация (single-point или on-demand)
- Генерация сигнала ограниченной длительности (finite)
- Непрерывная генерация (continuous)
- Генерация сигналов (waveform)

Для получения более подробной информации о программировании приложений аналогового вывода и запуска обратитесь к справочной системе *LabVIEW Help* или к справочной системе *NI-DAQmx Help*.

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help*, перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Цифровой ввод/вывод

Для выполнения операций цифрового ввода/вывода вставьте модуль цифрового ввода/вывода C серии в слот шасси NI cDAQ-9188. Технические характеристики, такие как количество линий, логические уровни, скорость обновления, направление передачи данных по линии определяются типом используемого модуля ввода/вывода C серии. Для получения более подробной информации обратитесь к документации, которая прилагается к модулям ввода/вывода C серии.

Сравнение модулей с аппаратной синхронизацией с модулями статического цифрового ввода/вывода

Возможности цифрового модуля ввода/вывода определяются типом цифровых сигналов, которые этот модуль может измерять или генерировать. Модули статического цифрового ввода/вывода разработаны для медленно изменяющихся сигналов, чтение и запись которых можно выполнять, используя программную синхронизацию. Модули ввода/вывода с аппаратной синхронизацией предназначены для сигналов, которые изменяются быстро и обновляются при помощи программной или аппаратной синхронизации операций чтения и записи. Модули ввода/вывода с аппаратной синхронизацией могут применяться в любом слоте шасси для решения следующих задач:

- Чтение и запись по точкам с программной синхронизацией
- Генерация или сбор цифровых сигналов с аппаратной синхронизацией
- Счет/задание или измерение временных интервалов (до двух модулей)
- Работа с сигналами программируемого функционального интерфейса (PFI (до двух модулей)

Для определения возможностей модулей цифрового ввода/вывода, поддерживаемых шасси NI cDAQ-9188, обратитесь к документу *C Series Support in NI-DAQmx (Поддержка C-серии в NI-DAQmx* базы знаний*).* Для получения доступа к этому документу перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `rdcdaq`.

Статический цифровой ввод/вывод

Любая линия цифрового ввода/вывода может быть использована для статического цифрового ввода или цифрового вывода. Эти линии можно использовать для мониторинга или управления цифровыми сигналами в некоторых модулях ввода/вывода C серии. Любой канал цифрового ввода/вывода может быть индивидуально сконфигурирован на цифровой ввод (DI) или цифровой вывод (DO) в зависимости от типа применяемого модуля.

Все отсчеты линий статического цифрового ввода или обновления линий статического цифрового вывода синхронизируются программно.

Ввод цифровых сигналов (аппаратно синхронизированный ввод)

Можно вводить цифровые сигналы с помощью аппаратной синхронизации цифровых модулей. При вводе цифровых сигналов отсчеты накапливаются в FIFO. Шасси NI cDAQ-9188 стробирует линии цифрового ввода-вывода по каждому положительному или отрицательному фронту сигнала, поступающего с входа di/SampleClock.

Запуск цифрового ввода

Сигнал запуска – это сигнал начала или прекращения сбора данных. При настройке запуска вы должны решить, каким образом собираетесь производить запуск, и какое действие будет его активировать. Шасси NI cDAQ-9188 поддерживает внутренний программный, внешний цифровой и цифровой запуск.

Доступно три режима запуска: запуска сбора данных (Start Trigger), запуск по опорному сигналу (Reference Trigger), пауза сбора данных (Pause Trigger). Аналоговый или цифровой запуск могут инициировать эти три режима. Для формирования сигнала цифрового запуска можно применять до двух модулей цифрового ввода C серии с аппаратной синхронизацией в любом слоте(ах) шасси. Для того, чтобы определить возможные настройки запуска вашего модуля, обратитесь к документации, которая к нему прилагается. Для получения более подробной информации по использованию аналоговых модулей для формирования сигнала запуска обратитесь к разделам Аналоговый ввод и *Аналоговый вывод*.

Сигнал запуска DI Start Trigger

Используйте сигнал di/StartTrigger для того, чтобы начать сбор данных, в процессе которого производится ввод одного или более отсчетов. Если запуск сбора данных не используется, этот процесс инициируется программной командой. Начавшийся сбор данных может быть завершен одним из следующих способов:

- после получения определенного количества отсчетов (finite mode)
- по аппаратному опорному (reference) сигналу запуска (finite mode)
- по команде, формируемой программно (в режиме непрерывного сбора данных – continuous mode)

Режим сбора данных, при котором применяется сигнал запуска Start Trigger сбора данных (но не опорный (reference) сигнал запуска) иногда называется сбором данных с постзапуском – ввод данных производится только после запуска.

Если вы используете встроенный тактовый сигнал дискретизации, то можно определить задаваемое по умолчанию значение времени задержки между моментом появления сигнала запуска и первым отсчетом.

Использование цифрового источника

Для запуска сбора данных по сигналу di/StartTrigger от цифрового источника необходимо определить источник и фронт сигнала. В качестве источников используйте следующие сигналы:

- Сигнал с любой линии PFI (программируемый функциональный интерфейс)
- Внутренний выход счетчика *n* (Counter n Internal Output)

Источником также может быть один из некоторых других внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX (Устройство маршрутизации в MAX)* справочной системы NI-DAQmx или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать начало сбора данных по положительному или отрицательному фронту сигнала di/StartTrigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска di/StartTrigger применяется аналоговый источник, сбор данных начинается по первому положительному фронту сигнала Analog Comparison Event.

Маршрутизация сигнала запуска DI Start Trigger на выходной контакт

Вы можете направить сигнал начала сбора данных di/StartTrigger на любой выходной контакт PFI. Активный уровень на этом выходе – высокий.

Сигнал запуска DI Reference Trigger

Опорный сигнал запуска di/ReferenceTrigger применяется для остановки сбора данных. Чтобы использовать опорный сигнал запуска, задайте конечный размер буфера и количество отсчетов предзапуска (pretrigger), собираемых до появления опорного сигнала запуска. Количество отсчетов постзапуска (posttrigger), собираемых после опорного сигнала запуска, равно разности размера буфера и количества отсчетов предзапуска.

После начала сбора данных шасси NI cDAQ-9188 помещает отсчеты в буфер. Как только будет собрано указанное количество отсчетов предзапуска, шасси переходит в состояние ожидания опорного сигнала

запуска. Если условие формирования опорного сигнала запуска выполнится до того, как шасси NI cDAQ-9188 соберет указанное количество отсчетов предзапуска, NI cDAQ-9188 проигнорирует его.

Если буфер переполнится, то NI cDAQ-9188 в непрерывном режиме освобождает его от старых отсчетов для записи следующего отсчета. Эти данные могут быть доступны (с некоторыми ограничениями), пока NI cDAQ-9188 не удалит их. Для получения более подробной информации обратитесь к документу базы знаний под названием *Can a Pretriggered Acquisition be Continuous? (Может ли сбор данных в режиме предзапуска быть непрерывным?).* Для получения доступа к базе знаний перейдите на сайт `ni.com/info` и введите `rdcanq`.

После появления сигнала опорного запуска NI cDAQ-9188 продолжает записывать отсчеты в буфер до тех пор, пока не наберется требуемое количество отсчетов постзапуска. На рисунке 15 показано окончательное состояние буфера.

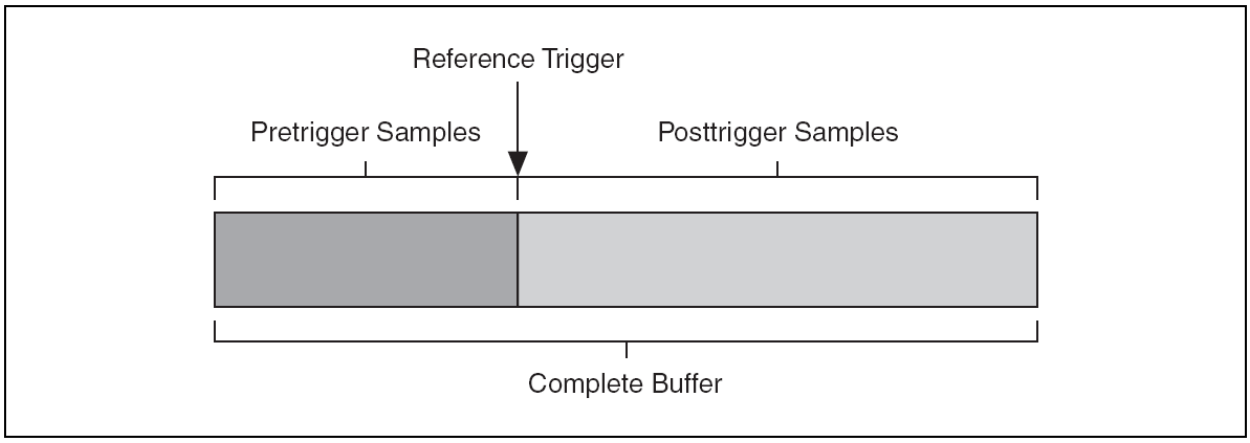


Рисунок 15. Окончательное состояние буфера при запуске Reference Trigger

Complete Buffer – Полный буфер, *Pretrigger Samples* – Отсчеты предзапуска, *Posttrigger Samples* – Отсчеты постзапуска, *Reference Trigger* – Опорный сигнал запуска

Использование цифрового источника

Чтобы использовать запуск по опорному сигналу di/ReferenceTrigger от цифрового источника задайте источник и фронт импульса. Источником сигнала Reference Trigger может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать останов измерений по положительному или отрицательному фронту сигнала запуска сбора данных di/ReferenceTrigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска применяется аналоговый источник, сбор данных начинается по первому положительному фронту сигнала Analog Comparison Event.

Маршрутизация сигнала запуска DI Reference Trigger на выходной контакт

Вы можете направить опорный сигнал di/ReferenceTrigger на любой выходной контакт PFI. Активный уровень на этом выходе – высокий.

Сигнал паузы DI Pause

Сигнал паузы DI Pause (di/PauseTrigger) используется для того, чтобы приостановить и продолжить ввод данных. Пока внешний сигнал запуска активен, формирование внутренних импульсов выборки приостанавливается и возобновляется при переходе возврате внешнего сигнал запуска в пассивное состояние. Сигнала паузы DI Pause можно запрограммировать на активный высокий или низкий уровень.

Использование цифрового источника

Чтобы использовать сигнал di/PauseTrigger от цифрового источника задайте источник и полярность сигнала. Источником сигнала может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если применяется аналоговый источник сигнала запуска, формирование внутренних импульсов выборки приостанавливается при низком уровне сигнала Analog Comparison Event и возобновляется при возврате этого сигнала на высокий уровень (или наоборот).

Примечание: Сигнал паузы реагирует только на уровень сигнала источника, но не на изменение его фронта.

Сигналы синхронизации цифрового ввода

Сигнал DI Sample Clock

Сигнал синхронизации цифрового ввода (di/SampleClock) применяется для формирования отсчетов цифровых данных в любых слотах, в которых установлены цифровые модули с аппаратной синхронизацией, а также для сохранения вводимых данных в FIFO цифрового ввода. Если шасси NI cDAQ-9188 получает сигнал di/SampleClock, когда память FIFO заполнена, то в программу главного компьютера отправляется сообщение об ошибке переполнения.

Сигнал DI Sample Clock

Одна операция задачи цифрового ввода заключается в считывании входных данных с каждого канала, указанного в задаче. Сигналы di/SampleClock дают команду на считывание всех цифровых каналов ввода в задаче. Сигнал di/SampleClock может быть сформирован по сигналам от внешнего или внутреннего источника (рисунок 16).

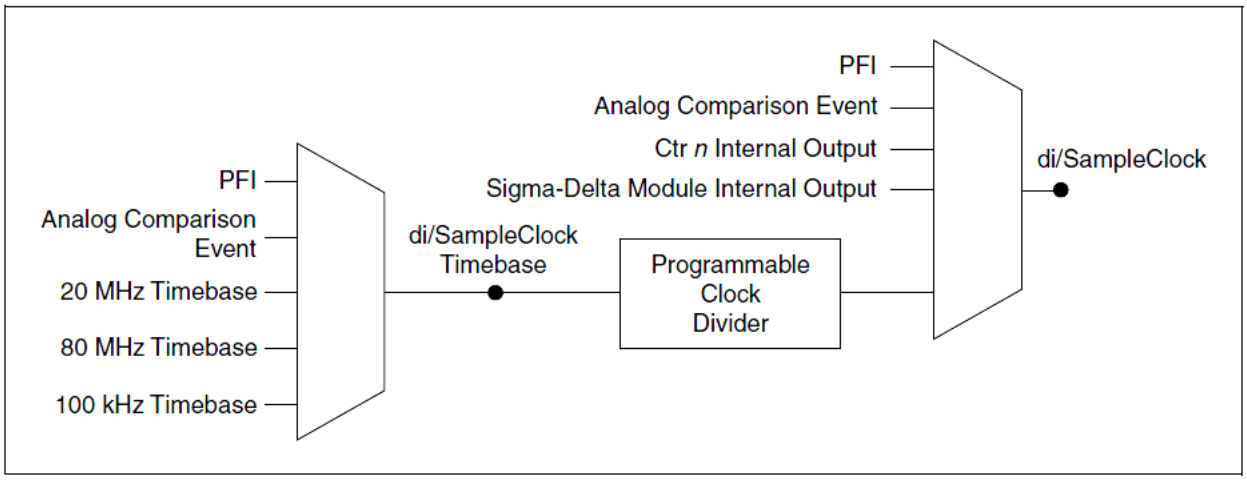


Рисунок 16. Настройки синхронизации цифрового ввода

PFI – Интерфейс с программируемыми функциями, *Analog Comparison Event* – Событие аналогового сравнения, *Ctr n Internal Output* – Внутренний выход счетчика *n*, *Sigma-Delta Module Internal Output* – Внутренний выход модуля Sigma-Delta, *Timebase* – Сигнал опорной частоты, *Programmable Clock Divider* – Программируемый делитель частоты импульсов

Маршрутизация сигнала Sample Clock на выходной контакт

Вы можете направить сигнал di/SampleClock на любой выходной контакт PFI.

Опорная частота для импульсов Sample Clock

Сетка импульсов опорной частоты (di/SampleClockTimebase), используемых для формирования сигналов di/SampleClock, создается путем деления импульсов внешнего или внутреннего источника. Импульсы опорной частоты не могут быть использованы в качестве выходных сигналов шасси.

Использование внутреннего источника

Чтобы использовать сигнал di/SampleClock с внутренним источником задайте источник и полярность сигнала. В качестве источника могут служить следующие сигналы:

- AI Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов аналогового ввода)
- AI Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов аналогового вывода)
- Counter *n* Internal Output (сигнал с внутреннего выхода счетчика *n*)
- Frequency Output (выход сигнал частоты)
- DI Change Detection Output (сигнал обнаружения переключения)

Некоторые другие внутренние сигналы могут быть направлены на формирование сигнала di/SampleClock. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Использование внешнего источника

Можно использовать следующие сигналы в качестве сигналов di/SampleClock:

- Сигнал с любой линии PFI
- Analog Comparison Event – Событие аналогового сравнения (аналоговый запуск)

Можно вводить данные по положительному или отрицательному фронту сигнала di/SampleClock.

Маршрутизация сигнала запуска DI Sample Clock на выходной контакт

Можно направить сигнал di/SampleClock на любой выходной контакт PFI. Схема PFI инвертирует сигнал di/SampleClock до вывода его на контакт PFI.

Начало работы с программными приложениями цифрового ввода

Шасси NI cDAQ-9188 можно использовать в следующих приложениях цифрового ввода:

- поточечного ввода
- ввода фиксированного количества отсчетов
- непрерывного ввода

Для получения более подробной информации о программировании приложений цифрового ввода и режимах запуска обратитесь к справочной системе *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Событие обнаружения изменений (Change Detection Event)

Событие обнаружения изменений (Change Detection Event) – это сигнал, который генерируется при обнаружении положительного или отрицательного фронта на линии в задаче обнаружения изменений.

Маршрутизация сигнала обнаружения изменений на выходной контакт

Можно направить сигнал ChangeDetectionEvent на любой выходной контакт PFI.

Сбор данных при обнаружении изменений

Вы можете сконфигурировать линии цифровых модулей с аппаратной синхронизацией на обнаружение положительных или отрицательных фронтов. Когда на одной или более линий появляется заданный фронт сигнала, NI cDAQ-9188 фиксирует состояние всех линий в задаче. Контроль появления положительных и отрицательных фронтов в линиях не обязательно должен быть определен в разных задачах.

Сбор данных при обнаружении изменений может быть буферизированным или небуферизированным:

- **Небуферизированный сбор данных при обнаружении изменений** – данные передаются напрямую с NI cDAQ-9188 в буфер компьютера.
- **Буферизированный сбор данных при обнаружении изменений** – буфер – это временное хранилище в памяти компьютера для сбора отсчетов. При буферизированном сборе данные передаются во встроенную память FIFO шасси NI cDAQ-9188, а затем передаются в буфер компьютера. Буферизированный сбор обычно позволяет организовать более высокую скорость передачи данных, чем

небуферизированный сбор, поскольку данные накапливаются и передаются блоками, а это быстрее, чем передавать отсчеты по одному.

Цифровой вывод

Для выполнения операций цифрового вывода вставьте модуль цифрового вывода C серии в слот шасси NI cDAQ-9188. Технические характеристики, такие как количество каналов и их конфигурация, скорость обновления и диапазон выходных сигналов определяются типом используемого модуля ввода/вывода C серии. Для получения более подробной информации обратитесь к документации, которая прилагается к модулям ввода/вывода C серии.

В любой момент времени в шасси NI cDAQ-9188 может выполняться только одна задача цифрового вывода с аппаратной синхронизацией. Однако при этом могут также выполняться одна или более программно синхронизируемых (single-point) задач.

В каждом модуле цифрового вывода можно:

- настроить все каналы модуля на задачу с аппаратной синхронизацией
- настроить все каналы модуля на одну или более задач с программной синхронизацией

Способы цифрового вывода данных

При выполнении операций цифрового вывода можно генерировать данные, используя аппаратную или программную синхронизацию. При аппаратной синхронизации данные должны буферизироваться.

Генерация сигналов с использованием программной синхронизации

В режиме генерации с программной синхронизацией скоростью генерации данных управляет программа, посылая отдельные команды аппаратной части для того, чтобы инициировать каждую операцию вывода цифровых данных. В NI-DAQmx, генерация с программной синхронизацией называется генерацией по запросу (On demand), а также прямым или статическим выводом. Обычно статический вывод применяется для записи одного значения.

Если какой-либо канал цифрового вывода в модуле выполняет задачу с аппаратной синхронизацией, ни один канал этого модуля не может быть использован для выполнения задачи с программной синхронизацией.

Генерация сигналов с использованием аппаратной синхронизации

При генерации с использованием аппаратной синхронизации скорость генерации задается формируемым аппаратно цифровым сигналом. Этот сигнал может формироваться внутри шасси или поступать извне.

Генерация сигналов с использованием аппаратной синхронизации обладает некоторыми преимуществами по сравнению с программной синхронизацией вывода данных:

- время между отсчетами может быть намного меньше
- временные интервалы между отсчетами детерминированы
- при аппаратной синхронизации может применяться аппаратный запуск

В шасси NI cDAQ-9188 операции цифрового вывода с аппаратной синхронизацией должны быть буферизированы.

Буферизованный цифровой вывод

Буфер – это временное хранилище сгенерированных отсчетов в памяти компьютера. При буферизированной генерации, перед тем, как данные записываются в модули ввода/вывода C серии, они перемещаются из буфера компьютера во встроенный FIFO буфер NI cDAQ-9188.

Одной из отличительных черт операций буферизированного ввода/вывода является режим вывода отсчетов – может выводиться или массив данных конечного размера (Finite) или может быть реализован непрерывный вывод отсчетов данных (Continuous):

- Finite – режим генерации заранее заданного количества отсчетов данных. После того, как выдано указанное количество отсчетов, генерация прекращается.
- Continuous – непрерывная генерация неопределенного количества отсчетов. Вместо того, чтобы сгенерировать заданное количество отсчетов и остановиться, непрерывная генерация продолжается до тех пор, пока вы не остановите операцию. Существует три разных режима непрерывной генерации, которые устанавливают, каким образом пишутся данные: режим регенерации, режим встроенной регенерации и режим без регенерации:
  - В режиме регенерации вы задаете буфер в памяти компьютера. Данные из буфера непрерывно загружаются в FIFO для записи. Новые данные могут быть записаны в буфер компьютера в любой момент без прекращения вывода данных.
  - В режиме встроенной регенерации буфер полностью загружается в FIFO, где и происходит регенерация. После того, как данные загружены, новые данные не могут быть записаны в FIFO. Для того чтобы применить режим встроенной регенерации, размер буфера должен совпадать с емкостью FIFO. Преимущество встроенной регенерации заключается в том, что после того, как началась операция вывода, обмен данными с памятью компьютера не требуется, это исключает возникновение проблем, связанных с избыточным трафиком шины или с задержками, вносимыми операционной системой.

Примечание: Устанавливайте модули в слоты шасси NI cDAQ-9188 с 1-го по 4-ый для того, чтобы максимизировать доступный размер FIFO. Использование слотов с 5 по 8 уменьшит доступный размер FIFO.

– В режиме вывода без регенерации старые данные не повторяются. Новые данные должны непрерывно записываться в буфер. Если программа не пишет новые данные в буфер на достаточно высокой скорости, чтобы поддерживать генерацию, буфер опустошается и выдает ошибку.

Запуска цифрового вывода

Цифровой вывод поддерживает две разновидности запуска:

- Сигнал начала работы (Start Trigger)
- Сигнал паузы работы (Pause Trigger)

Эти действия может инициировать аналоговый или цифровой запуск. Цифровой запуск может быть реализован по сигналу, поступающему по любой линии PFI, а аналоговый запуск – по сигналам, формируемым некоторыми аналоговыми модулями C серии. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Минимизация выбросов в выходном сигнале* этого документа или к документации, которая прилагается к вашему(-им) модулю(-ям) ввода/вывода C серии.

Синхронизация цифрового вывода

В шасси NI cDAQ-9188 доступны следующие сигналы синхронизации цифрового вывода:

- Импульсы опорных частот тактирования цифрового вывода (DO Sample Clock Timebase)
- Сигнал запуска цифрового вывода (DO Start Trigger)
- Сигнал паузы цифрового вывода (DO Pause Trigger)

Сигнал DO Sample Clock

Сигнал тактирования цифрового вывода (do/SampleClock) предназначен для обновления всех каналов цифрового вывода в задаче. Сигнал do/SampleClock может быть сформирован по сигналу от внешнего или внутреннего источника (рисунок 17).

