

Измерения в LabVIEW

Руководство по применению

© 2006 - перевод на русский язык:

учебный центр "Центр технологий National Instruments"

Новосибирский государственный технический университет

Российский филиал корпорации National Instruments

Содержание

| | |
|---|------------|
| ОБ ЭТОМ РУКОВОДСТВЕ | 9 |
| Используемые обозначения | 9 |
| Дополнительная документация | 10 |
| 1. ИЗМЕРЕНИЯ И ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ..... | 1-1 |
| 1.1. Технология виртуальных измерительных приборов..... | 1-1 |
| 1.2. Компоненты системы, построенной по технологии виртуальных измерительных приборов | 1-2 |
| 2. СРАВНЕНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ УСТРОЙСТВ И АВТОНОМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СБОРА ДАННЫХ | 2-1 |
| 2.1. Системы сбора данных на основе встраиваемых устройств общего назначения..... | 2-2 |
| 2.1.1. Взаимодействие компьютера с устройствами сбора данных | 2-2 |
| 2.1.2. Роль программного обеспечения..... | 2-3 |
| 2.1.3. NI-DAQ..... | 2-3 |
| 2.2. Автономные приборы | 2-4 |
| 2.2.1. Как компьютер управляет приборами..... | 2-5 |
| 2.2.2. Драйверы приборов | 2-5 |
| 3. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ..... | 3-1 |
| 3.1. Установка и конфигурирование технических средств | 3-1 |
| 3.2. Конфигурирование аппаратуры в среде Windows..... | 3-2 |
| 3.2.1. Measurement & Automation Explorer..... | 3-3 |
| 3.2.2. DAQ Assistant | 3-3 |
| 3.2.3. Конфигурирование устройств VISA и логических имен IVI..... | 3-3 |
| 3.2.4. Конфигурирование модулей FieldPoint | 3-3 |
| 3.3. Конфигурирование аппаратных средств в операционной системе Mac OS..... | 3-4 |
| 3.3.1. Утилита NI-DAQ Configuration | 3-4 |
| 3.3.2. Утилита NI-488.2 Configuration | 3-4 |
| 3.3.3. Конфигурирование последовательных портов на Macintosh..... | 3-4 |
| 4. ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ | 4-1 |
| 4.1. Сбор данных о сигналах | 4-1 |

| | | |
|--------------|---|-------------|
| 4.2. | Источники сигналов | 4-2 |
| 4.2.1. | Заземленные источники сигнала | 4-2 |
| 4.2.2. | Плавающие источники сигнала | 4-2 |
| 4.3. | Кондиционирование сигналов..... | 4-3 |
| 4.3.1. | Усиление | 4-4 |
| 4.3.2. | Линеаризация..... | 4-5 |
| 4.3.3. | Возбуждение датчика | 4-6 |
| 4.3.4. | Развязка | 4-6 |
| 4.4. | Измерительные системы..... | 4-6 |
| 4.4.1. | Измерительные системы с дифференциальными входами | 4-6 |
| | Синфазная помеха | 4-7 |
| 4.4.2. | Использование заземления в измерительных системах с несимметричным входом | 4-9 |
| 4.4.3. | Выводы по способам подключения источников сигналов к измерительным системам | 4-11 |
| 4.5. | Синхронизация аппаратная или программная | 4-13 |
| 4.6. | Частота дискретизации..... | 4-13 |
| 4.6.1. | Наложение спектра | 4-13 |
| 4.6.2. | Как часто надо делать отсчеты?..... | 4-15 |
| 4.7. | Цифровой ввод-вывод | 4-16 |
| 4.7.1. | Цифровые линии и порты..... | 4-18 |
| 4.7.2. | Квитирование | 4-18 |
| 4.8. | Запуск..... | 4-19 |
| 4.8.1. | Запуск по фронту аналогового сигнала..... | 4-19 |
| 4.8.2. | Аналоговый запуск в зоне | 4-20 |
| 4.8.3. | Цифровой запуск по фронту | 4-21 |
| 4.9. | Обработка сигнала | 4-22 |
| 4.9.1. | Фильтрация..... | 4-22 |
| 4.9.2. | Взвешивание | 4-22 |
| | Утечка спектра..... | 4-22 |
| 4.10. | Калибровка устройства | 4-24 |
| 4.10.1. | Внешняя калибровка | 4-25 |
| 4.10.2. | Внутренняя калибровка | 4-25 |
| 5. | СОЗДАНИЕ ТИПОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ .. | 5-1 |
| 5.1. | Элементы управления вводом-выводом..... | 5-1 |
| 5.1.1. | Элемент имени устройства DAQmx (DAQmx Name Control) | 5-1 |
| 5.1.2. | Элемент логического имени IVI (IVI Logical Name Control) | 5-2 |
| 5.1.3. | Элемент имени VISA ресурса (VISA Resource Name) | 5-2 |
| 5.1.4. | Элемент точки ввода-вывода FieldPoint (FieldPoint I/O Point Control)..... | 5-2 |
| 5.1.5. | Элемент имени ресурса Motion (Motion Resource Name Control) | 5-2 |
| 5.2. | Полиморфные VI | 5-3 |