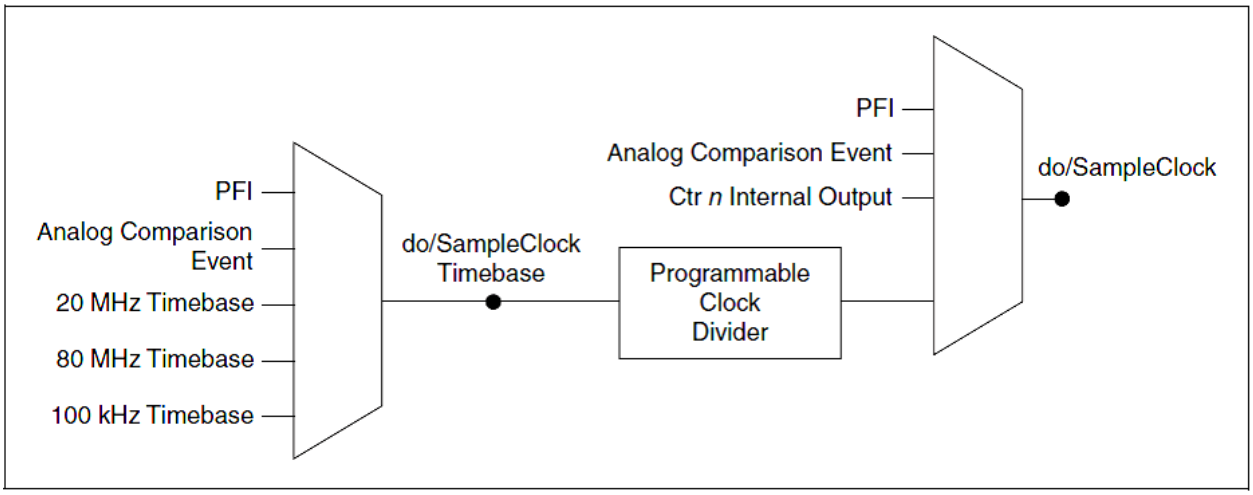


Рисунок 17. Настройка синхронизации цифрового вывода

PFI – Интерфейс с программируемыми функциями, *Analog Comparison Event* – Событие аналогового сравнения, *Ctr n Internal Output* – Внутренний выход счетчика *n*, *Timebase* – Сигнал опорной частоты, *Programmable Clock Divider* – Программируемый делитель частоты импульсов, *do /SampleClock* - Сигнал тактирования цифрового вывода

Маршрутизация сигнала DO Sample Clock на выходной контакт

Вы можете направить сигнал do/SampleClock на любой выходной контакт PFI. По умолчанию активный уровень импульса do/SampleClock – низкий.

Опорные частоты для импульсов DO Sample Clock

Сетка импульсов опорных частот (do/SampleClockTimebase), используемых для формирования сигналов do/SampleClock, создается путем деления импульсов внешнего или внутреннего источника. Импульсы сетки опорных частот не могут быть использованы в качестве выходных сигналов шасси.

Сигнал запуска цифрового вывода

Используйте сигнал запуска цифрового вывода (do/StartTrigger), чтобы инициировать генерацию сигнала. Если вы не используете запуск, то можете начать генерацию по команде программы. Если вы используете внутренний сигнал Sample Clock, то можете задать временную задержку от момента запуска до момента вывода первого отсчета. Для получения более подробной информации справочной системе *NI-DAQmx Help*. Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**.

Использование цифрового источника

Для запуска по сигналу do/StartTrigger необходимо определить источник и фронт сигнала. В качестве источников можно использовать один из следующих сигналов:

- Импульс, формируемый управляющей программой

- Сигнал, пришедший с любого контакта PFI (Программируемый функциональный интерфейс)
- Сигнал запуска аналогового ввода по опорному импульсу (AI Reference Trigger)
- Сигнал запуска аналогового ввода (AI Start Trigger)

Источником сигнала запуска могут быть также некоторые внутренние сигналы шасси NI cDAQ-9188. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX (Устройство маршрутизации в MAX)* справочной системы *NI-DAQmx* или к справочной системе *LabVIEW Help.* Для просмотра *LabVIEW Help* выберите в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Можно также задать начало генерации по положительному или отрицательному фронту сигнала do/StartTrigger.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C-серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx он называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения). Если для формирования сигнала запуска применяется аналоговый источник, сбор данных начинается по первому положительному или отрицательному фронту сигнала Analog Comparison Event, в зависимости от условий запуска. Схема запуска по аналоговому сигналу должна быть настроена на одновременное выполнение задачи аналогового ввода.

Маршрутизация сигнала запуска DO Start Trigger на выходной контакт

Вы можете направить сигнал do/StartTrigger на любой выходной контакт PFI. Активным является высокий уровень импульса.

Сигнал DO Pause

Используйте сигнал паузы цифрового вывода (do/PauseTrigger) для приостановки записи отсчетов. Когда сигнал do/PauseTrigger активен, отсчеты не выводятся, однако этот сигнал не блокирует вывод уже обрабатываемого отсчета. Сигнал паузы начинает действовать в момент поступления следующего отсчета.

Генерация сигналов приостанавливается сразу же после подтверждения сигнала паузы. Если источник импульсов Sample Clock внутренний, то генерация возобновляется сразу после снятия сигнала паузы (рисунок 18).

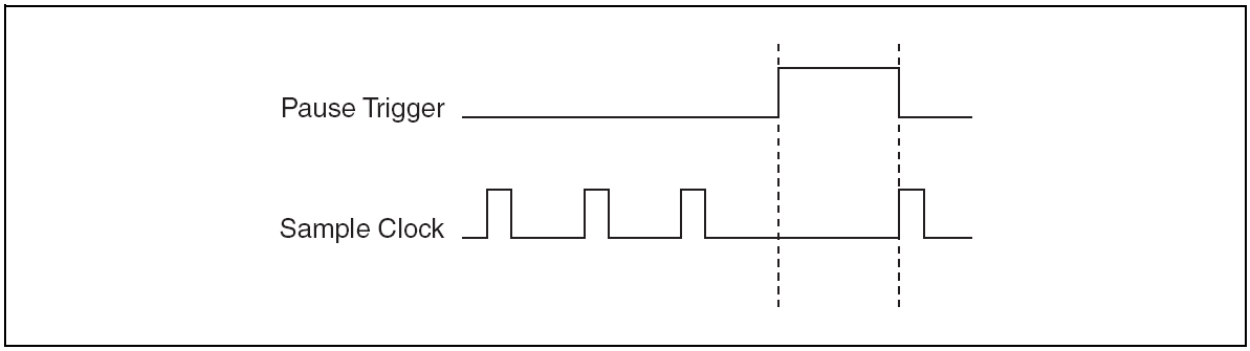


Рисунок 18. Сигнал do/PauseTrigger со встроенным источником тактирования отсчетов

Pause Trigger – Сигнал паузы, *Sample Clock* – Сигнал тактирования отсчетов

Если вы используете в качестве источника сигналов тактирования отсчетов любой другой сигнал, кроме внутреннего, то генерация возобновляется после снятия сигнала паузы и появления другого фронта сигнала тактирования отсчетов (рисунок 19).

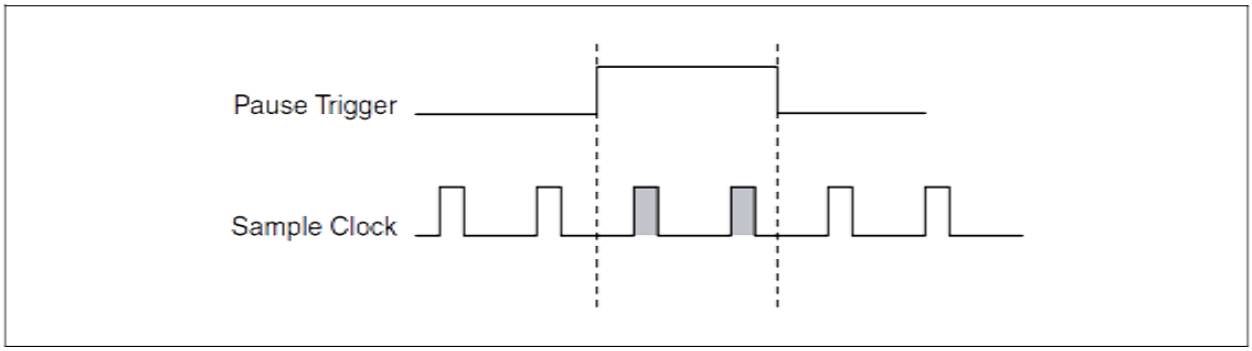


Рисунок 19. Сигнал do/PauseTrigger с другим источником тактового сигнала

Pause Trigger – Сигнал паузы, *Sample Clock* – Сигнал тактирования отсчетов

Использование цифрового источника

Чтобы использовать сигнал do/StartTrigger от цифрового источника задайте источник и полярность импульса. Источником сигнала do/StartTrigger может служить контакт PFI или один из нескольких внутренних сигналов шасси NI cDAQ-9188. Вы можете также задать паузу по логически высокому уровню сигнала do/StartTrigger, или по низкому. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help.*

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Использование аналогового источника

Некоторые модули ввода/вывода C серии могут формировать сигнал запуска на основе аналогового сигнала. В NI-DAQmx этот сигнал называется Analog Comparison Event (событие аналогового сравнения).

Если применяется аналоговый источник сигнала, формирование внутренних импульсов дискретизации приостанавливается при высоком или низком уровне сигнала Analog Comparison Event в зависимости от свойств запуска. Схема запуска по аналоговому сигналу должна быть настроена на одновременное выполнение задачи аналогового ввода.

Начало работы с программным обеспечением приложений цифрового вывода

Шасси NI cDAQ-9188 может применяться в следующих приложениях цифрового вывода:

- Поточечная генерация (single-point или on-demand)
- Генерация сигналов ограниченной длительности (finite)
- Непрерывная генерация (continuous)

Для получения более подробной информации о программировании приложений аналогового вывода и запуска обратитесь к справочной системе *LabVIEW Help* или к справочной системе *NI-DAQmx Help*.

Справочная система *NI-DAQmx Help* после установки доступна из меню **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ»NI-DAQmx Help**. Для просмотра *LabVIEW Help* выберете в LabVIEW **Help»Search the LabVIEW Help**. Чтобы загрузить *LabVIEW Help,* перейдите на сайт `ni.com/manuals`.

Конфигурация цифрового ввода/вывода для NI 9401

При изменении конфигурации линий модуля цифрового ввода/вывода NI 9401 с входа на выход (или наоборот) NI-DAQmx временно резервирует все линии этого модуля для того, чтобы передать команду конфигурации линий. Если другая задача или маршрут активно используют модуль, то для того чтобы избежать конфликта, NI-DAQmx выдаст ошибку вместо того, чтобы послать команду конфигурирования линии. Во время исполнения команды конфигурирования линии паразитные выбросы на выходе не появляются.

PFI (Интерфейс с программируемыми функциями)

Можно сконфигурировать каналы цифрового модуля с аппаратной синхронизацией как линии (контакты) интерфейса PFI. Цифровые модули с аппаратной синхронизацией могут быть установлены в одном или двух слотах шасси. В шасси NI cDAQ-9188 предусмотрено также два разъема PFI.

Вы можете сконфигурировать каждый разъем PFI следующим образом:

- Входной сигнал синхронизации для аналогового ввода, аналогового вывода, цифрового ввода, цифрового вывода или для выполнения функций счетчика/таймера
- Входной сигнал синхронизации для аналогового ввода, аналогового вывода, цифрового ввода, цифрового вывода или для выполнения функций счетчика/таймера

Счетчики

В NI cDAQ-9188 есть четыре 32-битных счетчика/таймера общего назначения и один генератор частот. Счетчики/таймеры общего назначения могут применяться во многих приложениях для измерений параметров и генерации импульсов. На рисунке 20 показан Счетчик 0 NI cDAQ-9188 и генератор частот. Все четыре счетчика NI cDAQ-9188 одинаковы.

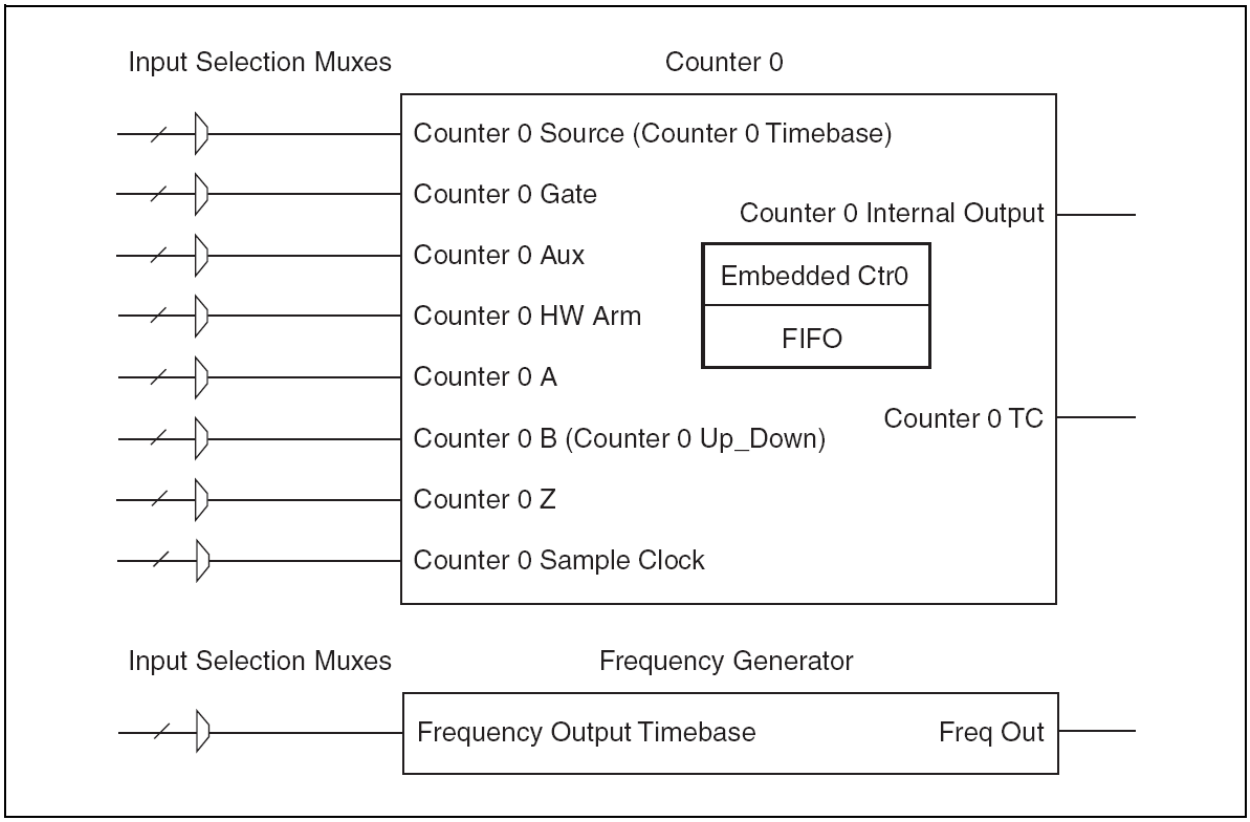


Рисунок 20. Счетчик 0 NI cDAQ-9188 и генератор частот

Input Selection Muxes – Мультиплексоры выбора входов, *Counter 0* – Счетчик 0, *Frequency Generator* – Генератор частот, *Counter 0 Source (Counter 0 Timebase)* – Источник для счетчика 0 (Сетка частот для счетчика 0), *Counter 0 Gate* – Вход разрешения Счетчика 0, *Counter 0 Aux* – Дополнительный вход Счетчика 0, *Counter 0 HW Arm* – Дополнительный аппаратный вход запуска Счетчика 0, *Counter 0 A* – Вход A Счетчика 0, *Counter 0 B (Counter 0 Up_Down)* – Вход B Счетчика 0 (реверсивный), *Counter 0 Z* – Вход Z Счетчика 0, *Counter 0 Sample Clock* – Вход тактирования отсчетов Счетчика 0, *Counter 0 Internal Output* – Внутренний выход Счетчика 0, *Counter 0 TC* – Выход переноса Счетчика 0, *Embedded Ctr0/FIFO* – Встроенный счетчик/блок FIFO счетчика 0, *Frequency Output Timebase* – Опорные частоты для выхода, *Freq Out* – Частотный вывод

У счетчиков восемь входных сигналов, хотя для большинства приложений используются только некоторые из них. Для получения более подробной информации о подключении счетчика обратитесь в раздел *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*. В каждом счетчике есть FIFO, который может быть использован для буферизации при сборе и генерации сигналов. Каждый счетчик также содержит встроенный счетчик (Embedded Ctr*n*) для схем измерения и генерации с двумя счетчиками. Встроенные счетчики не могут быть запрограммированы независимо от главного счетчика, сигналы встроенного счетчика не маршрутизируются.

Механизм синхронизации счетчика

В отличие от аналогового ввода, аналогового вывода, цифрового ввода и цифрового вывода счетчики NI cDAQ-9188 не выполняют деления импульсов опорных частот и не формируют внутренний сигнал синхронизации отсчетов счетчика. Для этого нужен источник внешнего сигнала синхронизации отсчетов. В качестве подобных сигналов могут использоваться:

- AI Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов аналогового ввода)
- AI Start Trigger (сигнала запуска аналогового ввода)
- AI Reference Trigger (опорный сигнал запуска аналогового ввода)
- AO Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов аналогового вывода)
- DI Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов цифрового ввода)
- DI Start Trigger (сигнала запуска цифрового ввода)
- DO Sample Clock (сигнал синхронизации отсчетов цифрового вывода)
- Counter n Internal Output (сигнал с выхода внутреннего счетчика *n*)
- Freq Out (выход частот)
- PFI (Программируемый функциональный интерфейс)
- Change Detection Event (Событие обнаружения изменений)
- Analog Comparison Event (Событие аналогового сравнения)

Не для всех операций счетчиков требуется сигнал синхронизации. Например, при простом буферизированном измерении длительности импульса фиксируется каждый фронт импульса. В этом случае измеряемый сигнал определяется моментом фиксации данных. Такие операции называются операциями с неявной (implicit) синхронизацией.

Однако при многих подобных измерениях может выполняться деление на такты с помощью сигнала синхронизации. Такие операции называют операциями с синхронизацией отсчетов. В таблице 3 показаны варианты разных видов измерений.

Таблица 3. Синхронизация измерений, выполняемых с помощью счетчика

Вид измерений	Поддержка неявной синхронизации	Поддержка синхронизации при помощи тактового сигнала
Счет фронтов (с буферизацией)	Нет	Есть
Длительность импульсов (с буферизацией)	Есть	Есть
Параметры импульсов (с буферизацией)	Есть	Есть
Полупериод (с буферизацией)	Есть	Нет
Частота (с буферизацией)	Есть	Есть
Период (с буферизацией)	Есть	Есть
Перемещение (с буферизацией)	Нет	Есть
Двухсигнальное разделение фронтов (с буферизацией)	Есть	Есть

Приложения ввода данных с помощью счетчиков

В следующих разделах перечислены различные приложения операций ввода с использованием счетчиков, доступные в NI cDAQ-9188:

- *Counting Edges (Счет фронтов)*
- *Pulse-Width Measurement (Измерение длительности импульса)*
- *Pulse Measurement (Измерение параметров импульса)*
- *Semi-Period Measurement (Измерение полупериода)*
- *Frequency Measurement (Измерение частоты)*
- *Period Measurement (Измерение периода)*
- *Position Measurement (Измерение перемещений)*

Счет фронтов

В приложениях счета фронтов счетчик подсчитывает количество фронтов импульсов, поступающих от источника после запуска счетчика. Вы можете сконфигурировать счетчик на подсчет положительных или отрицательных фронтов входного сигнала. Вы можете также управлять направлением счета (сложение или вычитание), как это описано в разделе *Управление направлением счета*. Подсчитанные значения могут быть прочитаны по запросу или по сигналу синхронизации отсчета.

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации о режимах счета фронтов импульсов:

- *Однократный (по запросу) счет фронтов (Single Point (On-Demand) Edge Counting)*
- *Буферизированный (по сигналу Sample Clock) счет фронтов (Buffered (Sample Clock) Edge Counting)*

Однократный (по запросу) счет фронтов

При однократном (по запросу) счете фронтов счетчик подсчитывает количество фронтов импульсов, поступающих на вход Source после запуска счетчика. Подсчет «по запросу» означает, что программа может прочитать содержимое счетчика в любой момент времени без нарушения процесса счета. На рисунке 21 приведен пример однократного счета импульсов.

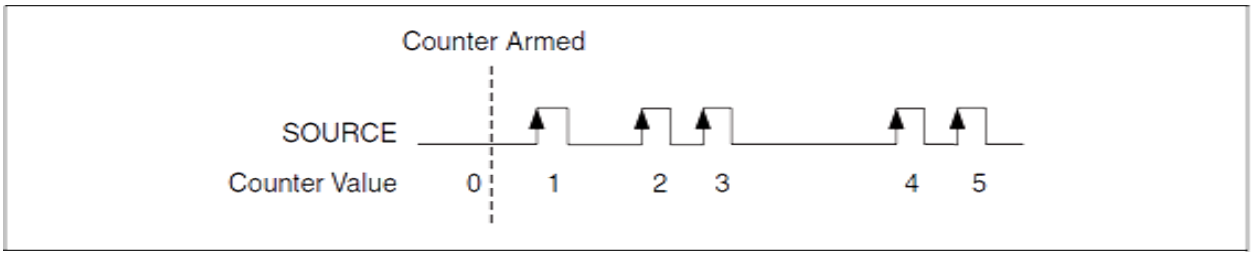


Рисунок 21. Однократный (On-Demand) счет фронтов

Counter Armed – Счетчик запущен, *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета

Вы также можете использовать сигнал паузы для того, чтобы приостановить (или запретить) счет. Когда сигнал паузы активен, счетчик игнорирует фронты импульсов, поступающих на вход Source. Когда сигнал паузы неактивен, счетчик подсчитывает фронты в нормальном режиме.

Можно перенаправить сигнал паузы на вход Gate счетчика. Вы можете настроить счетчик на приостановку счета по высокому или низкому уровню сигнала паузы. На рисунке 22 приведен пример подсчета фронтов по запросу с сигналом паузы.

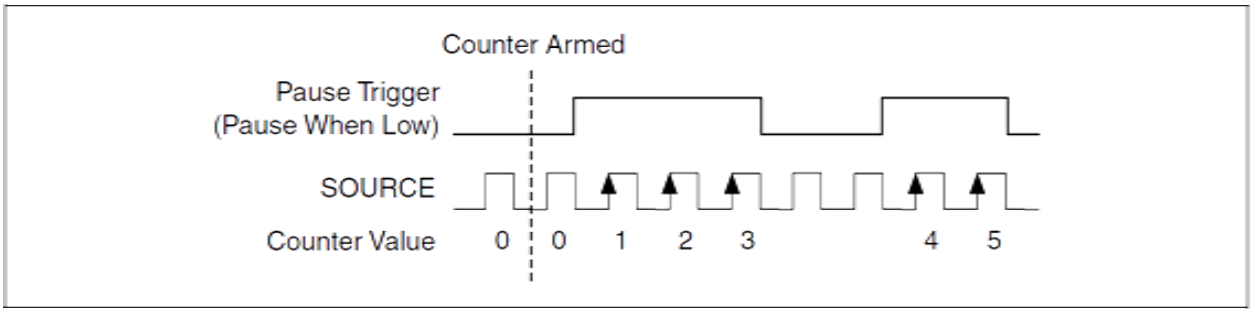


Рисунок 22. Однократный (по запросу) счет фронтов с сигналом паузы

Counter Armed – Счетчик запущен, *Pause Trigger (Pause When Low)* – Сигнал паузы (Приостановить при низком уровне сигнала), *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета

Буферизированный (по сигналу Sample Clock) счет фронтов

При буферизированном счете фронтов (счет фронтов с использованием сигнала синхронизации отсчетов) счетчик подсчитывает количество фронтов импульсов, поступающих на вход Source после запуска счетчика. Считывание содержимого счетчика происходит по каждому активному фронту сигнала синхронизации отсчетов и сохраняется в FIFO. Блок STC3 перемещает результаты счета в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

Результаты счета возвращают накопленные значения с момента запуска счетчика. Это выполняется до тех пор, пока счетчик не будет сброшен тактовым сигналом. Можно настроить счетчик на считывание значений по положительному или отрицательному фронту сигнала синхронизации отсчетов.

На рисунке 23 приведен пример буферизированного счета фронтов. Обратите внимание, что счет начинается после запуска счетчика, который осуществляется до поступления первого активного фронта сигнала синхронизации отсчетов.

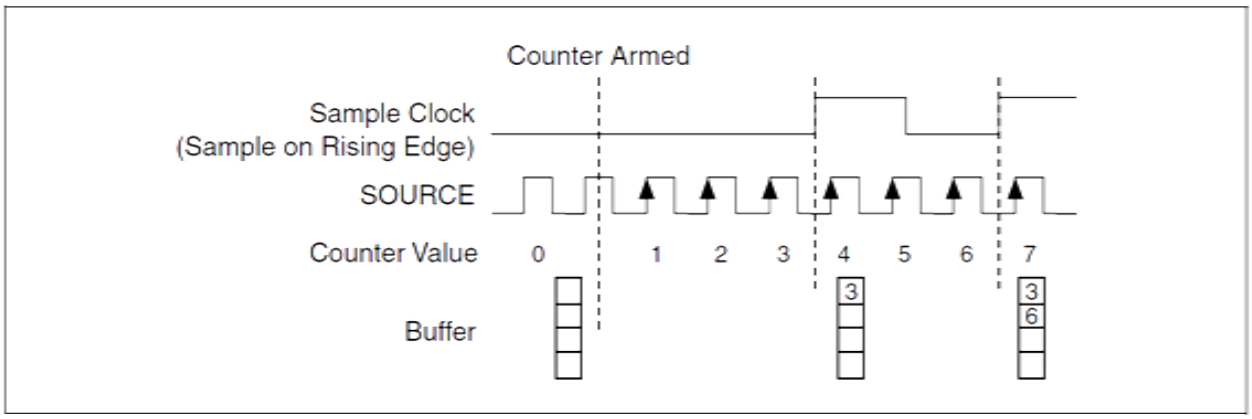


Рисунок 23. Буферизированный (по сигналу Sample Clock) счет фронтов

Counter Armed – Счетчик запущен, *Sample Clock (Sample on Rising Edge)* – Сигнал синхронизации отсчетов (по положительному фронту), *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета

Управление направлением счета

В приложениях счета фронтов счетчик может считать как в прямом, так и в обратном направлениях. Вы можете настроить счетчик на следующие режимы:

- считать только в прямом направлении (на сложение)
- считать только в обратном направлении (на вычитание)
- считать в прямом направлении при высоком уровне сигнала на входе B Счетчика 0; считать в обратном направлении – при низком

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Измерение длительности импульсов

При измерении длительности импульса счетчик измеряет длительность импульса на входе Gate. Можно настроить счетчик на измерение длительности высокого или низкого уровня импульса на входе Gate.

Вы можете перенаправить внутренний или внешний периодический тактовый сигнал (с известным периодом) на вход источника счетчика Source. Счетчик подсчитывает количество положительных (или

отрицательных) фронтов импульсов на входе Source, пока сигнал на входе Gate активен.

Вы можете вычислить длительность импульса умножением периода импульсов на входе Source на количество фронтов, возвращенных счетчиком.

Измерение длительности импульса будет верным, даже если счетчик был запущен во время следования импульсов. Если счетчик запущен во время следования импульсов, он будет ожидать следующего перехода в активное состояние и после этого начнется измерение.

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации об измерении длительности импульсов в NI cDAQ-9188:

- *Однократное измерение длительности импульса*
- *Неявное буферизированное измерение длительности импульса*
- *Измерение длительности импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов*

Однократное измерение длительности импульса

При однократном измерении длительности импульса счетчик подсчитыват количество фронтов на входе Source, пока сигнал на входе Gate активен. Когда уровень на входе Gate становится неактивным, счетчик сохраняет результат счета в FIFO и игнорирует остальные фронты импульсов , поступающие на входы Gate и Source. Программа считывает запомненный отсчет.

На рисунке 24 приведен пример однократного измерения длительности импульса.

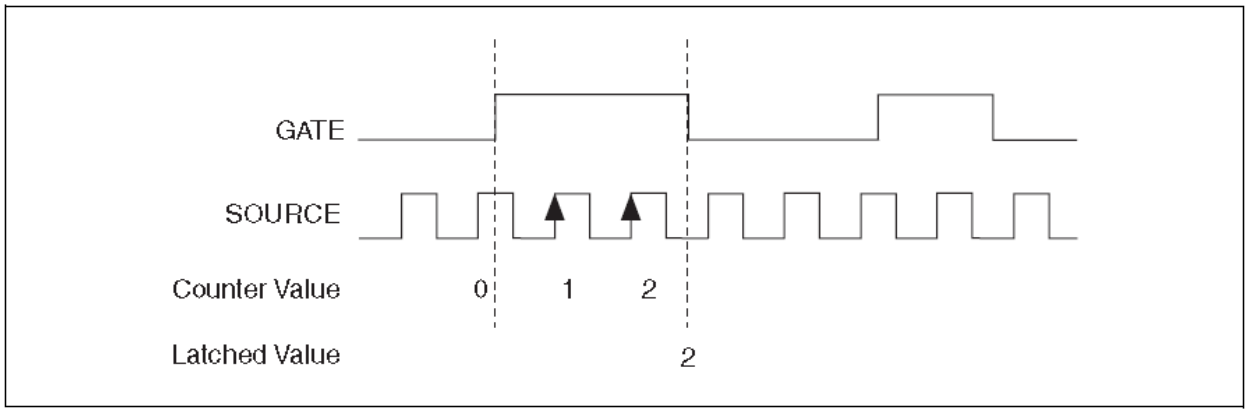


Рисунок 24. Однократное измерение длительности импульса

GATE – Вход разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета, *Latched Value* – Зафиксированное значение

Неявное буферизированное измерение длительности импульса

Неявное буферизированное измерение длительности импульса похоже на однократное измерение длительности импульса, но результат измерения в этом случае получают по нескольким импульсам.

Счетчик подсчитывает количество фронтов на входе Source пока активный (Gate) вход остается активным. На каждый завершающий фронт сигнала на входе Gate счетчик сохраняет результат счет в FIFO счетчика. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

На рисунке 25 приведен пример неявного буферизированного измерения длительности импульса.

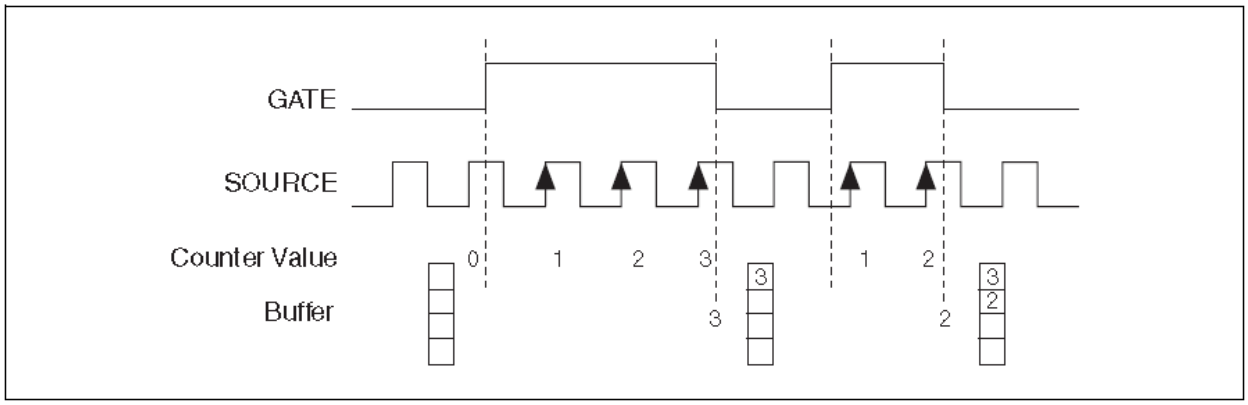


Рисунок 25. Неявное буферизированное измерение длительности импульса

GATE – Вход разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета, *Buffer* – Буфер

Измерение длительности импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов

Измерение длительности импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов похоже на однократное измерение длительности импульса, но результат измерения в этом случае получают по нескольким импульсам, синхронизируясь с импульсами отсчетов.

Счетчик подсчитывает количество фронтов на входе Source пока активный (Gate) вход остается активным. На каждый фронт импульса синхронизации отсчетов счетчик сохраняет результат счет в FIFO по завершению длительности измеряемого импульса. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

На рисунке 26 приведен пример измерения длительности импульса с буферизацией по импульсам синхронизации отсчетов.

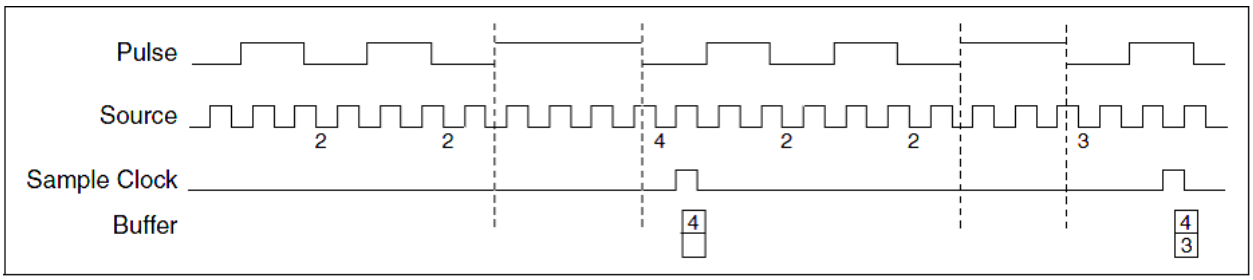


Рисунок 26. Измерение длительности импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов

Pulse – Импульс, *SOURCE* – Источник, *Sample Clock* – Импульс синхронизации отсчетов, *Buffer* – Буфер

Примечание: Если измеряемый импульс не приходит между импульсами синхронизации отсчетов, возникает ошибка переполнения.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Измерение параметров импульса

При измерении параметров импульса счетчик измеряет длительность высокого и низкого уровней импульса на входе Gate после запуска счетчика. Импульс определяется длительностью высокого и низкого уровней, количеством меток времени на высоком и низком уровнях или частотой и скважностью. Это похоже на измерение длительности импульса, за исключением того, измерения производятся и в пассивной части импульса.

Вы можете перенаправить внутренний или внешний периодический тактовый сигнал (с известным периодом) на вход Source счетчика. Счетчик подсчитывает количество положительных (или отрицательных) фронтов, поступающих на вход Source между двумя фронтами сигнала на входе Gate.

Вы можете вычислить длительность высокого и низкого уровней импульса на входе Gate умножением периода сигнала Source на количество фронтов, возвращаемое счетчиком.

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации об измерениях параметров импульсов NI cDAQ-9188:

- *Однократное измерение параметров импульса*
- *Неявное буферизированное измерение параметров импульса*
- *Измерение параметров импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов*

Однократное измерение параметров импульса

Однократное (по запросу) измерение параметров импульса эквивалентно двум однократным измерениям количества меток времени, вмещающимся на высоком (H) и низком (L) уровнях импульса, как показано на рисунке 27.

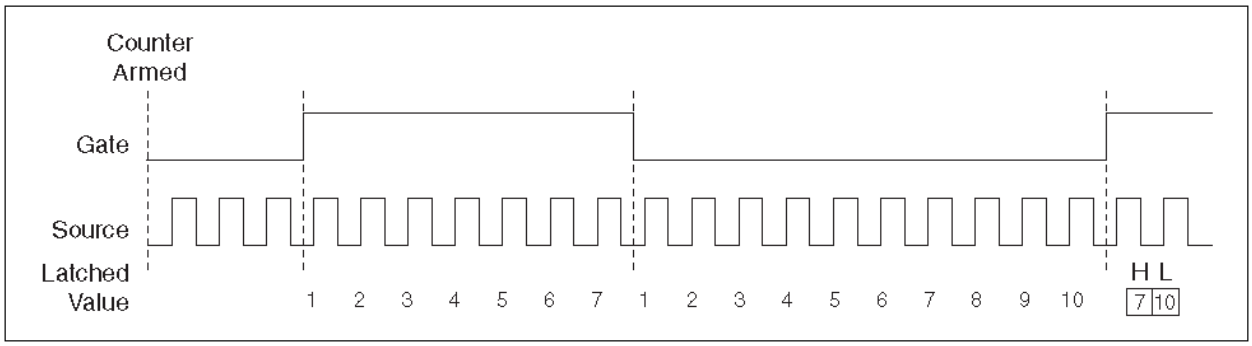


Рисунок 27. Однократное (по запросу) измерение параметров импульса

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE* – Вход разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Latched Value* – Результат счета

Неявное буферизированное измерение параметров импульса

При неявном буферизированном измерении параметров импульса на каждый фронт сигнала на входе Gate счетчик сохраняет отсчеты в FIFO. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

Счетчик начинает счет по сигналу запуска. Запуск обычно происходит между фронтами сигнала на входе Gate, но счет не начинается до тех пор, пока не придет требуемый фронт. Вы можете выбрать первым для считывания параметр высокого или низкого уровней импульса с помощью свойства **StartingEdge** (Фронт старта) в NI-DAQmx.

На рисунке 28 приведен пример неявного буферизированного измерения параметров импульса.

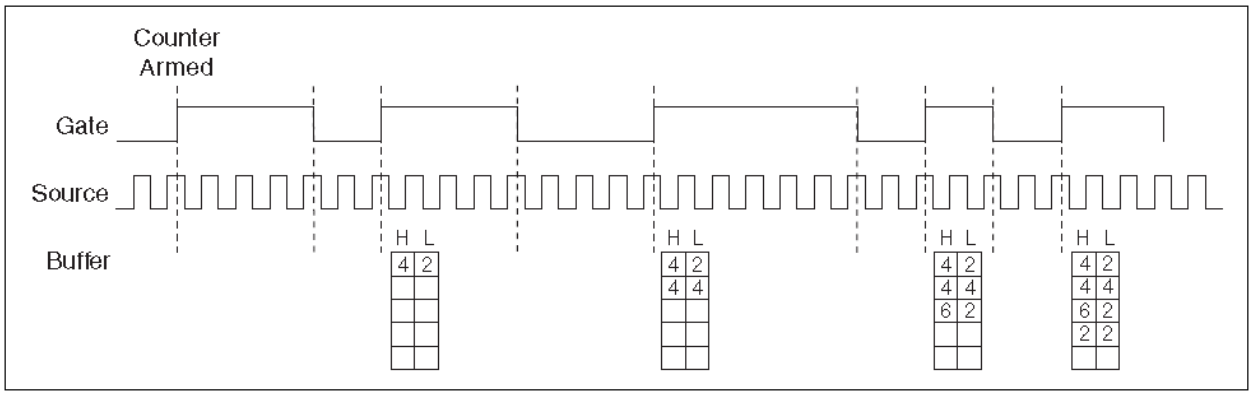


Рисунок 28. Измерение импульса с внутренней буферизацией

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE* – Вход разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Buffer* – Буфер

Измерение параметров импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов

Этот способ измерения похож на однократное измерение параметров импульса, отличаясь лишь тем что результат измерения в этом случае получают по нескольким импульсам, синхронизируясь с импульсами отсчетов.

Счетчик выполняет измерение параметров импульса на входе Gate. По каждому фронту импульса синхронизации отсчетов результат счета полного количества меток времени на высоком и низком уровнях импульса Gate сохраняется в FIFO. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

На рисунке 29 приведен пример измерение параметров импульса с буферизацией по синхроимпульсам отсчетов.

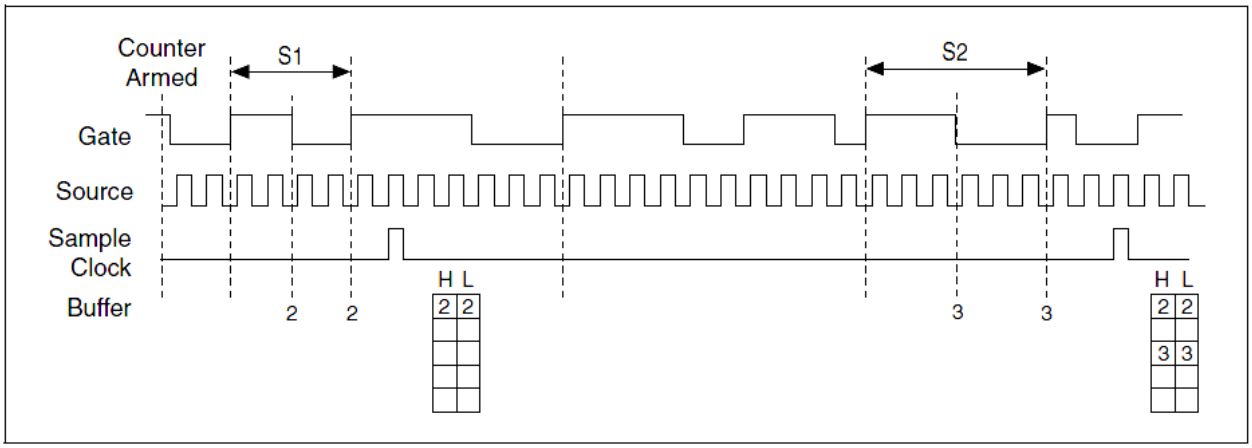


Рисунок 29. Буферизованное измерение импульса при помощи тактового сигнала

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE* – Вход разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Sample Clock* – Импульс синхронизации отсчетов, *Buffer* – Буфер

Примечание: Если измеряемый импульс не приходит между импульсами синхронизации отсчетов, возникает ошибка переполнения.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Сравнение измерения параметров импульсов и измерения полупериода

В аппаратных средствах измерения параметров импульса и измерение полупериода – это одно и то же. Оба измеряют длительность высокого и низкого уровней импульса. Функционально они отличаются способом возврата данных. При измерении полупериода каждая длительность высокого и низкого уровней рассматривается как отдельный отсчет данных и возвращается в секундах или тактах (метках времени). При измерении параметров импульса каждая пара значений длительностей высокого и низкого уровней рассматривается как один отсчет и возвращается как парный отсчет в единицах частоты или скважности, длительностей высокого и низкого уровней импульсов или количества меток времени, вмещающихся на высоком и низком уровне импульса. При считывании 10 отсчетов измерения полупериода получают массив из пяти длительностей высокого и низкого уровней. При считывании 10 отсчетов измерения параметров импульсов вы получите массив из 10 пар длительностей высокого и низкого уровней.

Итак, измерения параметров импульсов поддерживают работу с импульсами синхронизации отсчетов, тогда как измерения полупериода – нет.

Измерения полупериода

При измерении полупериода счетчик измеряет полупериод сигнала на входе Gate после запуска счетчика. Полупериод – это время между любыми двумя последовательными фронтами сигнала на входе Gate.

Вы можете перенаправить внутренний или внешний периодический тактовый сигнал (с известным периодом) на вход Source счетчика. Счетчик подсчитывает количество положительных (или отрицательных) фронтов, поступающих на вход Source между двумя фронтами сигнала на входе Gate.

Вы можете вычислить полупериод сигнала на входе Gate умножением периода сигнала Source на количество фронтов, возвращаемых счетчиком.

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации об измерении полупериода:

- *Однократное измерение полупериода*
- *Неявное буферизированное измерение полупериода*

Обратитесь к разделу *Сравнение измерения параметров импульсов и измерения полупериода* для получения более подробной информации о различиях между измерениями полупериода и измерениями параметров импульсов.

Однократное измерение полупериода

Однократное измерение полупериода эквивалентно однократному измерению длительности импульса.

Неявное буферизированное измерение полупериода

При неявном буферизированном измерении полупериода на каждый фронт сигнала на входе Gate счетчик сохраняет отсчеты в FIFO. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

Счетчик начинает счет по сигналу запуска. Запуск обычно происходит между фронтами сигнала на входе Gate. Вы можете выбрать первым для считывания длительность высокого или низкого полупериода импульса с помощью свойства **CI.SemiPeriod.StartingEdge** (Фронт старта при измерении полупериода) в NI-DAQmx.

На рисунке 30 приведен пример неявного буферизированного измерения полупериода импульса.

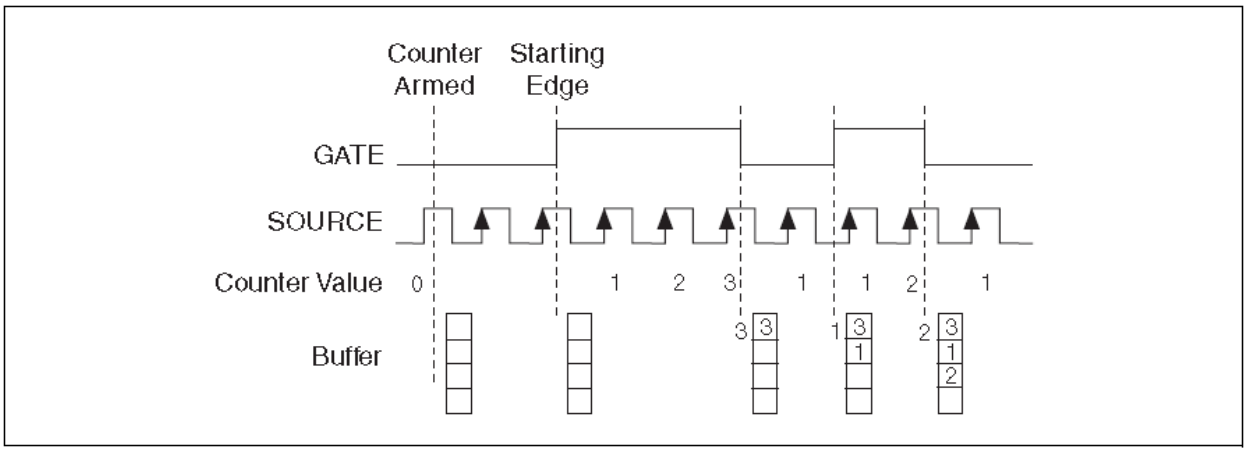


Рисунок 30. Неявное буферизированное измерение полупериода мпульса

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE* – Вход разрешения счета, *Starting Edge* – Фронт старта, *SOURCE* – Источник, *Counter Value* – Результат счета, *Buffer* – Буфер

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Измерение частоты

Измерение частоты с помощью счетчиков можно выполнять несколькими различными способами. Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации об измерении частоты в NI cDAQ-9188:

- *Измерение низкой частоты с использованием одного счетчика*
- *Измерение высокой частоты с использованием двух счетчиков*
- *Измерение частот в широком диапазоне с использованием двух счетчиков*
- *Измерение частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов*

Измерение низкой частоты с использованием одного счетчика

Измерение низкой частоты сигналов при помощи одного счетчика осуществляется путем измерения одного периода сигнала с использованием известной опорной частоты.

Сигнал (*fx*), частоту которого нужно измерить, можно направить на вход Gate, а сигнал известной опорной частоты (*fk*) – на вход Source счетчика. В качестве сигнала опорной частоты может быть использован сигнал частотой 80 МГц, 20 МГц или 100 кГц от внутреннего источника, или любой другой сигнал известной частоты.

Счетчик можно настроить на измерение одного периода сигнала на входе Gate. Значение частоты *fx* есть величина, обратная периоду. На рисунке 31 проиллюстрирован этот метод.

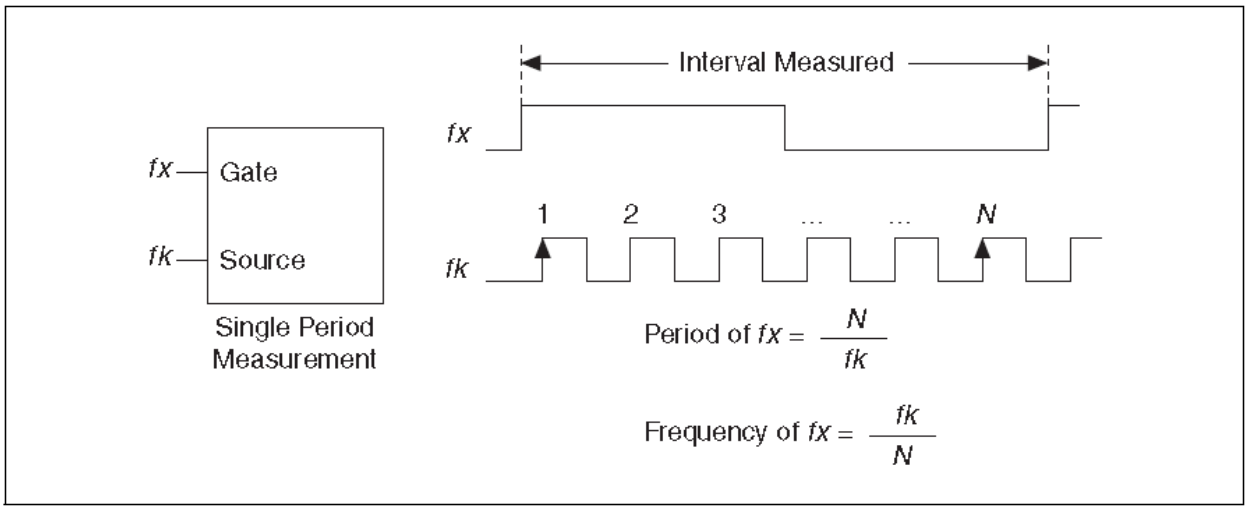


Рисунок 31. *Измерение низкой частоты с использованием одного счетчика*

Interval Measured – Измеряемый интервал, *Period of fx* – Период fx, *Frequency of fx* – Частота fx, *Single Period Measurement* – Измерение одного периода, *Gate* – Вход разрешения счета, *Source* – Источник, *N* – Количество временных меток (периодов сигнала опорной частоты fk

Измерение высокой частоты с использованием двух счетчиков

При измерении высокой частоты с помощью двух счетчиков выполняется счет импульсов измеряемого в течение интервала времени известной длительности и затем вычисляют искомую частоту.

Примечание: Для Счетчика 0 парой всегда является Счетчик 1. Для Счетчика 2 парой всегда является Счетчик 3.

При этом импульс известной длительности (*T*) направляется на вход Gate счетчика. Второй счетчик используется для формирования импульса известной длительности. Этот импульс может быть использован от внешнего источника, подключенного контакту PFI – в этом случае нужен только один счетчик.

Сигнал (*fx*) измеряемой частоты должен быть направлен на вход Source счетчика. А счетчик нужно сконфигурировать на однократное измерение длительности импульса. Если в течение длительности известного интервала *T* подсчитано *N* периодов сигнала *fx*, то частота сигнала *fx* равна *N/T*.

Рисунок 32 иллюстрирует этот метод измерения. Другой способ заключается в использовании режима измерения периода, а не длительности импульса.

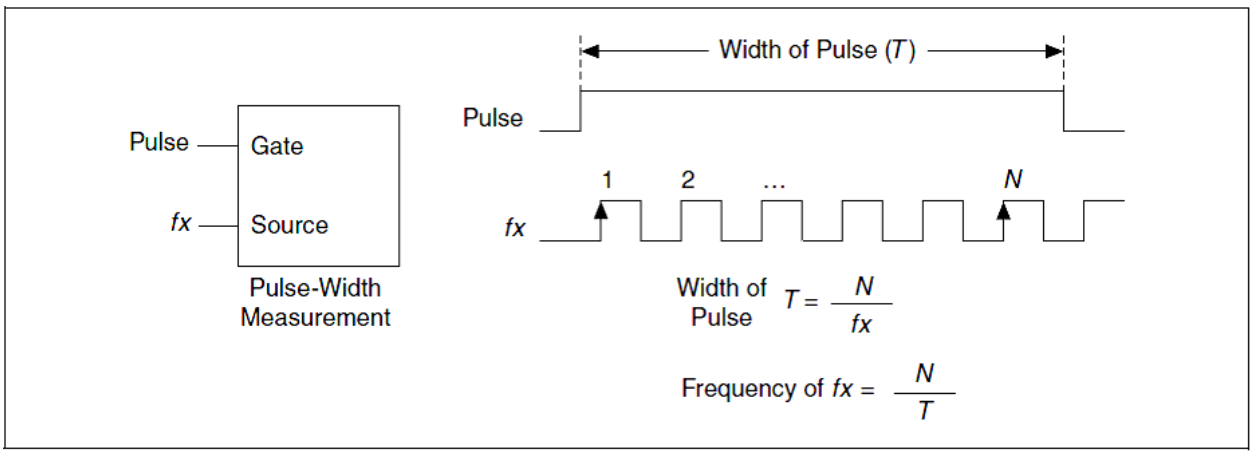


Рисунок 32. Измерение высокой частоты с использованием двух счетчиков

Width of Pulse (T) – Длительность импульса (T), *Frequency of fx* – Частота fx, *Gate* – Вход разрешения счета, *Source* – Источник, *Single Period Measurement* – Измерение одного периода, *N* – Количество периодов сигнала измеряемой частоты fx, *Pulse-Width Measurement* – Измерение длительности импульса

Измерение частот в широком диапазоне с использованием двух счетчиков

Применяя два счетчика, можно точно измерять сигналы высокой или низкой частоты. Эта техника называется взаимообратным (reciprocal) измерением частоты и сводится к измерению правильно сформированного импульса большой длительности (длинного импульса). NI cDAQ-9188 может измерить длинный импульс более точно, чем короткий импульс сигнала высокой частоты.

Примечание: Для Счетчика 0 парой всегда является Счетчик 1. Для Счетчика 2 парой всегда является Счетчик 3.

Можно направить измеряемый сигнал на вход Source Счетчика 0, как это показано на рисунке 33. Допустим, что частота этого сигнала – *fx*. NI-DAQmx автоматически настроит Счетчик 0 на формирование одного импульса длительностью, равной *N* периодам сигнала, поступающего со входа Source.

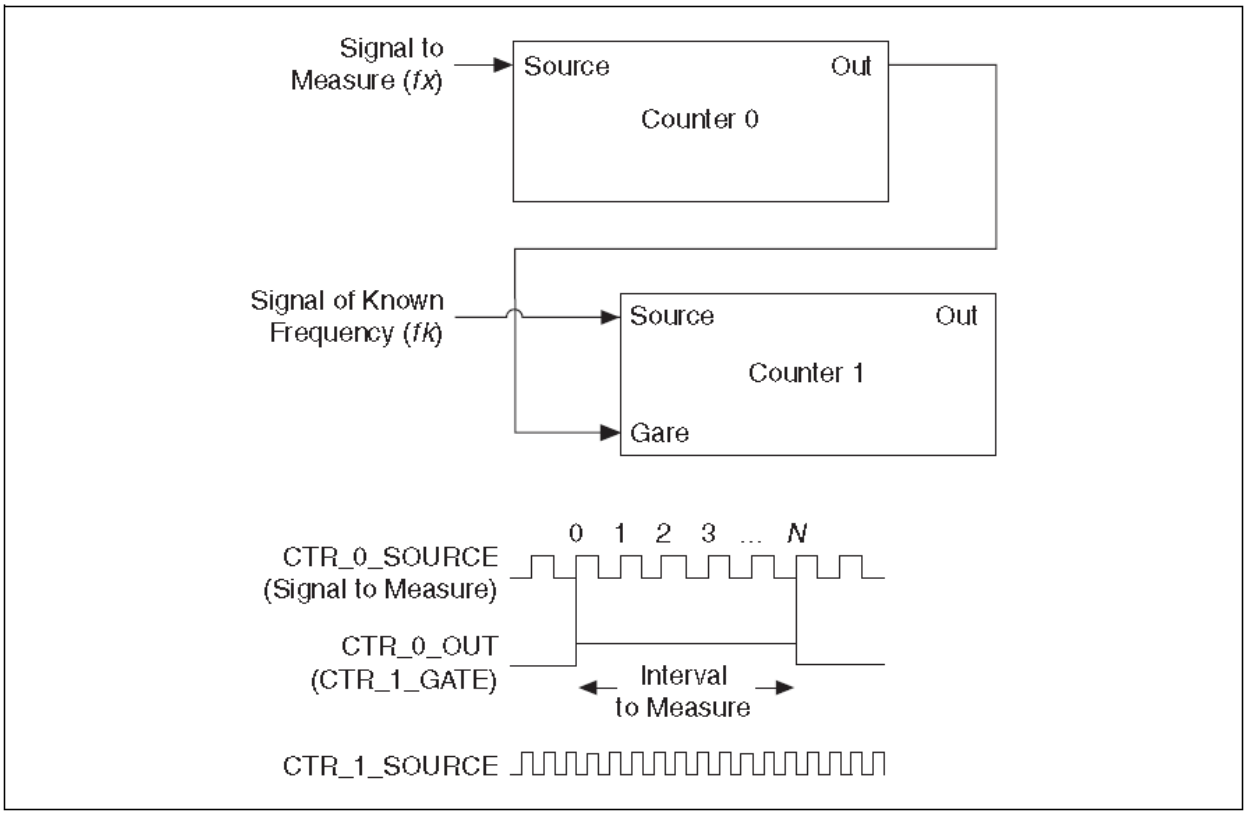


Рисунок 33. Измерение частот в широком диапазоне с использованием двух счетчиков

Signal to measure (fx) – Измеряемый сигнал (fx), *Source* – Источник, *Out* – Выход, *Counter 0* – Счетчик 0, *Signal of Known Frequency (fk)* – Сигнал известной частоты (fk), *Gate* – Вход разрешения счета, *Counter 1* – Счетчик 1, *CTR_0_SOURCE* – Вход источника сигнала Счетчика 0, *CTR_0_OUT* – Выход Счетчика 0, *Interval to Measure* – Измеряемый интервал, *CTR_1_SOURCE* – Вход источника сигнала Счетчика 1

Далее сигнал от внутреннего выхода Счетчика 0 поступает на вход Gate Счетчика 1. Вы можете направить сигнал известной частоты (*fk*) на вход Source Счетчика 1. Настройте Счетчик 1 на однократное измерение длительности импульса. Предполагаемый результат – это длительность импульса, равная *J* периодам тактового сигнала с частотой *fk*.

Длительность импульса на выходе Счетчика 0 равна *N/fx*. Длительность этого же импульса по результату в Счетчике 1 равна *J/fk*. Откуда частота сигнала *fx* вычисляется по формуле $fx = fk*(N/J)$.

Измерение частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов

Этот способ измерения может выполняться как однократное измерение частоты или путем усреднения результатов измерения, полученных с помощью импульсов синхронизации отсчетов. Для настройки используйте свойство **CI.Freq.EnableAveraging**. При буферизации значение по умолчанию – TRUE.

При измерении частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов со значением параметра **CI.Freq.EnableAveraging**, равном TRUE (ИСТИНА) используется встроенный счетчик и импульсы синхронизации отсчетов. На каждый этих импульсов встроенный счетчик подсчитывает импульсы измеряемой частоты (*fx*), а первый счетчик считает импульсы

известной внутренней опорной частоты (*fk*). Предположим, что T1 – это количество тактов неизвестной частоты, подсчитанное между импульсами синхронизации отсчетов, а T2 – это количество тактов известной опорной частоты, как это показано на рисунке 34. Частота определяется по формуле:

$$fx = fk*(T1/T2)$$

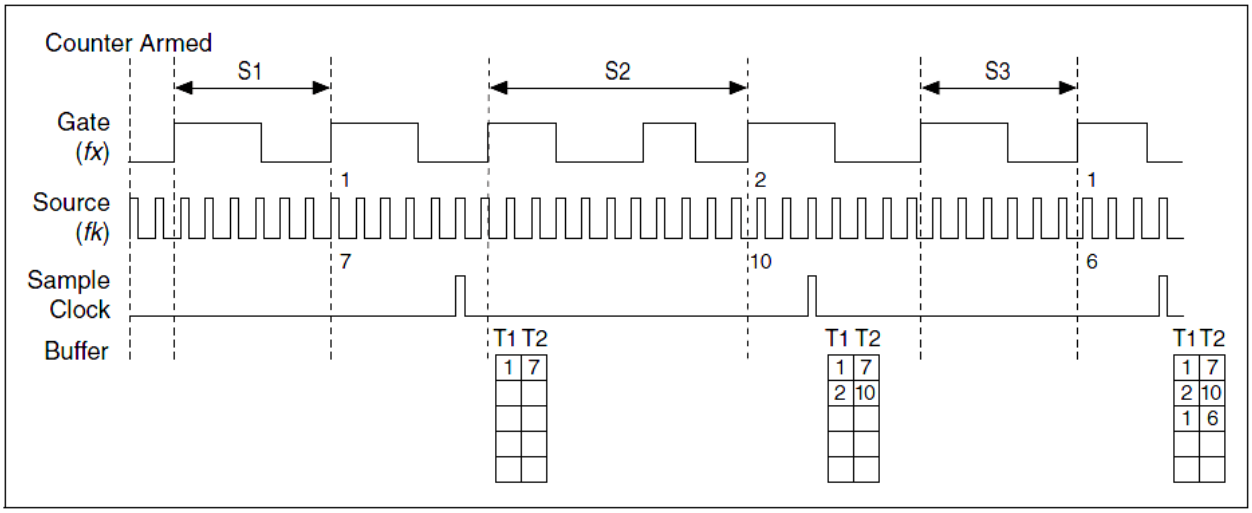


Рисунок 34. Измерение частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов (с усреднением)

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE (fx)* – Вход разрешения счета (fx), *Source (fk)* – Источник (fk), *Sample Clock* – импульсы синхронизации отсчетов, *Buffer* – Буфер

Если значение параметра **CI.Freq.EnableAveraging** равно FALSE, то при измерении возвращается значение измеряемой частоты до импульса синхронизации отсчетов. Это однократное измерение, результаты не усредняются (рисунок 35).

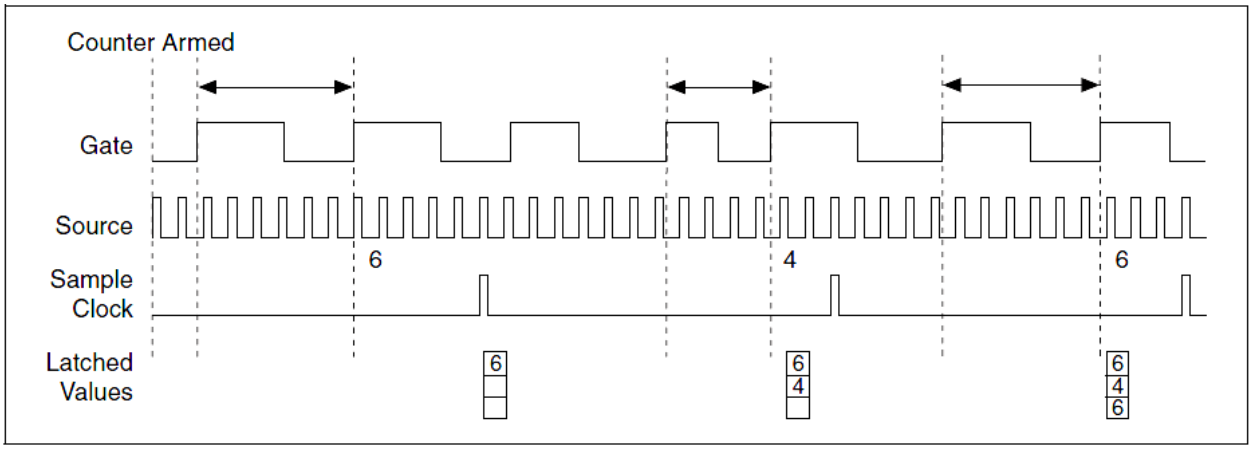


Рисунок 34. Измерение частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов (без усреднения)

Counter Armed – Счетчик запущен, *GATE (fx)* – Вход разрешения счета (fx), *Source (fk)* – Источник (fk), *Sample Clock* – импульсы синхронизации отсчетов, *Lautched Values* – Полученные значения

При измерении частоты с буферизацией импульсами синхронизации отсчетов убедитесь, что измеряемая частота хотя бы в два раза выше, чем частота импульсов синхронизации отсчетов, чтобы не возникло переполнение.

Выбор способа измерения частоты

Выбор наилучшего способа измерения частоты зависит от нескольких факторов, включая ожидаемое значение измеряемой частоты, желаемую точность, количество доступных счетчиков и допустимое время измерения. Предположим, что при любом способе измерения частоты:

fx	истинное значение измеряемой частоты (погрешность измерений равна нулю)
fk	известная частота на входе Source или на входе Gate
время измерения (T)	это время, необходимое для получения одного отсчета
делитель (N)	это целое от деления измеряемой частоты, применяется только при измерениях в широком диапазоне частот с помощью двух счетчиков
fs	это частота импульсов синхронизации отсчетов, применяется только при измерении частоты с использованием импульсов синхронизации отсчетов

В таблице 4 приведена сводная информация о том, как эти переменные применяются в каждом способе.

- **Один счетчик** – при измерениях с одним счетчиком импульсы известной опорной частоты (*fk*) используются в качестве счетных. Время измерения – это период измеряемой частоты, или *1/fx*.
- **Два счетчика для высокой частоты** – при измерениях высоких частот с использованием двух счетчиков, второй счетчик формирует известное время измерения. Частота импульсов на входе Gate равна *1/время измерения*.
- **Два счетчика для измерений в широком диапазоне** – аналогично измерениям при помощи одного счетчика, но в данном случае у пользователя есть целочисленный делитель частоты. Импульсы внутреннего сигнала опорной частоты также используются в качестве счетных (*fk*), но время измерения равно *N/fx*, т.е. увеличивается в *N* раз.
- **Синхронизация отсчетов** – при измерениях частоты с использованием импульсов синхронизации отсчетов подсчитываются импульсы опорного сигнала известной частоты (*fk*). Время измерения – это период импульсов синхронизации отсчетов (*fs*).

Таблица 4. Методы измерения частоты

Переменная	Синхронизация отсчетов	Один счетчик	Два счетчика	
			Высокая частота	Широкий диапазон
fk	Известная опорная частота	Известная опорная частота	1/(период сигнала на входе Gate)	Известная опорная частота
Время измерения	$\frac{1}{fs}$	$\frac{1}{fx}$	период сигнала на входе Gate	$\frac{N}{fx}$
Максимальная погрешность измерения частоты	$fx \times \frac{fx}{fk \times \left\lfloor \frac{fx}{fs} - 1 \right\rfloor}$	$fx \times \frac{fx}{fk - fx}$	*fk*	$fx \times \frac{fx}{N \times fk - fx}$
Максимальная относительная погрешность, %	$\frac{fx}{fk \times \left\lfloor \frac{fx}{fs} - 1 \right\rfloor}$	$\frac{fx}{fk - fx}$	$\frac{fk}{fx}$	$\frac{fx}{N \times fk - fx}$
Замечание: В уравнениях погрешностей не учитывается стабильность частоты тактовых импульсов. Обратитесь к технической документации вашего устройства для получения более подробной информации о стабильности частоты импульсов.				

Какой метод лучше?

Это зависит от частоты, которую вы собираетесь измерять, скорости, на которой вы собираетесь отслеживать частоту и желаемой точности измерения. Возьмем, например, измерение частоты 50 кГц. Допустим, что время измерения настроено одинаково для измерений с помощью импульсов синхронизации отсчетов (с усреднением) и измерений с использованием двух счетчиков, результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5. Методы измерения частоты 50 кГц

Переменная	Синхронизация отсчетов	Один счетчик	Два счетчика	
			Высокая частота	Широкий диапазон
fx	50,000	50,000	50,000	50,000
fk	80 M	80 M	1000	80 M
Время измерения (мс)	1	.02	1	1
N	-	-	-	50
Максимальная погрешность измерения частоты (Гц)	.638	31.27	1000	.625
Максимальная относительная погрешность, %	.00128	.0625	2	.00125

Из этой таблицы можно увидеть, что хотя время измерения при использовании одного счетчика меньше, самую высокую точность дают способы измерения с использованием импульсов синхронизации отсчетов и с использованием двух счетчиков для широкого диапазона. Пример результатов измерения частоты 5 МГц приведен в таблице 6.

Таблица 6. Методы измерения частоты 5 МГц

Переменная	Синхронизация отсчетов	Один счетчик	Два счетчика	
			Высокая частота	Широкий диапазон
fx	5 M	5 M	5 M	5 M
fk	80 M	80 M	1000	80 M
Время измерения (мс)	1	.0002	1	1
N	-	-	-	5000
Максимальная погрешность измерения частоты (Гц)	62.51	333 к	1000	62.50
Максимальная относительная погрешность, %	.00125	6.67	.02	.00125

Снова время измерения при использовании одного счетчика самое маленькое, но и точность ниже. Обратите внимание, что точность и время измерения при использовании импульсов синхронизации отсчетов и двух счетчиков с широким диапазоном измерения почти одинакова. Преимущество способа измерения с помощью импульсов синхронизации отсчетов заключается в том, что даже когда частота измеряемого сигнала изменяется, время измерения не изменяется, а погрешность измерения в процентах изменяется незначительно. Например, если вы сконфигурировали схему на измерение в широком диапазоне частот с использованием двух счетчиков и делением измеряемой частоты 50 кГц на 50, то тогда получите погрешность и время измерения, которые указаны в таблице 5. Но если частота измеряемого сигнала нарастает до 5 МГц, то при делении на 50 время измерения будет равно 0.01 мс, а погрешность станет равной 0.125%. При измерениях с использованием импульсов синхронизации отсчетов погрешность не так зависит от измеряемой частоты, поэтому при частоте сигнала в 50 кГц и 5 МГц и времени измерения 1 мс погрешность измерения в процентах остается близкой к значению 0.00125%. Одним из недостатков измерения частоты с использованием импульсов синхронизации отсчетов является то, что измеряемая частота должна быть, по крайней мере, в два раза больше частоты импульсов синхронизации отсчетов, чтобы быть уверенным, что пройдет полный период измеряемой частоты между импульсами синхронизации.

- Измерения низкой частоты с одним счетчиком – хороший способ измерения и подходит для многих приложений. Однако точность измерения уменьшается с увеличением частоты.

- Измерения высокой частоты при помощи двух счетчиков – точный способ для высокочастотных сигналов. Однако точность измерения уменьшается с уменьшением частоты измеряемого сигнала. На низких частотах этот способ может быть очень неточен для вашего приложения. Еще одним недостатком данного метода является то, что для него необходимо два счетчика (если вы не можете обеспечить внешний сигнал известной длительности). Преимущество метода измерения высоких частот при помощи двух счетчиков заключается в том, что заранее известно время, за которое измерение завершится.
- Измерение в широком диапазоне частот при помощи двух счетчиков позволяет точно определить значения высоких и низких частот сигналов. Однако здесь требуется два счетчика, кроме того, время получения отсчетов и погрешность измерения в процентах изменяются и зависят от входного сигнала.

В таблице 7 приведены некоторые различия методов измерения частот.

Таблица 7. Сравнение методов измерения частот

Метод	Количество используемых счетчиков	Количество возвращаемых результатов измерений	Точность измерения высокочастотных сигналов	Точность измерения низкочастотных сигналов
Низкие частоты с одним счетчиком	1	1	Низкая	Высокая
Высокие частоты с двумя счетчиками	1 или 2	1	Высокая	Низкая
Широкий диапазон частот с двумя счетчиками	2	1	Высокая	Высокая
С импульсами синхронизации отсчетов (усреднение)	1	1	Высокая	Высокая

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Измерение периода

При измерении периода счетчик измеряет период сигнала, поступающего на вход Gate после запуска счетчика. Можно настроить счетчик на измерение периода между двумя положительными или двумя отрицательными фронтами сигнала, поступающего на вход Gate.

Можно перенаправить внутренний или внешний тактовый сигнал (с известным периодом) на вход Source счетчика. Счетчик подсчитывает количество положительных (или отрицательных) фронтов, пришедших на вход Source между двумя активными фронтами сигнала на входе Gate.

Можно вычислить период сигнала, поступающего на вход Gate, умножением периода сигнала на входе Source на количество фронтов, которое вернул счетчик.

При измерении периода возвращается значение, обратное частоте сигнала. Обратитесь к разделу *Измерение частоты* для получения более подробной информации.

Измерение перемещений

Вы можете использовать счетчики для измерений перемещений с помощью квадратурных или двухимпульсных энкодеров. Можно измерить угловое перемещение при помощи угловых энкодеров типа X1, X2 и X4. Линейное перемещение можно измерять с помощью двухимпульсных энкодеров. Можно выбрать и проводить либо однократное (по запросу), либо буферизованное (с использованием импульсов синхронизации отсчетов) измерение перемещений. Чтобы начать измерение, нужно запустить счетчик.

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации об измерениях перемещений в NI cDAQ-9188:

- *Измерения с использованием квадратурных энкодеров*
- *Измерения с использованием двухимпульсных энкодеров*
- *Буферизированное (с использованием импульсов синхронизации отсчетов) измерение перемещений*

Измерения с использованием квадратурных энкодеров

Счетчики позволяют выполнять измерения с использованием квадратурных энкодеров с кодированием типа X1, X2 или X4. У квадратурного энкодера может быть до трех каналов – каналы A, B и Z.

- **X1 Кодирование** – Когда канал A опережает канал B, счетчик инкрементируется. Когда канал B опережает канал A, счетчик декрементируется. Количество инкрементов и декрементов за период зависит от типа кодирования – X1, X2 или X4.

На рисунке 36 показан период импульсов квадратурного энкодера и результаты счета на сложение и вычитание при кодировании типа X1. Когда канал A опережает канал B, инкремент происходит по положительному фронту канала A. Когда канал B опережает канал A, декремент происходит по отрицательному фронту канала A.

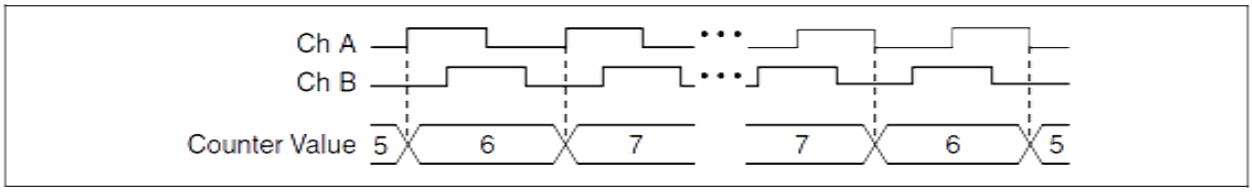


Рисунок 36. Кодирование типа X1

Ch A – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Counter value* – Результат счета

- **X2 Кодирование** – То же самое происходит при кодировании типа X2, но счетчик инкрементируется или декрементируется по каждому фронту канала A в зависимости от того, какой из фронтов опережает другой. В итоге в каждом периоде выполняется по два инкремента или декремента, как это показано на рисунке 37.

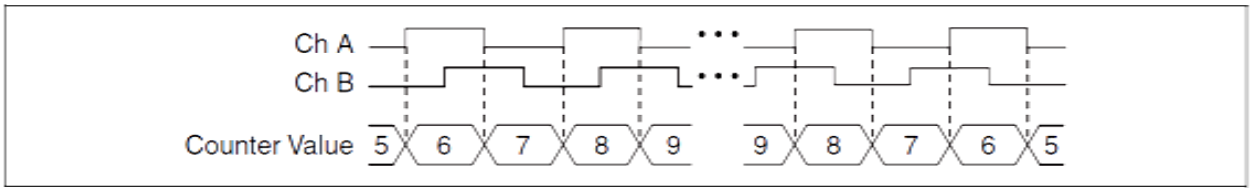


Рисунок 37. X2 кодирование

Ch A – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Counter value* – Результат счета

- **X4 Кодирование** – Подобным же образом счетчик инкрементируется или декрементируется по каждому фронту канала A и B при кодировании типа X4. Будет счетчик инкрементироваться или декрементироваться, зависит от того, какой канал опережает другой. В итоге в каждом периоде выполняется по четыре инкремента или декремента, как это показано на рисунке 38.

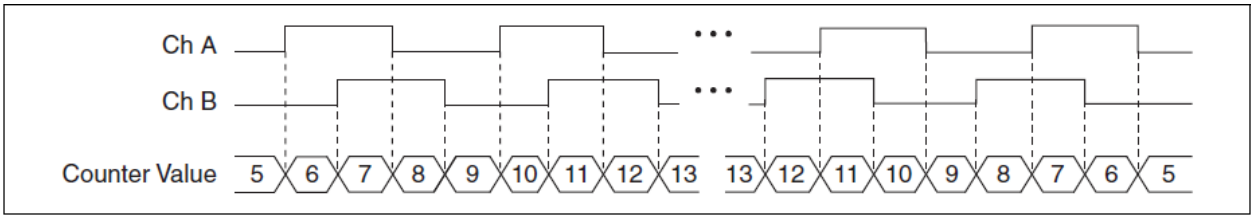


Рисунок 38. X4 кодирование

Ch A – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Counter value* – Результат счета

Характеристика канала Z

В некоторых квадратурных энкодерах есть третий канал, канал Z, который также называется индексным каналом. При высоком уровне канала Z счетчик перезагружается заданным значением в определенной фазе периода. Вы можете запрограммировать выполнение этой перезагрузки в любой из четырех фаз периода.

Поведение канала Z – когда уровень сигнала с этого канала становится высоким и как долго он остается высоким – зависит от устройства энкодера. Вам необходимо обратиться к документации на ваше энкодер для получения информации о временной привязке канала Z по отношению к каналам A и B. Затем вы должны убедиться, что уровень сигнала с канала Z будет высоким по крайней мере в течение части фазы, в которой вы собираетесь выполнить перезагрузку. Например, на рисунке 39 уровень сигнала с канала Z никогда

не будет высоким, если сигнал с канала A высокий, а сигнал с канала B – низкий. Поэтому перезагрузка должна произойти во время какой-то другой фазы.

На рисунке 39 фаза перезагрузки наступает, когда уровни сигналов на обоих каналах A и B низкие. Перезагрузка происходит во время этой фазы и уровень сигнала с канала Z становится высоким. Операции инкремента и декремента обладают более высоким приоритетом, чем перезагрузка. Поэтому, когда сигнал в канале B переключается в низкий уровень, чтобы войти в фазу перезагрузки, сначала выполняется инкремент. Перезагрузка выполняется в течение одного периода максимальной опорной частоты после начала фазы перезагрузки. После перезагрузки счетчик продолжает считать, как и прежде. Рисунок иллюстрирует перезагрузку канала Z при кодировании типа X4.

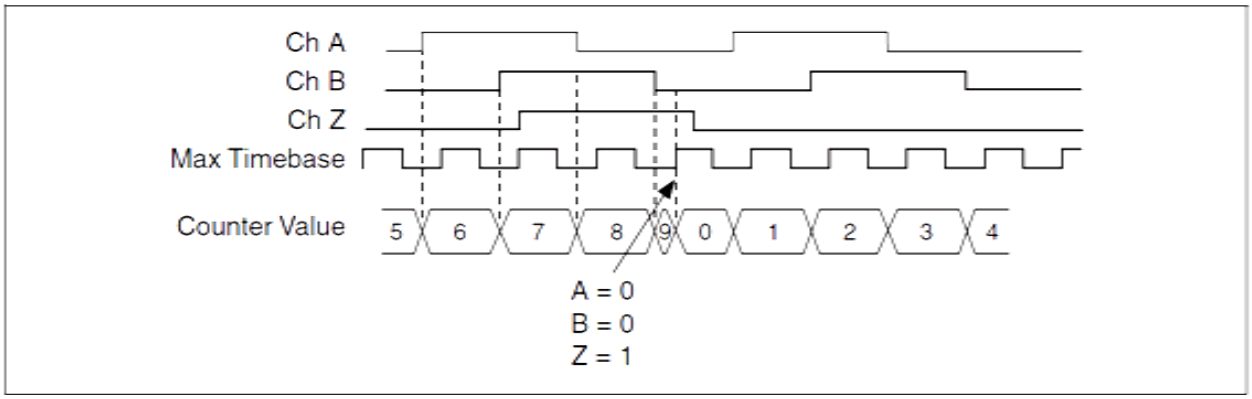


Рисунок 39. Перезагрузка канала Z при кодировании типа X4

Ch A – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Ch Z* – Канал Z, *Max Timebase* – Максимальная опорная частота, *Counter value* – Результат счета

Измерения с помощью двухимпульсных энкодеров

Счетчик поддерживает двухимпульсный энкодер, у которого имеется два канала – канал A и канал B. Счетчик инкрементируется по каждому положительному фронту канала A и декрементируется по каждому положительному фронту канала B, как это показано на рисунке 40.

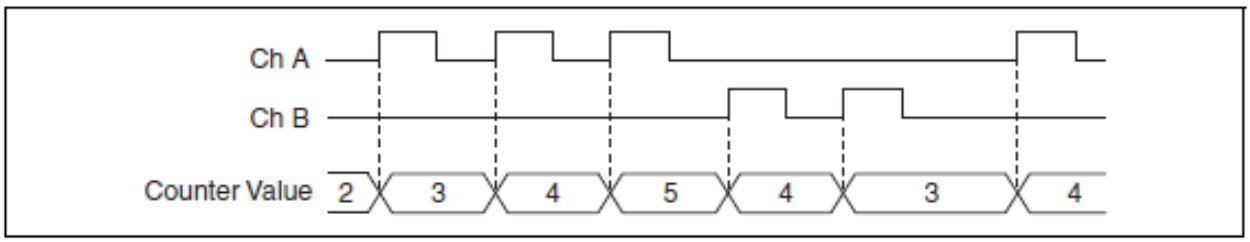


Рисунок 40. Измерения с помощью двухимпульсных энкодеров

Ch A – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Counter value* – Результат счета

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Буферизированное (с использованием импульсов синхронизации отсчетов) измерение перемещений

При буферизированном измерении перемещений с использованием импульсов синхронизации отсчетов инкремент счетчика происходит в соответствии с используемым типом кодирования после того, как счетчик запущен. Состояние счетчика считывается по каждому активному фронту импульсов синхронизации отсчетов. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных. Возвращаемые результаты – это значения, накопленные с момента запуска счетчика; т.е. импульсы синхронизации отсчетов не сбрасывают счетчик. Можно перенаправить импульс синхронизации отсчетов на вход Gate счетчика. Вы можете сконфигурировать счетчик на считывание по положительному или отрицательному фронту импульса синхронизации отсчетов.

На рисунке 41 приведен пример буферизованного измерения перемещений с использованием кодирования типа X1.

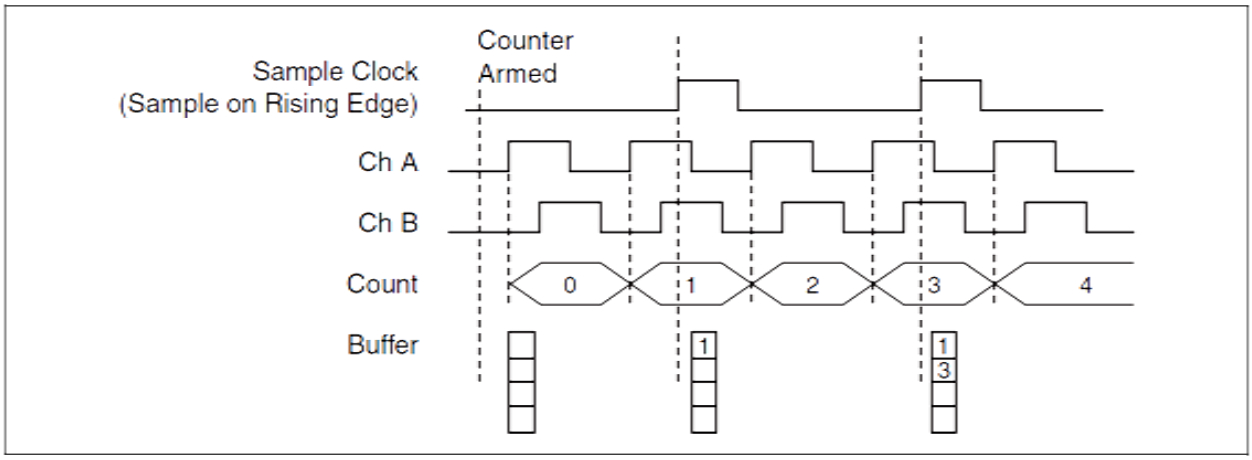


Рисунок 41. Буферизированное измерение перемещений

Counter Armed – Счетчик запущен, *Sample Clock (Sample on Rising Edge)* – Импульсы синхронизации отсчетов (Отсчет по положительному фронту), *Ch A* – Канал A, *Ch B* – Канал B, *Count* – Счет, *Buffer* – Буфер

Измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов

Измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов похоже на измерение длительности импульса, за исключением того, что в данном случае используется два сигнала – Aux (вспомогательный сигнал) и Gate (Вход разрешения счета). Активный фронт сигнала со входа Aux запускает счет, а активный фронт сигнала со входа Gate останавливает счет. Для того чтобы начать измерение необходимо запустить счетчик.

После запуска счетчика и активный фронт появился на входе Aux, счетчик начинает счет количества положительных (или отрицательных) фронтов импульсов на входе Source. Счетчик игнорирует остальные фронты сигнала на входе Aux.

Счет прекращается после появления активного фронта на входе Gate. Результаты счета сохраняются в FIFO.

Вы можете задать активным положительный или отрицательный фронт для сигнала, поступающего на вход Aux. Можете также задать активным положительный или отрицательный фронт дл сигнала на входе Gate.

Этот тип измерения применяется для подсчета событий или измерения времени между фронтами двух сигналов. Этот тип измерения иногда называют измерением по сигналу запуска/останова, измерением со вторым входом разрешения счета (second gate measurement) или измерением "A- to-B".

Для получения более подробной информации об измерениях с разделением фронтов в NI cDAQ-9188 обратитесь к следующим разделам:

- *Однократное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов*
- *Неявное буферизированное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов*
- *Буферизированное измерение с использованием синхронизации отсчетов и раздельным управлением двумя сигналами*

Однократное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов

При помощи этого типа измерения подсчитывается количество положительных (или отрицательных) фронтов на входе Source, сформированных между приходом активного фронта сигнала на входе Gate и активного фронта сигнала на входе Aux. В этом случае счетчик сохраняет отсчеты в FIFO и игнорирует остальные фронты сигналов на входах управления. Затем программа считывает запомненные отсчеты.

На рисунке 42 приведен пример однократного измерения с разделением фронтов двух сигналов.

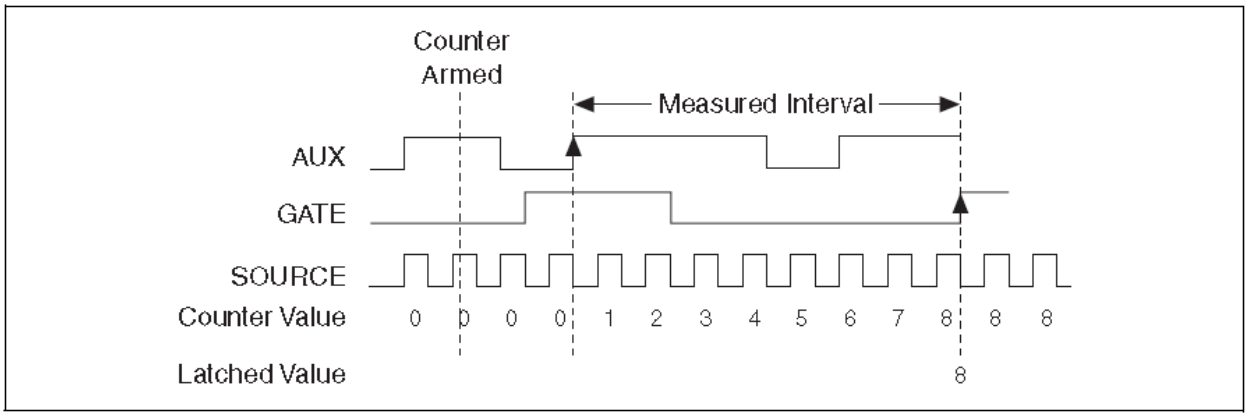


Рисунок 42. Однократное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов

Counter Armed – Счетчик запущен, *Measured Interval* – Измеряемый интервал, *AUX* – Вспомогательный сигнал, *GATE* – Сигнал разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Counter value* – Результат счета, *Lautched Value* – Зафиксированное значение

Неявное буферизированное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов

Неявное буферизированное и однократное измерение с раздельным управлением фронтами двух сигналов отличаются тем, что при неявном буферизированном измерении счет производится на нескольких интервалах.

Счетчик подсчитывает количество положительных (или отрицательных) фронтов сигнала на входе Source, пришедших между активным фронтом сигнала Gate и активным фронтом сигнала Aux. Счетчик сохраняет отсчеты в FIFO. По следующему активному фронту сигнала на входе Gate счетчик начинает другое измерение. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

На рисунке 43 приведен пример неявного буферизованного измерения с раздельным управлением фронтами двух сигналов.

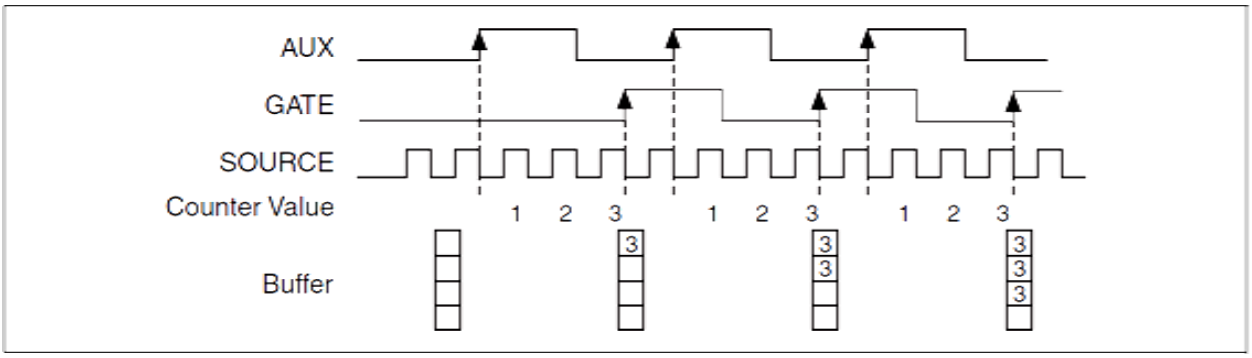


Рисунок 43. Внутренне буферизованное измерение разделения фронтов двух сигналов

AUX – Вспомогательный сигнал, *GATE* – Сигнал разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Counter value* – Результат счета, *Buffer* – Буфер

Буферизированное измерение с использованием синхронизации отсчетов и раздельным управлением двумя сигналами

Буферизированное измерение с использованием синхронизации отсчетов и раздельным управлением двумя сигналами отличаются от однократного измерения с раздельным управлением фронтами двух сигналов тем, что в этом случае измерения выполняются на последовательности интервалов, а считывание производится по импульсу синхронизации отсчетов. Счетчик подсчитывает количество положительных (или отрицательных) фронтов сигнала на входе Source, пришедших между активным фронтом сигнала Gate и активным фронтом сигнала Aux. Счетчик сохраняет отсчеты в FIFO по импульсу синхронизации отсчетов. По следующему активному фронту сигнала на входе Gate счетчик начинает другое измерение. Блок STC3 передает запомненные значения в память компьютера, используя высокоскоростную потоковую передачу данных.

На рисунке 44 приведен пример буферизированного измерения с использованием синхронизации отсчетов и раздельным управлением двумя сигналами.

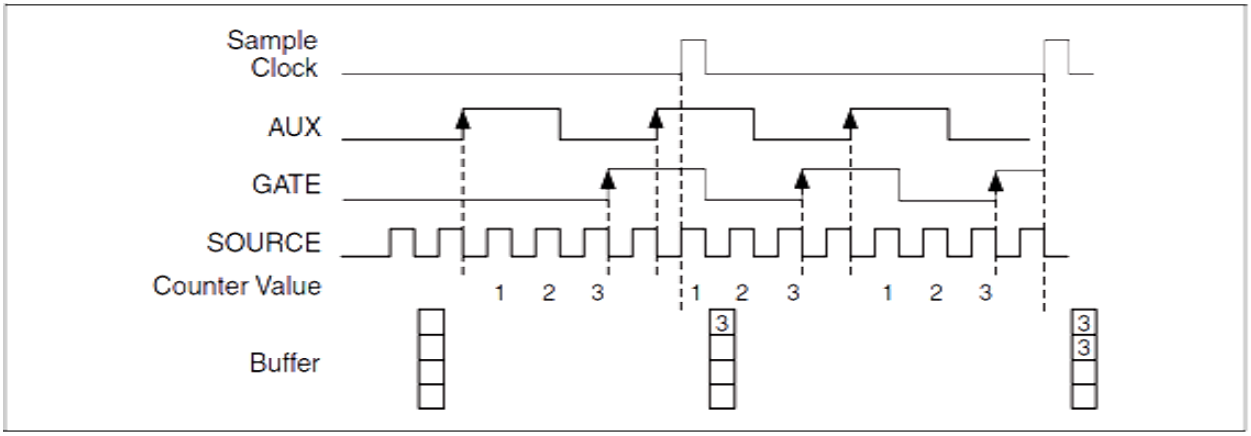


Рисунок 44. Буферизованное измерение разделения двух сигналов с помощью тактового сигнала

Sample Clock – Импульс синхронизации отсчетов, *AUX* – Вспомогательный сигнал, *GATE* – Сигнал разрешения счета, *SOURCE* – Источник, *Counter value* – Результат счета, *Buffer* – Буфер

Примечание: Если активный фронт сигнала на входе Gate и активный фронт сигнала на входе Aux не появились в период между импульсами синхронизации отсчетов, возвращается ошибка переполнения.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Приложения вывода данных с помощью счетчиков

В следующих разделах приведена информация о различных приложениях вывода данных с помощью счетчиков, реализуемых в NI c-DAQ 9188:

- *Простая генерация импульсов*
- *Генерация последовательности импульсов*
- *Генерация частот*
- *Деление частоты*
- *Генерация импульсов для равномерного квантования во времени*

Простая генерация импульсов

Обратитесь к следующим разделам для получения более подробной информации о режимах простой генерации импульсов с использованием NI cDAQ-9188:

- *Генерация единичного импульса*
- *Генерация единичного импульса по сигналу запуска Start Trigger*

Генерация единичного импульса

Счетчик может генерировать единичный импульс. Импульс формируется на внутреннем выходе счетчика *n*.

Можно задать задержку с момента запуска счетчика до начала импульса. Задержка измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source.

Можно задать длительность импульса. Длительность импульсов также измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source. Кроме того, вы можете задать активный фронт сигнала Source (положительный или отрицательный).

На рисунке 45 приведен пример генерации импульса с задержкой в четыре импульса и длительностью в три импульса (используется положительный фронт сигнала Source).

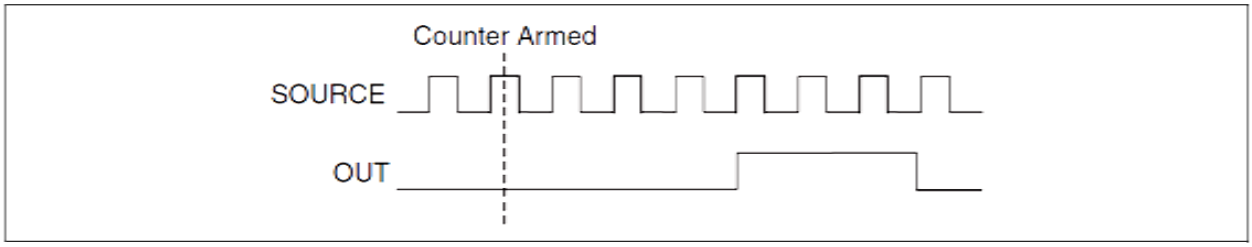


Рисунок 45. Генерация единичного импульса

Counter armed – Счетчик запущен, *SOURCE* – Источник, *OUT* – Выходной сигнал

Генерация единичного импульса по сигналу запуска Start Trigger

Счетчик может формировать единичный импульс в ответ на аппаратно сформированный сигнал Start Trigger. Импульс формируется на внутреннем выходе счетчика *n*.

Можно задать значение задержки между сигналом Start Trigger до начала формирования импульса. Кроме того, вы можете задать значение длительности импульса. Задержка измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source.

Можно задать длительность импульса. Длительность импульса также измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source. Кроме того, вы можете определить, какой фронт сигнала Source будет активным (положительный или отрицательный).

На рисунке 46 приведен пример генерации импульса с задержкой в четыре импульса и длительностью в три импульса (используется положительный фронт сигнала Source).

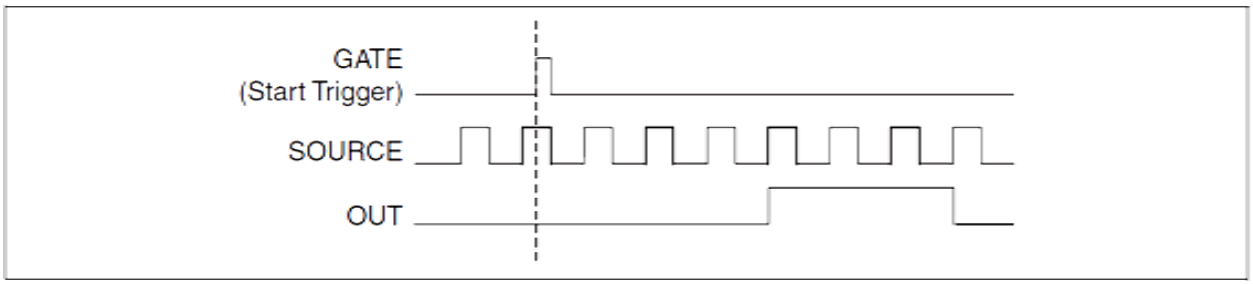


Рисунок 46. Генерация единичного импульса с использованием сигнала Start Trigger

GATE (Start Trigger) – Сигнал разрешения счета (Сигнал запуска), *SOURCE* – Источник, *OUT* – Выходной сигнал

Генерация последовательности импульсов

Для получения более подробной информации о режимах генерации последовательности импульсов при помощи NI cDAQ-9188 обратитесь к следующим разделам:

- *Генерация конечной последовательности импульсов*
- *Генерация импульса или последовательности импульсов с повторным запуском*
- *Генерация непрерывной последовательности импульсов*
- *Буферизованная генерация последовательности импульсов*
- *Неявная буферизованная генерация конечной последовательности импульсов*
- *Неявная буферизованная генерация непрерывной последовательности импульсов*
- *Буферизованная генерация конечной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов*
- *Буферизованная генерация непрерывной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов*

Генерация конечной последовательности импульсов

Эта функция позволяет генерировать последовательность импульсов с программируемой частотой и скважностью с заранее заданным количеством импульсов. В NI cDAQ-9188 первый счетчик генерирует заданную последовательность импульсов, а встроенный счетчик подсчитывает импульсы, сгенерированные первым счетчиком. Когда количество импульсов, насчитанное встроенным счетчиком, достигает заданного значения, он генерирует сигнал, который останавливает генерацию импульсов первого счетчика.

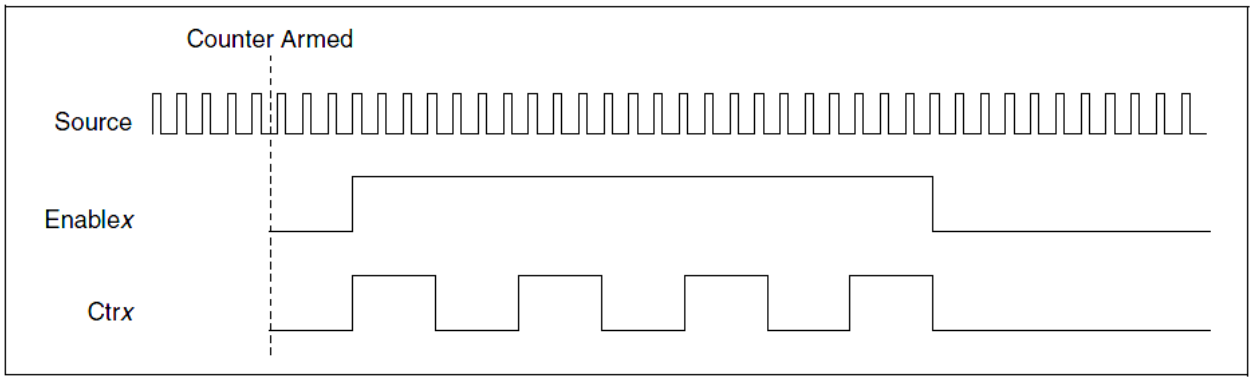


Рисунок 47. Генерация конечной последовательности импульсов: начальная задержка равна четырем тактам, длина последовательности – четыре импульса

Counter Armed – Счетчик запущен, *Source* – Источник, *Enable x* – Разрешающий сигнал x, *Ctr x* – Счетчик x

Генерация импульса или последовательности импульсов с повторным запуском

Счетчик может генерировать единичный импульс или множество импульсов в ответ на каждый аппаратно сформированный сигнал Start Trigger. Импульсы формируются на внутреннем выходе счетчика *n*.

Можно перенаправить сигнал Start Trigger на вход Gate счетчика. Можно задать значение задержки между сигналом Start Trigger и началом формирования каждого импульса. Кроме того, вы можете задать значение длительности импульса. Задержка и длительность импульса измеряются количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source. Значение начальной задержки может быть применено только к первому сигналу запуска или ко всем сигналам запуски при помощи свойства **CO.EnableInitalDelayOnRetrigger**. По умолчанию для единичного импульса значение этого свойства – TRUE, а для последовательности импульсов по умолчанию это значение равно FALSE.

Счетчик игнорирует сигналы на входе Gate до тех пор, пока идет генерация импульсов. После того, как генерация импульсов закончена, счетчик находится в состоянии ожидания следующего сигнала запуска Start Trigger, чтобы начать следующую генерацию импульсов. При генерации импульсов с повторным запуском применение сигнала паузы невозможно, поскольку сигнал паузы также использует вход Gate.

На рисунке 48 приведен пример генерации двух импульсов с задержкой, равной пяти, и длительностью, равной трем (используется положительный фронт сигнала Source), свойство **CO.EnableInitalDelayOnRetrigger** по умолчанию установлено равным TRUE.

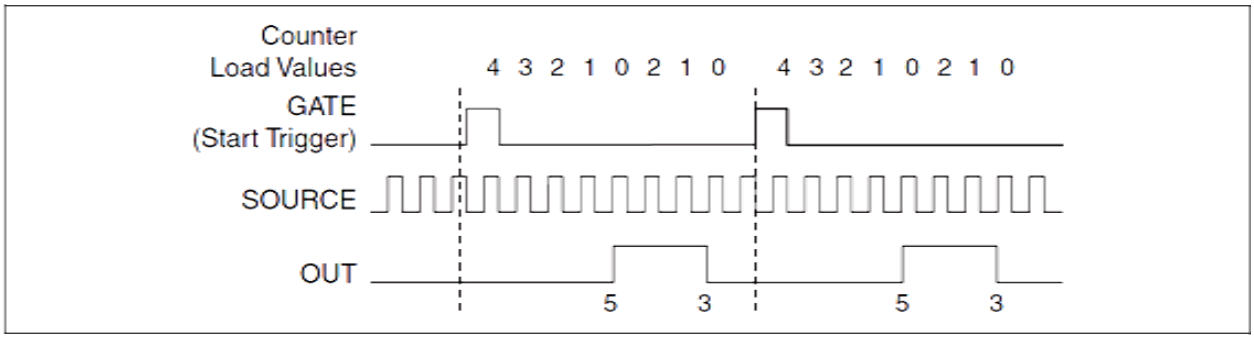


Рисунок 48. Генерация единичного импульса с повторным запуском и начальной задержкой

Counter Load Values – Загружаемые значения счетчика, *GATE (Start Trigger)* – Сигнал разрешения счета (Сигнал запуска), *SOURCE* – Источник, *OUT* – Выход

На рисунке 49 приведена та же самая последовательность импульсов, но значение свойства **CO.EnableInitalDelayOnRetrigger** равно FALSE.

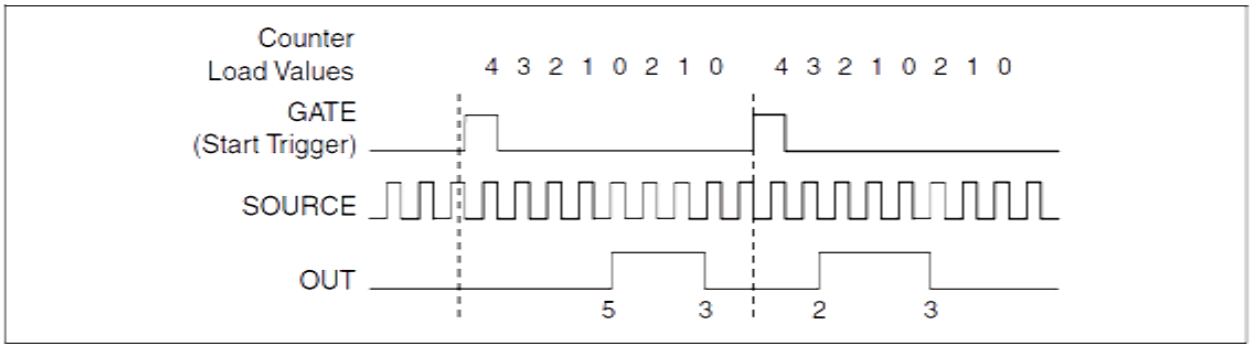


Рисунок 49. Генерация единичного импульса без повторного запуска

Counter Load Values – Загружаемые значения счетчика, *GATE (Start Trigger)* – Сигнал разрешения счета (Сигнал запуска), *SOURCE* – Источник, *OUT* – Выход

Примечание: Минимальное время между сигналом запуска и первым активным фронтом равно двум тактам сигнала на входе Source.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Генерация непрерывной последовательности импульсов

Эта функция позволяет генерировать последовательность импульсов с программируемой частотой и скважностью. Импульс формируется на внутреннем выходе счетчика *n*.

Можно задать значение задержки между моментом запуска счетчика до начала формирования импульса. Задержка измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source.

Вы можете задать длительность высокого и низкого уровней выходного сигнала. Эти параметры также измеряется количеством активных фронтов сигнала, поступающего на вход Source. Кроме того, вы можете определить, какой фронт сигнала Source будет активным (положительный или отрицательный).

Счетчик может начать генерацию последовательности импульсов, как только он будет запущен или аппаратному сигналу Start Trigger. Вы можете перенаправить сигнал Start Trigger на вход Gate счетчика.

Кроме того, вы можете использовать вход Gate счетчика в качестве входа для сигнала паузы (если он не использован для сигнала Start Trigger). Счетчик приостанавливает генерацию импульсов, когда сигнал паузы активен.

На рисунке 50 приведен пример генерации непрерывной последовательности импульсов (используется положительный фронт сигнала Source).

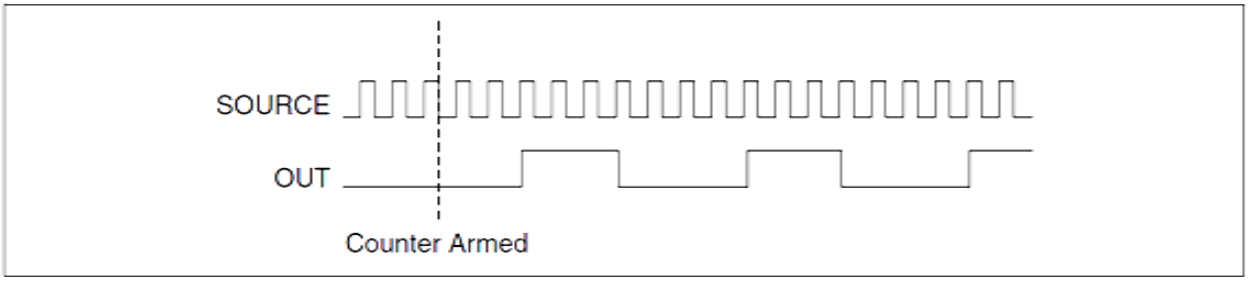


Рисунок 50. Генерация непрерывной последовательности импульсов

SOURCE – Источник, *OUT* – Выход

Генерация непрерывной последовательности импульсов иногда называется делением частот. Если предположить, что длительности высокого и низкого уровней импульса выходного сигнала равно M и N тактов соответственно, тогда частота сигнала, формируемого на внутреннем выходе счетчика n, равна частоте сигнала, поступающего на вход Source, деленная на $M + N$.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Буферизованная генерация последовательности импульсов

Счетчики NI cDAQ-9188 могут использовать FIFO для буферизованной генерации последовательности импульсов. Эта последовательность импульсов использует либо неявную синхронизацию, либо синхронизацию с использованием импульсов отсчетов. При использовании неявной синхронизации длительность паузы и длительность активной фазы импульса изменяются при каждом формировании отсчета. При синхронизации импульсами отсчетов длительность паузы и длительность активной фазы импульса обновляются по каждому фронту импульсов отсчетов. Длительность паузы и длительность активной фазы импульса могут быть определены в единицах частоты и скважности или количеством тактов паузы и активной фазы.

Примечание: При буферизированной генерации последовательности импульсов с неявной синхронизацией параметры функции DAQmx Create Counter Output Channel игнорируются, так что количество генерируемых импульсов определяется параметрами многоточечной записи. При буферизированной генерации последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов параметры функции DAQmx Create Counter Output Channel формируются в промежутке между запуском счетчика и появлением первого импульса отсчетов, так что количество генерируемых обновлений определяются параметрами многоточечной записи.

Неявная буферизованная генерация конечной последовательности импульсов

Эта функция позволяет генерировать заранее заданное количество импульсов с различной длительностью паузы и длительностью активной фазы импульса. При каждой записи генерируется единичный импульс. Количество записываемых пар значений длительности паузы и

длительности активной фазы импульса (характеристики импульса) определяют количество сгенерированных импульсов. Таким образом, формируемые друг за другом отсчеты образуют заданную пользователем последовательность импульсов.

В таблице 8 и на рисунке 51 проиллюстрирован пример генерации трех отсчетов с неявной синхронизацией.

Таблица 8. Неявная буферизованная генерация конечной последовательности импульсов

Отсчет	Такты паузы	Активные такты
1	2	2
2	3	4
3	2	2

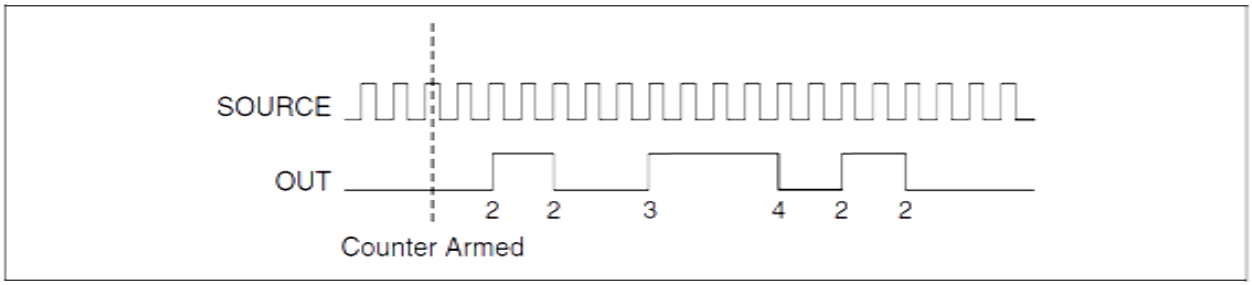


Рисунок 51. Неявная буферизованная генерация конечной последовательности импульсов

SOURCE – Источник, *OUT* – Выход, *Counter Armed* – Счетчик запущен

Неявная буферизованная генерация непрерывной последовательности импульсов

Эта функция позволяет генерировать непрерывную последовательность импульсов с различной длительностью паузы и длительностью активной фазы. При непрерывной генерации вместо того, чтобы прекратить генерацию после формирования заданного количества отсчетов, генерация продолжается до тех пор, пока операцию не будет остановлена. При каждой записи формируется единичный импульс. Формируемые друг за другом отсчеты образуют заданную пользователем последовательность импульсов.

Буферизованная генерация конечной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов

Эта функция позволяет генерировать заранее заданное количество обновляемых последовательностей импульсов. Каждая запись определяет характеристики импульсов, которые обновляются по каждому импульсу отсчетов. При этом завершается формирование текущего импульса (пауза и активная фаза импульса), а характеристики следующего импульса обновляются по следующему импульсу отсчетов.

Примечание: После формирования последнего импульса отсчета, формирование импульсов продолжается теми же характеристиками, пока не завершится задача.

В таблице 9 и на рисунке 52 проиллюстрирован пример генерации конечной последовательности импульсов по трем импульсам синхронизации отсчетов, характеристики генерируемых импульсов, заданные функцией создания каналов, следующие: два такта пауза, два такта активной фазы, три такта начальная задержка.

Таблица 9. Буферизованная генерация конечной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов

Отсчет	Такты ожидания	Активные такты
1	3	3
2	2	2
3	3	3

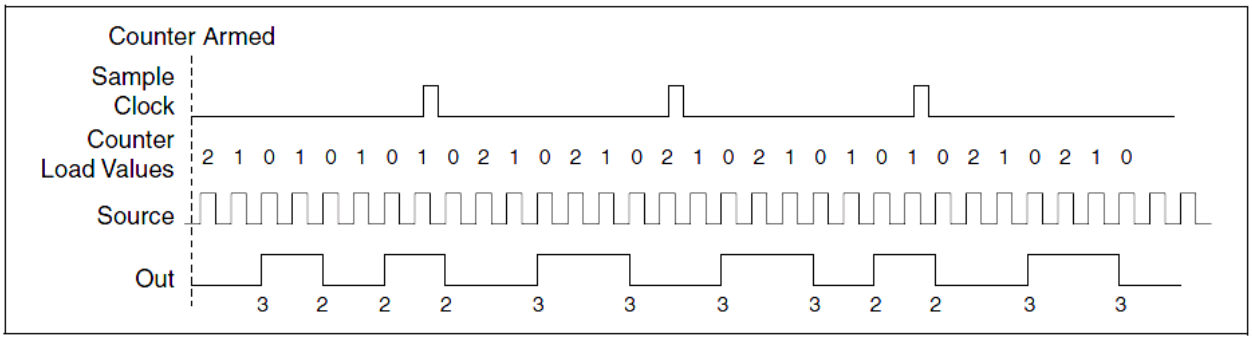


Рисунок 52. Буферизованная генерация конечной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов

Counter Armed – Счетчик запущен, *Sample Clock* – Сигнал синхронизации отсчетов, *Counter Load Values* – Загружаемые значения счетчика, *SOURCE* – Источник, *OUT* – Выход

Существует несколько способов непрерывной генерации, которые задают, какие данные будут записаны. Это следующие способы: режим регенерации, режим регенерации FIFO, режим без регенерации.

Регенерация – это повторная запись данных в буфер.

Режим стандартной регенерации – это когда данные из буфера компьютера непрерывно загружаются в FIFO для контрольного считывания. Новые данные могут быть записаны в буфер компьютера в любое время без прерывания вывода. В режиме регенерации FIFO весь буфер загружается в FIFO и регенерируется оттуда. После того, как данные загружены, новые данные не могут быть записаны в FIFO. Для того чтобы использовать режим регенерации FIFO размер буфера должен совпадать с размером FIFO. Преимущество применения режима регенерации FIFO в том, что после того, как начался вывод, не требуется обмен данными с памятью компьютера, таким образом, предотвращаются любые проблемы, которые могут возникнуть из-за чрезмерного трафика шины.

В режиме без регенерации старые данные не повторяются. Новые данные должны непрерывно записываться в буфер. Если программа не записывает новые данные в буфер на достаточно высокой скорости для того, чтобы поддерживать генерацию, возникает ошибка из-за опустошения буфера.

Буферизованная генерация непрерывной последовательности импульсов с синхронизацией импульсами отсчетов

Эта функция позволяет генерировать непрерывную последовательность импульсов с различной длительностью паузы и длительностью активной фазы. При непрерывной генерации вместо того, чтобы прекратить генерацию после формирования заданного количества отсчетов, генерация продолжается до тех пор, пока операцию не будет остановлена. Каждая запись определяет характеристики импульсов, которые обновляются по каждому импульсу отсчетов. При этом завершается формирование текущего импульса, а характеристики следующего импульса обновляются по следующему импульсу отсчетов.

Генерация частот

Вы можете сгенерировать частоту, используя счетчик в режиме генерации последовательности импульсов или используя блок генерации частот, как это описано в разделе *Применение генератора частот*.

Применение генератора частот

Генератор частот может формировать на выходе импульсы прямоугольной формы с различными частотами. Генератор частот не зависит от четырех модулей 32-битных таймеров/счетчиков общего назначения в NI cDAQ-9188.

На рисунке 53 приведена блок-схема генератора частот.

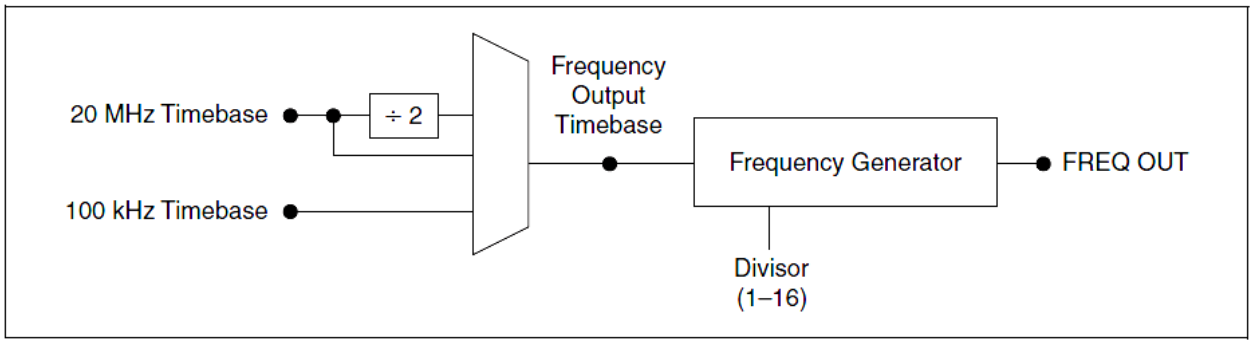


Рисунок 53. Структурная схема частотного генератора

Timebase – Опорная частота, *Frequency Output Timebase* – Выход опорных частот, *Frequency Generator* – Генератор частот, *Divisor (1-16)* – Делитель (1-16), *FREQ OUT* – Выход частот

Генератор частот формирует сигнал различных частот, который получается делением выходной опорной частоты (Frequency Output Timebase) на выбранное число – от 1 до 16. Сигнал Frequency Output Timebase может быть сигналом опорной частоты 20МГц, этим же сигналом, с частотой деленной на 2 или сигналом опорной частоты 100 кГц.

Скважность импульсов на выходе FREQ OUT – 50 %, если делитель равен 1 или четному числу. Для нечетного значения предположим, что делитель равен D. В этом случае низкий уровень сигнала FREQ OUT удерживается в течение (D + 1)/2 тактов, а высокий уровень – в течение (D – 1)/2 тактов импульсов опорной частоты.

На рисунке 54 показан выходной сигнал генератора частот с делителем 5.

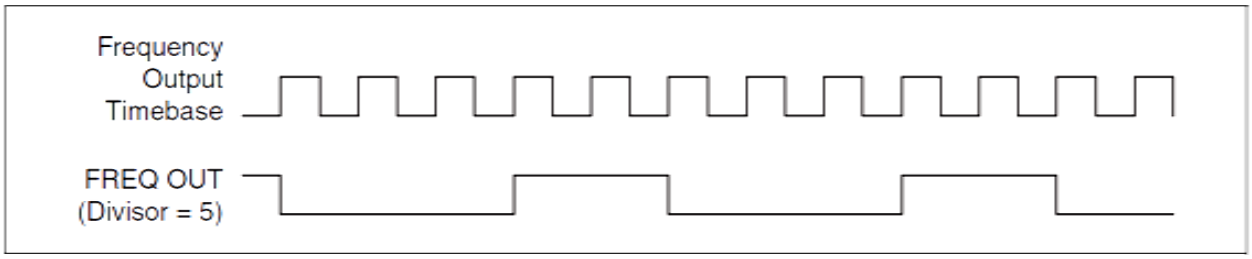


Рисунок 54. Выходной сигнал генератора частот

Frequency Output Timebase – Выход опорных частот, *FREQ OUT (Divisor = 5)* – Выход частот (Делитель = 5)

Выходной сигнал FREQ OUT может быть направлен на любой PFI-контакт. Все контакты PFI при запуске устанавливаются в высокоимпедансное состояние. Сигнал FREQ OUT может быть также направлен для использования в качестве многих внутренних сигналов синхронизации.

Программно настройте генератор частот таким же образом, как вы бы хотели настроить один из счетчиков на генерацию последовательности импульсов.

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию.*

Деление частоты

Счетчики могут генерировать сигнал с частотой, равной частному от деления входного сигнала. Эта функция эквивалентна генерации непрерывной последовательности импульсов. Для получения более подробной информации обратитесь в раздел *Генерация непрерывной последовательности импульсов (Continuous Pulse Train Generation).*

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию.*

Генерация импульсов для равномерной дискретизации сигналов

В приложении с равномерной дискретизацией сигналов счетчик формирует импульс на выходе с заданной задержкой после активного фронта сигнала на входе Gate. После каждого активного фронта сигнала на входе Gate счетчик отсчитывает путем накопления заданное значение задержки между сигналом на входе Gate и выходным импульсом. Таким образом, задержка между сигналом на входе Gate и сформированным импульсом постепенно возрастает.

Шаг увеличения значения задержки возможен в диапазоне между 0 и 255. Например, если вы зададите значение инкремента, равным 10, задержка между активным фронтом сигнала на входе Gate и выходным импульсом будет возрастать на 10 каждый раз при формировании нового импульса.

Предположим, что вы запрограммировали счетчик на генерацию импульсов с задержкой 100 и длительностью импульса 200 каждый раз, когда он получает сигнал запуска. Кроме того, предположим, что вы задали инкремент задержки, равным 10. При первом сигнале запуска задержка импульса будет равна 100, при втором 110, при третьем 120; процедура будет повторяться до тех пор, пока счетчик не будет остановлен. Счетчик игнорирует любой фронт сигнала на входе Gate до тех пор, пока формируется импульс, запущенный предыдущим фронтом сигнала на входе Gate.

Таким образом, сигнал, получаемый на выходе счетчика, может быть использован для синхронизации в приложениях с субдискретизацией, где система оцифровки может брать отсчеты повторяющихся сигналов с частотой большей, чем частота Найквиста. На рисунке 55 приведен пример генерации импульсов для равномерной дискретизации; задержка между сигналом запуска и импульсом увеличивается после каждого следующего активного фронта сигнала на входе Gate.

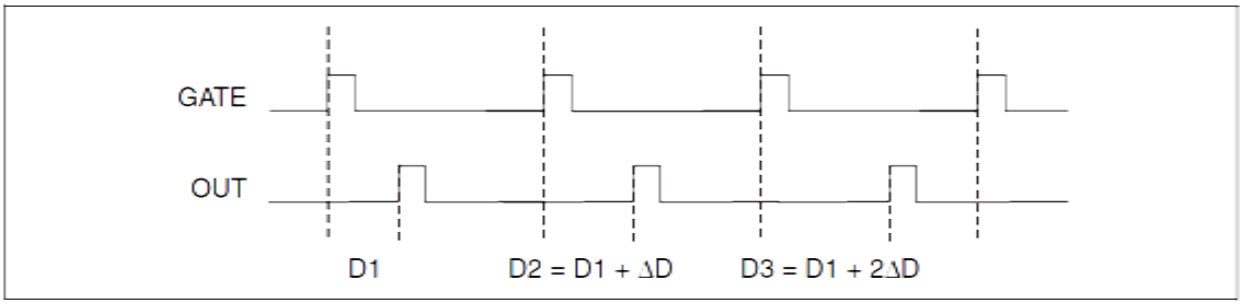


Рисунок 55. Генерация импульсов для равномерной дискретизации

GATE – Сигнал разрешения счета, *OUT* – Выход

Для получения информации о подключении сигналов счетчика обратитесь к разделу *Подключение счетчика/таймера по умолчанию*.

Сигналы синхронизации счетчиков

В NI cDAQ-9188 определены следующие сигналы синхронизации счетчиков:

- *Counter n Source Signal (Источник сигнала для счетчика n)*
- *Counter n Gate Signal (Сигнал разрешения счета счетчика n)*
- *Counter n Aux Signal (Вспомогательный сигнал счетчика n)*
- *Counter n A Signal (Сигнал A счетчика n)*
- *Counter n B Signal (Сигнал B счетчика n)*
- *Counter n Z Signal (Сигнал Z счетчика n)*
- *Counter n Up_Down Signal (Сигнал сложения/вычитания счетчика n)*

- *Counter n HW Arm Signal (Аппаратный сигнал запуска счетчика n)*
- *Counter n Sample Clock Signal (Сигнал синхронизации отсчетов счетчика n)*
- *Counter n Internal Output Signal (Сигнал с внутреннего выхода счетчика n)*
- *Counter n TC Signal (Сигнал переноса счетчика n)*
- *Frequency Output Signal (Сигнал выхода частот)*

Примечание: Все сигналы синхронизации счетчика могут быть отфильтрованы.

В данном разделе *n* в счетчиках NI cDAQ-9188 принимает значение 0, 1, 2 или 3. Например, сигнал Counter *n* Source относится к четырем сигналам – Counter *0* Source (вход источника для счетчика 0), Counter *1* Source (вход источника для счетчика 1), Counter *2* Source (вход источника для счетчика 2) или Counter *3* Source (вход источника для счетчика 3).

Каждый из этих сигналов поддерживает цифровую фильтрацию.

Сигнал источника счетчика *n*

Выбранный фронт сигнала источника счетчика *n* (Counter *n* Source) инкрементирует и декрементирует значение счетчика в зависимости от выполняемого приложения. В таблице 10 приведен список используемых в различных приложениях контактов источников сигналов.

Таблица 10. Приложения счетчиков и выход источника *n*

Приложение	Назначение контакта источника сигнала
Генерация импульсов	Опорная частота для счетчиков (Counter Timebase)
Измерение времени с использованием одного счетчика	Опорная частота для счетчиков (Counter Timebase)
Измерение времени с использованием двух счетчиков	Вход (Input Terminal)
Подсчет фронтов без буферизации	Вход (Input Terminal)
Подсчет фронтов с буферизацией	Вход (Input Terminal)
Управление двумя фронтами	Опорная частота для счетчиков (Counter Timebase)

Маршрутизация сигнала на вход источника (Counter *n* Source)

Каждый счетчик имеет независимый переключатель для входного сигнала Counter *n* Source. Любой из следующих сигналов может быть направлен на вход Counter *n* Source:

- Опорная частота 80 МГц
- Опорная частота 20 МГц
- Опорная частота 100 кГц

- Любой контакт PFI
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)
- Событие обнаружения изменений (Change Detection Event)

Кроме того, выводы переноса (TC) или разрешения счета (Gate) счетчика могут быть направлены на разные источники счетчика.

Некоторые из этих настроек могут быть недоступны в некоторых программных драйверах.

Маршрутизация сигнала Counter *n* Source на выходной контакт PFI

Вы можете перенаправить выходной сигнал Counter *n* Source на любой контакт PFI.

Сигнал разрешения счета Counter *n* Gate

Сигнал разрешения счета Counter *n* Gate может быть использован для выполнения множества различных операций в зависимости от приложения, включая запуск и остановку счетчиков, а также сохранение значения счетчика.

Маршрутизация сигнала на вход Counter *n* Gate

Каждый счетчик имеет независимый переключатель для входного сигнала Counter *n* Gate. Любой из следующих сигналов может быть направлен на вход Counter *n* Gate:

- Любой контакт PFI
- Опорный сигнал запуска аналогового ввода (ai/ReferenceTrigger)
- Сигнал запуска аналогового ввода (ai/StartTrigger)
- Сигнал синхронизации отсчетов для аналогового вывода (ao/SampleClock)
- Сигнал синхронизации отсчетов для цифрового ввода (di/SampleClock)
- Опорный сигнал запуска цифрового ввода (di/ReferenceTrigger)
- Сигнал синхронизации отсчетов для цифрового вывода (do/SampleClock)
- Событие обнаружения изменений (Change Detection Event)
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)

Кроме того, внутренний выход счетчика или сигнал источника может быть направлен на любой вход разрешения счета.

Некоторые из этих настроек могут быть не доступны в некоторых программных драйверах.

Маршрутизация сигнала Counter *n* Gate на выходной контакт PFI

Вы можете перенаправить сигнал Counter *n* Gate на любой контакт PFI.

Вспомогательный сигнал счетчика n

Вспомогательный сигнал счетчика *n* (Counter n Aux Signal) используется для первого фронта при измерениях с управлением по разным фронтам двух сигналов.

Маршрутизация сигнала на вспомогательный вход (Counter n Aux Signal)

Каждый счетчик имеет независимый переключатель для вспомогательного сигнала Counter n Aux Signal. Любой из следующих сигналов может быть перенаправлен на вход Counter n Aux Signal:

- Любой контакт PFI
- Опорный сигнал запуска аналогового ввода (ai/ReferenceTrigger)
- Сигнал запуска аналогового ввода (ai/StartTrigger)
- Событие обнаружения изменений (Change Detection Event)
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)

Кроме того, внутренний выход счетчика, сигнал разрешения счета или сигнал источника может быть перенаправлен на любой вспомогательный вход счетчика. Собственный сигнал разрешения счета также может быть направлен на вспомогательный вход.

Некоторые из этих настроек могут быть недоступны в некоторых программных драйверах.

Сигналы A, B и Z счетчика *n*

Сигнал B счетчика *n* управляет направлением счета в приложениях счета фронтов. Входы A, B и Z каждого счетчика применяются при измерениях с использованием квадратурных или двухимпульсных энкодеров.

Маршрутизация сигналов на входы A, B и Z счетчика

Каждый счетчик имеет независимый переключатель для любого из входов A, B или Z. Любой из следующих сигналов может быть перенаправлен на любой из этих входов:

- Любой контакт PFI
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)

Маршрутизация сигнала Z счетчика *n* на выходной контакт PFI

Вы можете перенаправить сигнал Z счетчика *n* на любой контакт PFI.

Сигнал Up_Down счетчика *n*

Сигнал Up_Down счетчика *n* – это другое название сигнала B счетчика *n*.

Аппаратный сигнал запуска счетчика *n*

Аппаратный сигнал запуска счетчика *n* разрешает выполнять ввод или вывод данных.

Для того, чтобы начать ввод или вывод данных предварительно необходимо разрешить или запустить счетчик. В некоторых приложениях, таких, как буферизированный счет фронтов, счет начинается с момента запуска. В других приложения, таких, как однократное измерение длительности импульса, после запуска счетчик ожидает прихода сигнала на вход Gate. Операции вывода данных могут использовать сигнал запуска счетчика в дополнении к сигналу запуска начала операции.

Счетчик можно запустить командой программы или настроить счетчик на запуск по аппаратному сигналу запуска. В программе этот аппаратный сигнал называется сигналом Arm Start Trigger. Программа направляет сигнал Arm Start Trigger на аппаратный вход запуска счетчика (Counter *n* HW Arm).

Маршрутизация сигналов на вход Counter *n* HW Arm

Любой из следующих сигналов может быть перенаправлен на аппаратный вход запуска счетчика *n*:

- Любой контакт PFI
- Опорный сигнал запуска аналогового ввода (ai/ReferenceTrigger)
- Сигнал запуска аналогового ввода (ai/StartTrigger)
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)
- Событие обнаружения изменений (Change Detection Event)

Сигнал с внутреннего выхода счетчика может быть направлен на любой аппаратный вход Counter *n* HW Arm.

Некоторые из этих настроек могут быть недоступны в некоторых программных драйверах.

Сигнал синхронизации отсчетов Counter *n* Sample Clock

Сигнал синхронизации отсчетов счетчика *n* (Ctr*n*SampleClock) применяется для синхронизируемого сбора или генерации данных.

Можно задать внутренний или внешний источник сигнала Counter *n* Sample Clock. Кроме того, вы можете указать, по какому фронту начинается отсчет – по положительному или по отрицательному фронту этого сигнала.

Если NI cDAQ-9188 получает сигнал Counter *n* Sample Clock, когда блок памяти FIFO заполнен, то формируется ошибка переполнения, которая передается в программу компьютера.

Использование внутреннего источника

Для использования внутреннего источника сигнала синхронизации отсчетов счетчика *n* необходимо указать источник сигнала и полярность сигнала. В качестве источника могут быть использованы любые из следующих сигналов:

- Сигнал синхронизации отсчетов при цифровом вводе (di/SampleClock)
- Сигнал синхронизации отсчетов при цифровом выводе (do/SampleClock)
- Сигнал синхронизации отсчетов при аналоговом вводе (ai/SampleClock, te0/SampleClock, te1/SampleClock)
- Сигнал запуска преобразования при аналоговом вводе (ai/ConvertClock)
- Сигнал синхронизации отсчетов при аналоговом выводе (ao/SampleClock)
- Выход схемы обнаружения изменений при цифровом вводе (DI Change Detection)

Несколько других внутренних сигналов могут быть направлены на вход Counter *n* Sample Clock через внутренние цепи. Для получения более подробной информации обратитесь к разделу *Device Routing in MAX (Устройство маршрутизации в MAX)* справочной системы *NI-DAQmx Help* или к справочной системе *LabVIEW Help*.

Использование внешнего источника

Вы можете использовать любой из следующих сигналов в качестве тактового сигнала Счетчика *n*:

- Любой контакт PFI
- Событие аналогового сравнения (Analog Comparison Event)

Можно собирать данные по положительному или по отрицательному фронту сигнала Counter *n* Sample Clock.

Маршрутизация сигнала Counter *n* Sample Clock на выходной контакт

Вы можете направить сигнал Counter *n* Sample Clock на любой контакт PFI. Схема PFI инвертирует этот сигнал до передачи его на контакт PFI.

Внутренний выход счетчика *n* и сигнал переноса (Counter *n* TC Signal)

Сигнал с внутреннего выхода счетчика *n* изменяется по сигналу переноса счетчика *n*. Существует два программно выбираемых варианта: вывод импульса и переключение выхода переноса (TC). Полярность вывода программно настраивается для обоих вариантов.

В задачах генерации импульса или последовательности импульсов счетчик формирует импульс (импульсы) на внутреннем выходе счетчика *n* (Counter *n* Internal Output). Сигнал с этого выхода может быть перенаправлен внутренней схемой на вход счетчика/таймера или для использования в

качестве «внешнего» источника тактовых импульсов для операций аналогового ввода, аналогового вывода, цифрового ввода или цифрового вывода.

Маршрутизация сигнала с внутреннего выхода счетчика *n* на выход

Вы можете направить сигнал с внутреннего выхода счетчика *n* на любой контакт PFI.

Сигнал выхода частот

Сигнал выхода частот (FREQ OUT) – это выходной сигнал генератора частот.

Маршрутизация сигнала выхода частот на контакт PFI

Вы можете направить сигнал выхода частот на любой контакт PFI.

Подключение счетчика/таймера по умолчанию

Сигналы счетчика/таймера предназначены для согласованной работы цифровых модулей ввода/вывода C серии. Для определения вариантов маршрутизации сигналов модулей, установленных в вашей системе, перейдите на закладку **Device Routes (Связи устройства)** в MAX.

Можете использовать настройки по умолчанию или выбрать другие источники и адреса назначения для сигналов счетчиков/таймеров в NI-DAQmx. Для получения подробной информации о подключении сигналов для типовых схем измерений и генерации с помощью счетчика обратитесь к разделу *Connecting Counter Signals (Подключение сигналов счетчика)* в справочной системе *NI-DAQmx Help* или справочной системе *LabVIEW Help*. Линии PFI, используемые по умолчанию в NI cDAQ-9188 для выполнения функций счетчиков, перечислены в разделе *Physical Channels (Физические каналы)* справочной системы *NI-DAQmx Help* или в справочной системе *LabVIEW Help*.

Запуск счетчиков

Счетчики поддерживают три разных способа запуска:

- **Arm Start Trigger (Активация запуска операции)** – чтобы начать какую-либо операцию ввода или вывода, реализуемую счетчиком, сначала необходимо разрешить или активировать счетчик. Счетчик можно активировать программно или по аппаратному сигналу. В программе этот аппаратный сигнал называется сигналом Arm Start Trigger. Программа направляет сигнал Arm Start Trigger на аппаратный вход запуска счетчика (Counter *n* HW Arm).

  Для операций вывода, реализуемых счетчиком, этот сигнал может служить дополнением к сигналу запуска или к сигналу паузы. Для операций ввода, реализуемых счетчиком, сигнал Arm Start Trigger

применяется для начала работы с имитацией сигнала запуска. Активация запуска операции может быть использована для синхронизации нескольких задач ввода или вывода, реализуемых счетчиком.

При активации запуска операции источник сигнала Arm Start Trigger направляется на аппаратный вход Counter *n* HW Arm.

- **Start Trigger (Запуск операции)** – для операций вывода, реализуемых счетчиком, запуск операции может быть настроен на начало генерации конечного числа импульсов или на начало непрерывной генерации импульсов. Непрерывная генерация импульсов будет продолжаться до тех пор, пока вы не остановите эту операцию программно. При генерации заданного числа импульсов операция будет остановлена, если не применен атрибут перезапуска. С этим атрибутом генерация возобновляется при поступлении последующих сигналов запуска.

  При запуске операции источник сигнала запуска направляется на вход разрешения счета (Counter n Gate). Операции ввода, реализуемые счетчиком, могут использовать запуск операции для начала работы аналогично тому, как это происходит по сигналу запуска (Start Trigger).
- **Pause Trigger (Пауза)** – Сигналы паузы применяются в приложениях подсчета фронтов и в приложениях непрерывной генерации импульсов. При счете фронтов счетчик останавливает счет при низком уровне сигнала и возобновляет счет при возврате высокого уровня сигнала, или наоборот. При непрерывной генерации импульсов счетчик также приостанавливает генерацию импульсов при низком уровне сигнала и возобновляет счет при возврате высокого уровня сигнала, или наоборот.

  При использовании сигнала паузы источник сигнала паузы направляется на вход разрешения счета (Counter n Gate).

Другие возможности счетчиков

В следующих разделах рассмотрены другие возможности счетчиков, доступные в NI cDAQ-9188.

Каскадирование счетчиков

Сигнал с внутреннего выхода и сигнал переноса каждого счетчика n можно направить по внутренним цепям на вход Gate другого счетчика. Каскадным соединением двух счетчиков можно эффективно создать 64-битный счетчик. Каскадируя счетчики можно также создавать другие приложения. Например, для увеличения точности измерения частоты используйте взаимное измерение частоты, как это описано в разделе *Измерение частот в широком диапазоне с использованием двух счетчиков*.

Предварительное деление частоты

Предварительное деление частоты позволяет счетчику работать с более высокочастотными сигналами, чем максимальная опорная частота счетчика. В NI cDAQ-9188 возможно предварительное деление частоты 8X и 2X для каждого счетчика (этот режим можно запретить). Каждый делитель частоты состоит из маленького, простого счетчика, который делит на восемь (или на

два). Этот счетчик более быстродействующий, чем большие счетчики, которые просто подсчитывают количество переполнений маленького счетчика. Таким образом, предварительный делитель частоты действует как делитель частоты источника и формирует частоту, которая является одной восьмой (или одной второй) от исходной, как это показано на рисунке 56.

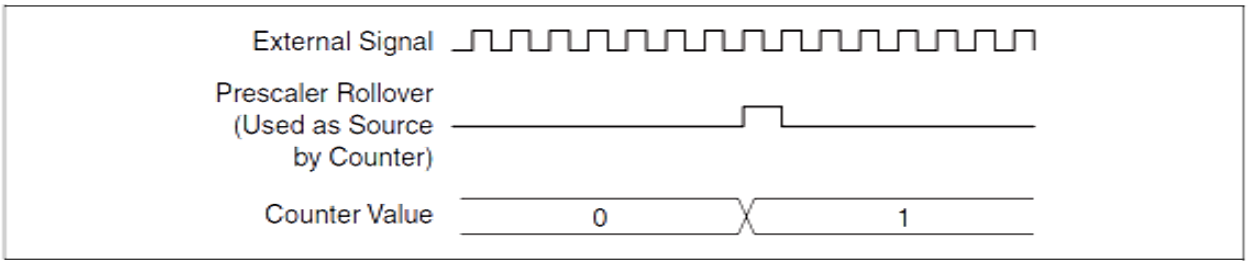


Рисунок 56. Предварительное деление частоты

External Signal – Внешний сигнал, *Prescaler Rollover (Used as Source by Counter)* – Переполнение делителя частоты (используется в качестве источника для счетчика), *Counter Value* – Значение счетчика

Предварительное деление частоты предназначено для измерения частоты непрерывного периодического сигнала. Значения счетчика предделителя частоты не могут быть считаны; поэтому невозможно определить, сколько фронтов исходного сигнала появилось с момента предыдущего переполнения. Предварительное деление частоты может применяться для подсчета в случае, если допустима ошибка до семи (или до одного) тактов. А также в случае, когда источником является внешний сигнал. Предварительное деление частоты невозможно, когда источником является одна из опорных частот (80МГц, 20 МГц или 100 кГц).

Режимы синхронизации

32-разрядный счетчик считает на сложение или вычитание синхронно с сигналом источника. Сигнал разрешения счета и другие входы счетчика асинхронны по отношению к сигналу источника, поэтому NI cDAQ-9188 синхронизирует эти сигналы до их передачи на внутренний счетчик.

В зависимости от того, каким образом вы настроили ваше устройство, NI cDAQ-9188 использует один из двух режимов синхронизации:

- *Режим для источника частотой 80МГц*
- *Внешний или внутренний источник с частотой меньшей, чем 20 МГц*

Режим для источника частотой 80 МГц

В режиме 80МГц устройство синхронизирует сигналы по положительному фронту источника и считает по третьему положительному фронт источника. Фронты конвейеризируются, поэтому импульсы не теряются (рисунок 57).

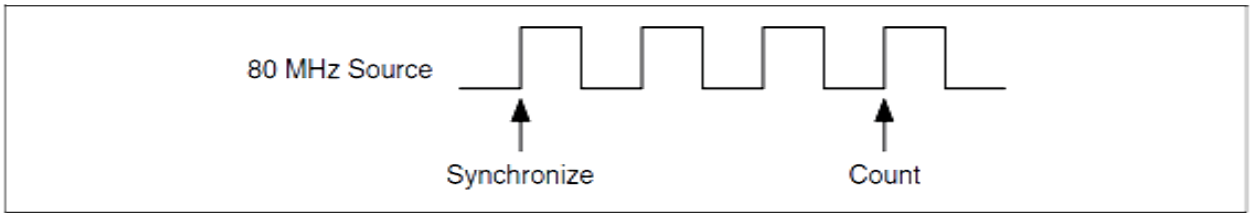


Рисунок 57. Режим 80 МГц частоты источника

80 MHz Source – 80 МГц источник, *Synchronize* – Синхронизация, *Count* - Счет

Внешний или внутренний источник с частотой меньшей, чем 20 МГц

При работе с внешним или внутренним источником с частотой меньшей, чем 20 МГц, устройство задерживает сигнал источника на несколько наносекунд. Устройство синхронизирует сигнал по положительному фронту задержанного сигнала источника и считает следующие положительные фронты источника, как это показано на рисунке 58.

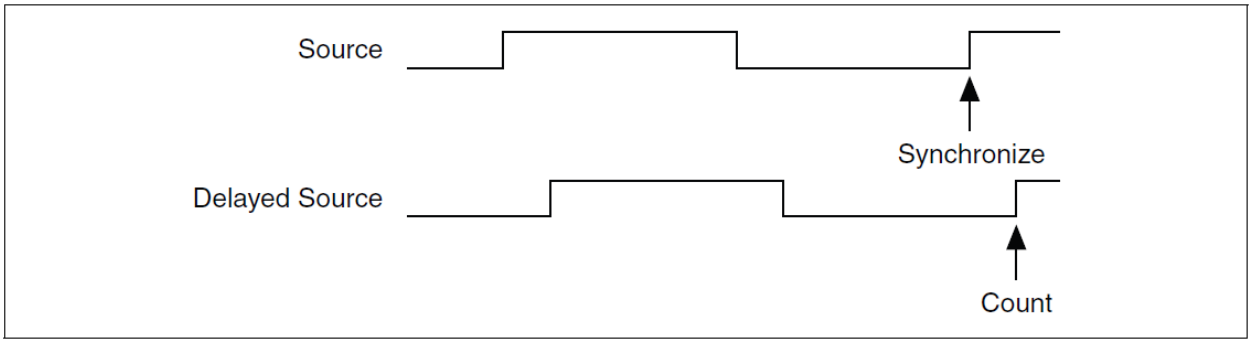


Рисунок 58. Внешний или внутренний источник с частотой, меньшей 20 МГц

Source – Сигнал источника, *Delayed Source* – Сигнал источника с задержкой, *Synchronize* – Синхронизация, *Count* – Счет

Цифровая маршрутизация и генерация тактовых импульсов

Схема цифровой маршрутизации выполняет следующие функции:

- Управление потоком данных между интерфейсом шины и подсистемами сбора/генерации данных (аналоговый ввод, аналоговый вывод, цифровой ввод/вывод и счетчики). В схеме цифровой маршрутизации применяется FIFO (если есть) для гарантированной передачи данных каждой подсистемы.
- Маршрутизация сигналов синхронизации и управления. Подсистемы сбора/генерации данных используют эти сигналы для управления операциями сбора и генерации данных. Эти сигналы могут приходить от следующих источников:
  - От модулей ввода/вывода C серии
  - От пользовательского входа через контакты PFI при использовании цифровых модулей ввода/вывода C серии с аппаратной синхронизацией или через контакты PFI шасси NI cDAQ-9188.

- Маршрутизация и генерация главных сигналов синхронизации для шасси NI cDAQ-9188. Для того, чтобы определить маршрутизацию сигналов для модулей ввода/вывода C серии, установленных в NI cDAQ-9188, перейдите на закладку **Device Routes (Связи устройства)** в MAX.

Маршрутизация сигнала синхронизации

На рисунке 59 приведена схема маршрутизации сигналов синхронизации в шасси NI cDAQ-9188.

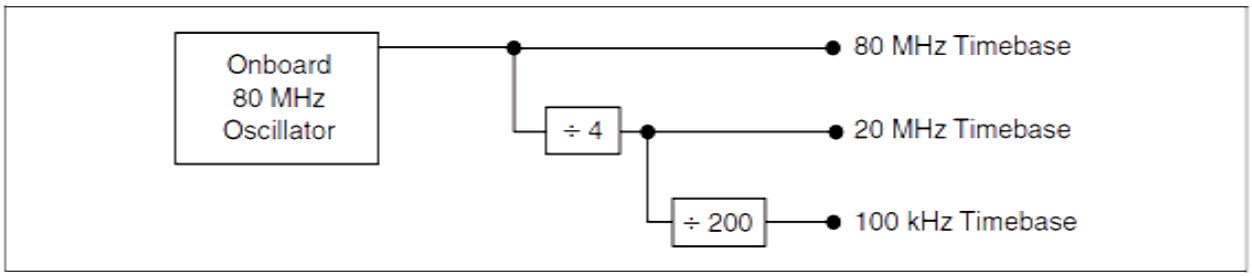


Рисунок 59. Схема маршрутизации сигналов синхронизации в NI cDAQ-9188

Onboard 80 MHz Oscillator – Встроенный 80 МГц генератор, *80 MHz Timebase* – Опорная частота 80 МГц, *20 MHz Timebase* – Опорная частота 20 МГц, *100 kHz Timebase* – Опорная частота 100 кГц

Опорная частота 80 МГц

Можно использовать опорную частоту 80 МГц в качестве входного сигнала для входа Source 32-разрядных счетчиков/таймеров общего назначения.

Опорная частота 80 МГц может быть сформирована из импульсов встроенного генератора.

Опорная частота 20МГц

Опорная частота 20 МГц обычно используется для формирования сигналов синхронизации аналогового ввода и аналогового вывода. Она может служить в качестве входного сигнала для входа Source 32- разрядных счетчиков/таймеров общего назначения.

Опорная частота 20 МГц формируется путем деления опорной частоты 80 МГц (рисунок 59).

Опорная частота 100 кГц

Опорную частоту 100 кГц можно использовать для формирования сигналов синхронизации аналогового ввода и аналогового вывода. Она может также служить в качестве входного сигнала источника для входа Source 32-разрядных счетчиков/таймеров общего назначения.

Опорная частота 100 кГц формируется путем деления опорной частоты 20 МГц на 200 (рисунок 59).

Технические характеристики

Данные технические характеристики относятся только к шасси NI cDAQ-9188. Эти технические характеристики действительны при температуре 25 °C, если не указано иное. Для получения технических характеристик модулей ввода/вывода C серии обратитесь к документации на используемые вами модули ввода/вывода C серии.

Аналоговый ввод

Размер FIFO ……..…….	127 отсчетов на слот
Частота дискретизации[1]	
Максимальная……	Определяется модулем ввода/вывода C серии
Погрешность синхронизации[2]……...	50 ppm от частоты дискретизации
Временное разрешение[2]……..	12.5 нс
Количество поддерживаемых каналов	Определяется модулями ввода/вывода C серии

Аналоговый вывод

Количество поддерживаемых каналов	
В задачах с аппаратной синхронизацией и встроенной регенерацией ……..……	16
В задачах с аппаратной синхронизацией и без встроенной регенерации ……	Определяется модулем ввода/вывода C-серии
В задачах без аппаратной синхронизации……...	Определяется модулем ввода/вывода C-серии
Максимальная скорость обновления	
С регенерацией……	1.6 миллионов выборок в секунду (в режиме агрегатирования, многоканальных)
Без регенерации……..	Определяется модулем ввода/вывода C-серии
Погрешность синхронизации	50 ppm от частоты дискретизации
Временное разрешение	12.5 нс

[1] Зависит от типа установленных модулей ввода/вывода C серии и количества каналов в задаче

[2] Не включает групповую задержку. Для получения более подробной информации обратитесь к документации на модуль ввода/вывода C серии

Размер FIFO	
Со встроенной регенерацией……	8191 отсчет на все каналы
Без регенерации…….	127 отсчетов на слот
Режимы формирования сигналов …….	Непериодический сигнал, периодический сигнал с регенерацией из встроенной памяти, периодическая регенерация сигнала из буфера компьютера, в т.ч. с динамическим обновлением

Характеристики цифровых сигналов

FIFO для ввода цифровых сигналов (DI)……..	127 отсчетов на слот
FIFO для генерации цифровых сигналов (DO)……	

Примечание: Если модули установлены в слоты 1-4, размер FIFO – 2047 отсчетов на слот для всех слотов. Если какой-либо модуль установлен в слоты 5-8, размер FIFO – 1023 отсчета на слот для всех восьми слотов.

Слот 1-4……..	2,047 отсчетов
Слот 5-8……..	1,023 отсчетов
Частота сигнала синхронизации для цифрового ввода	
Потоковая передача в память приложения……	Зависит от системы
В режиме ввода конечного числа отсчетов……..	От 0 до 10 МГц
Частота сигнала синхронизации для цифрового вывода	
Потоковая передача из памяти приложения……	Зависит от системы
Регенерация из FIFO…….	От 0 до 10 МГц
В режиме вывода конечного числа отсчетов ……..	От 0 до 10 МГц
Источник сигнала синхронизации цифрового ввода или вывода	Любая PFI-линия, сигнал синхронизации отсчетов или преобразования операции аналогового ввода, сигнал синхронизации отсчетов операции аналогового вsвода, внутренний выход счетчика *n* и многие другие источники

Счетчики/таймеры общего назначения

Количество счетчиков/таймеров……...	4
Разрешающая способность……	32 бита
Измерения с помощью счетчиков…….	Счет фронтов, импульсов, измерения полупериода, периода, с управлением двумя сигналами, длительности импульса
Измерение перемещений ……..	Квадратурный энкодер X1, X2, X4 с перезагрузкой по каналу Z, двухимпульсный энкодер
Приложения вывода ……..	Импульсы, последовательности импульсов с динамическим обновлением, деление частоты, равномерная дискретизация
Внутренние опорные сигналы синхронизации…….	80 МГц, 20 МГц, 100 кГц
Частоты внешних опорных сигналов синхронизации…….	От 0 до 20 МГц
Погрешность опорных сигналов синхронизации…….	50 ppm
Выходная частота ……..	От 0 до 20 МГц
Входы ……..	Разрешения счета, источника, аппаратного запуска, вспомогательный, A, B, Z, сложения/вычитания
Маршрутизация для входов……...	Любая PFI-линия, аналоговый запуск, многие внутренние сигналы
FIFO……..	Отдельный блок FIFO на 127 отсчетов

Генератор частот

Количество каналов ……...	1
Базовые тактовые сигналы ……	10 МГц, 20 МГц, 100 кГц
Делители …….	От 1 до 16 (целочисленные)
Погрешность базовых тактовых сигналов ……..	50 ppm
Выход доступен на любом контакте PFI	

Характеристики модуля PFI

Функциональность ……. Статический цифровой ввод, статический цифровой вывод, вход синхронизации, выход синхронизации

Выходы источников синхронизации … Сигналы синхронизации аналогового ввода, аналогового вывода, счетчик, цифрового ввода и цифрового вывода

Частота синхронизации для ввода …… От 0 до 20 МГц

Частота синхронизации для вывода …. От 0 до 20 МГц

Характеристики PFI шасси

Максимальная частота ввода или вывода 1 МГц

	Минимум	**Максимум**
Напряжение переключения на высокий уровень	1.43	2.28
Напряжение переключения на низкий уровень	0.86	1.53
Гистерезис	0.48	0.87

Максимальное входное напряжение…. 25 В

Минимальное входное напряжение….. -20 В

Длина кабеля…… 3 м (10 футов)

Сопротивление кабеля…… 50 Ω

Коннектор…… BNC

Выходное напряжение

- Высокое…….. 5.25 В максимум
  - При вытекающем токе 100 мкА…. 4.65 В минимум
  - При вытекающем токе 2 мА……... 3.60 В минимум
- Низкое 5.25 В максимум
  - При втекающем токе 100 мкА…… 0.10 В максимум
  - При втекающем токе 2 мА…….. 0.64 В максимум

Состояние по включению питания…… Высокоимпедансное

Внешние цифровые сигналы запуска

Источник …….	Любая контакт PFI или контакт PFI шасси
Полярность …….	Выбирается программно для большинства сигналов
Функция аналогового ввода …….	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Функция аналогового вывода ...……	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Функции счетчика/таймера ……...	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down

Состояние модулей ввода/вывода

По включению питания	Зависит от модуля. Обратитесь к документации, прилагаемой к модулю (-ям) ввода/вывода C серии

Требования по питанию

Совместно с шасси NI cDAQ-9188 вы должны использовать источники питания, включенные в номенклатуру Лаборатории по технике безопасности с маркировкой LPS.

Примечание: Некоторые модули ввода/вывода C серии имеют дополнительные требования по электропитанию. Для получения более подробной информации обратитесь к документации, прилагаемой к модулю (-ям) C серии.

Примечание: В шасси NI cDAQ-9188 не поддерживается спящий режим модулей ввода/вывода C серии.

Диапазон входного напряжения ……...	От 9 до 30 В
Максимально необходимая входная мощность ……	15 Вт
Разъем питания ……..	2-контактный с шагом 3.5 mm разъем с винтовыми клеммами и винтовым креплением (аналог Sauro CTM020F8)
Разъем питания (ответная часть) ……..	Sauro CTF020VT или эквивалентный

Сеть

Высокоскоростные потоки данных …..	7
Доступные типы …….	Аналоговый ввод, аналоговый вывод, цифровой ввод, цифровой вывод, операции ввода через счетчик/таймер, операции вывода через счетчик/таймер
Сетевой интерфейс …….	1000 Base-TX, дуплексный 1000 Base-TX, полудуплексный 100 Base-TX, дуплексный 100 Base-TX, полудуплексный 10 Base-T, дуплексный 10 Base-T, полудуплексный
Максимальный размер передаваемого пакета данных по умолчанию ……...	1500
Поддержка джамбо пакетов ……..	До 9000
Сетевые протоколы ……	TCP/IP, UDP
Используемые порты …….	HTTP:80 (только конфигурация), TCP:3580 (только конфигурация), TCP:31415, UDP:7865 (только конфигурация), UDP:8473 (только конфигурация), UDP:44515
Сетевая IP конфигурация ……..	DHCP или Link-Local, DHCP, Статическая, Link-Local
Скорость передачи данных ……...	10/100/1000 Мбит/с, автосогласование
Максимальная длина кабеля …….	100 м/сегмент

Физические характеристики

Если вам необходимо очистить шасси, протрите его сухой тряпкой.

Масса (без упаковки) …….	Примерно 900 г (31.7 унций)
Размеры (без упаковки) …….	25.4 см x 8.81 см x 5.89 см (10.0 дюймов x 3.5 дюйма x 2.3 дюйма)

Окружающая среда

Шасси NI cDAQ-9188 предназначено для применения только внутри помещения. Для применения его вне помещения монтируйте систему в соответственно защищенном корпусе.

Рабочая температура[3] (IEC-60068-2-1 и IEC-60068-2-2) ……..	От -20 до 55 °C
Температура хранения (IEC-60068-2-1 и IEC-60068-2-2) ……..	От -40 до 85 °C
Защита от пыли и влаги	IP 30
Рабочая влажность (IEC-60068-2-56)…	Относительная влажность от 10 до 90 %, без конденсации
Влажность в условиях хранения (IEC-60068-2-56) ……	Относительная влажность от 5 до 95%, без конденсации
Максимальная высота	2000 м
Степень загрязнения (IEC 60664)	2

Удары и вибрации

Для ознакомления с этими характеристиками вы должны закрепить систему NI cDAQ-9188 на панели и зафиксировать разъемы.

Удары в условиях эксплуатации ……...	Пиковая величина 30 g, полусинус, 11 мс импульс (Протестировано в соответствии с IEC-60068-2-27. Режим испытания разработан в соответствии с MIL-PRF-28800F).
Случайная вибрация	
В процессе эксплуатации ……...	От 5 до 500 Гц, 0.3 g_{rms}
Не в процессе эксплуатации ……..	От 5 до 500 Гц, 2.4 g_{rms} (Протестировано в соответствии с IEC-60068-2-64. «Нерабочий» режим испытаний превышает требования MIL-PRF-28800F, Класс 3).

Стандарты безопасности

Этот продукт соответствует требованиям следующих стандартов безопасности электротехнического оборудования, применяемого для измерения, управления и использования в лабораторных условиях:

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

[3] При работе шасси при температуре ниже 0 °C необходимо использовать блок питания типа PS-15, или другой блок питания, работающий при температуре ниже 0 °C.

Примечание: Для ознакомления с сертификатами безопасности лаборатории по технике безопасности и другими сертификатами безопасности обратитесь к товарной этикетке или с информацией в разделе *Сертификация продуктов Online*.

Электромагнитная совместимость

Данное изделие соответствует требованиям следующих стандартов электромагнитной совместимости электротехнического оборудования для измерения, управления и использования в лабораторных условиях:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Класс A излучений, базовая защищенность
- EN 55011 (CISPR 11): Группа 1, Класс A излучений
- AS/NZS CISPR 11: Группа 1, Класс A излучений
- FCC 47 CFR Part 15B: Класс A излучений
- ICES-001: Класс A излучений

Примечание: Для ознакомления со стандартами электромагнитной совместимости данного изделия обратитесь в раздел *Сертификация продуктов Online*.

Примечание: Для соответствия стандартам электромагнитной совместимости применяйте это изделие с экранированными кабелями и прилагаемым источником электропитания.

Соответствие требованиям Совета Европы

Данное изделие соответствует следующим обязательным требованиям Европейской Директивы:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (безопасность)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (Электромагнитная совместимость)

Сертификация продуктов Online

Обратитесь к Декларации о соответствии изделия для получения дополнительной информации о регулировании совместимости. Для получения сертификатов изделия и его декларации о соответствии посетите сайт `ni.com/certification`, в поле поиска введите номер модели или серию продукта, и щелкните по соответствующей ссылке в колонке Certification.

Мероприятия по охране окружающей среды

NI разрабатывает и производит продукцию на основе принципов экологической ответственности. NI понимает, что устранение определенных

вредных компонентов нашего изделия полезно для окружающей среды и пользователей NI.

Для получения более подробной информации об охране окружающей среды обратитесь на сайт `ni.com/environment` страница *NI and the Environment (NI и окружающая среда).* Эта страница содержит регулирующие правила и директивы, которым подчиняется NI, никакая другая документация не включена в этот документ.

Переработка электрического и электронного оборудования

Пользователям ЕС: По истечении срока службы любая продукция *должна* быть отправлена в центр по переработке электрического и электротехнического оборудования (WEEE). Для получения информации о WEEE центрах по переработке, инициативах National Instruments по WEEE, а также о соответствии с WEEE Директивой 2002/96/EC обратитесь на сайт `ni.com/environment/weee`.

Техническая поддержка

Веб-сайт National Instruments является полноценным ресурсом технической поддержки. На сайте `ni.com/support` вы можете найти любые ресурсы для самостоятельного решения проблем – от информации по устранению неполадок и разработки приложений до адресов электронной почты и телефонов, по которым вы можете обратиться за помощью специалиста.

Штаб-квартира корпорации National Instruments находится по адресу: 11100 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3504. Кроме того, офисы компании National Instruments расположены по всему миру, чтобы оказывать вам необходимую техническую поддержку. Для получения консультации по телефону специалиста технической поддержки в Соединенных Штатах Америки, оставьте заявку на сайте `ni.com/support` и следуйте инструкциям или позвоните по телефону 512 795 8248. Для связи по телефону за пределами Соединенных Штатов свяжитесь с местным отделением компании:

Австралия 1800 300 800, Австрия 43 662 457990-0, Бельгия 32 (0) 2 757 0020, Бразилия 55 11 3262 3599, Канада 800 433 3488, Китай 86 21 5050 9800, Чешская республика 420 224 235 774, Дания 45 45 76 26 00, Финляндия 358 (0) 9 725 72511, Франция 01 57 66 24 24, Германия 49 89 7413130, Индия 91 80 41190000, Израиль 972 3 6393737, Италия 39 02 41309277, Япония 0120-527196, Корея 82 02 3451 3400, Ливан 961 (0) 1 33 28 28, Малайзия 1800 887710, Mexico 01 800 010 0793, Голландия 31 (0) 348 433 466, Новая Зеландия 0800 553 322, Норвегия 47 (0) 66 90 76 60, Польша 48 22 328 90 10, Португалия 351 210 311 210, Россия 7 495 783 6851, Сингапур 1800 226 5886, Словения 386 3 425 42 00, Южная Африка 27 0 11 805 8197, Испания 34 91 640 0085, Швеция 46 (0) 8 587 895 00, Швейцария 41 56 2005151, Тайвань 886 02 2377 2222, Таиланд 662 278 6777, Турция 90 212 279 3031, Соединенное Королевство 44 (0) 1635 523545.

LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com, логотип корпорации National Instruments, а также логотип Eagle являются торговыми марками корпорации National Instruments. Для получения информации о других торговых марках обратитесь на сайт `ni.com/trademarks`. Другая продукция и наименования компаний, упомянутых выше, являются торговыми марками или торговыми именами соответствующих компаний. Информация о патентах, защищающих продукцию/технологии National Instruments, содержится в справочной системе вашего программного продукта **Help»Patents**, в файле `patents.txt` на ваших дисках или в извещениях *National Instruments Patent Notice* на сайте `ni.com/patents`.