| | | |
|---------------|--|-------------|
| 5.3. | Свойства | 5-3 |
| 5.4. | Создание типового DAQ приложения | 5-3 |
| 5.4.1. | Физические и виртуальные каналы | 5-5 |
| 5.4.2. | Задачи..... | 5-5 |
| 5.4.3. | Элементы управления аналоговыми и цифровыми сигналами (Waveform Control и Digital Waveform Control)..... | 5-6 |
| | Время старта (Start Time – t0)..... | 5-6 |
| | Интервал дискретизации (Delta t – dt) | 5-6 |
| | Значения сигнала (Waveform Data and Digital Waveform Data – Y)..... | 5-6 |
| | Атрибуты | 5-7 |
| | Отображение сигналов | 5-7 |
| | Использование органа управления Waveform..... | 5-8 |
| | Использование органов управления цифровыми сигналами (Digital Waveform Control)..... | 5-10 |
| 5.5. | Создание типового VISA приложения..... | 5-11 |
| 5.6. | Создание типового приложения на базе FieldPoint | 5-11 |
| 5.6.1. | Каналы и элементы..... | 5-11 |
| 5.6.2. | Использование органа управления FieldPoint I/O Point | 5-11 |
| 6. | ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА | 6-1 |
| 6.1. | Обзор методов измерения постоянного напряжения | 6-1 |
| 6.2. | Использование VI NI-DAQ для измерения напряжения постоянного тока | 6-1 |
| 6.2.1. | Измерения с помощью NI-DAQmx..... | 6-2 |
| 6.2.2. | Усреднение отсчетов | 6-3 |
| | Усреднение с использованием функций NI-DAQmx | 6-4 |
| 6.3. | Измерение постоянного напряжения с помощью автономных измерительных приборов | 6-4 |
| 7. | ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА | 7-1 |
| 7.1. | Обзор методов измерения напряжения переменного тока..... | 7-1 |
| 7.2. | Измерение напряжения переменного тока с помощью встраиваемых устройств сбора данных..... | 7-2 |
| 7.2.1. | Использование функций NI-DAQmx | 7-2 |
| 7.2.2. | Измерение значений максимума, минимума и размаха напряжения с помощью встраиваемых устройств сбора данных | 7-3 |
| 7.3. | Использование автономных измерительных приборов для измерения переменного напряжения | 7-4 |
| 7.3.1. | Измерение размаха напряжения с помощью автономного измерительного прибора | 7-5 |

| | | |
|------------|---|-------------|
| 7.4. | Измерение напряжения переменного тока с помощью функций FieldPoint..... | 7-6 |
| 8. | ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ | 8-1 |
| 8.1. | Измерение температуры с помощью VI NI-DAQ..... | 8-1 |
| 8.1.1. | Измерение температуры с помощью NI-DAQmx | 8-2 |
| 8.2. | Измерение температуры с помощью VI FieldPoint..... | 8-3 |
| 9. | ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА | 9-1 |
| 9.1. | Обзор методов измерения тока..... | 9-1 |
| 9.2. | Измерение тока с помощью VI NI-DAQ | 9-3 |
| 9.3. | Измерение тока с помощью автономного измерительного прибора | 9-4 |
| 9.4. | Измерение тока с помощью VI FieldPoint | 9-5 |
| 10. | ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ | 10-1 |
| 10.1. | Обзор методов измерения деформации | 10-1 |
| 10.2. | Измерение деформации с помощью VI NI-DAQmx | 10-3 |
| 10.3. | Измерение деформации с помощью VI FieldPoint | 10-4 |
| 11. | ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ..... | 11-1 |
| 11.1. | Обзор методов измерения сопротивления | 11-1 |
| 11.1.1. | 2-проводная схема измерения сопротивления..... | 11-1 |
| 11.1.2. | 4-проводная схема измерения сопротивления..... | 11-2 |
| 11.2. | Измерение сопротивления с помощью цифровых мультиметров (DMM)..... | 11-3 |
| 12. | ГЕНЕРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ | 12-1 |
| 12.1. | Обзор методов генерации напряжения | 12-1 |
| 12.1.1. | Одноточечный аналоговый вывод | 12-1 |
| 12.1.2. | Буферизированный аналоговый вывод | 12-1 |
| 12.1.3. | Подключение сигналов аналогового вывода | 12-2 |
| 12.2. | Генерация напряжения с помощью VI NI-DAQmx | 12-3 |
| 12.3. | Генерация напряжения с помощью автономных приборов | 12-4 |
| 13. | ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА | 13-1 |

| | | |
|------------|---|-------------|
| 13.1. | Измерение частоты аналогового сигнала с использованием VI NI-DAQ | 13-1 |
| 13.1.1. | Измерение частоты с помощью NI-DAQmx | 13-2 |
| 13.2. | Измерение частоты с помощью автономных измерительных приборов | 13-2 |
| 13.3. | Измерение частоты с фильтрацией | 13-3 |
| 14. | ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ, ПЕРИОДА И ЧАСТОТЫ ЦИФРОВОГО ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА | 14-1 |
| 14.1. | Общие сведения о счетчиках | 14-1 |
| 14.1.1. | Устройство счетчика | 14-2 |
| 14.2. | Обзор методов измерения временных характеристик сигналов | 14-2 |
| 14.3. | Погрешность квантования | 14-4 |
| 14.3.1. | Погрешность квантования при измерении интервалов времени с помощью счетчика | 14-5 |
| 14.4. | Метод измерения временных характеристик с помощью двух счетчиков | 14-5 |
| 14.4.1. | Метод измерения временных характеристик высокочастотных сигналов с помощью двух счетчиков | 14-6 |
| | Погрешность квантования при измерении характеристик высокочастотных сигналов методом двух счетчиков | 14-6 |
| | Реализация метода двух счетчиков с использованием VI NI-DAQmx | 14-7 |
| 14.4.2. | Применение метода двух счетчиков для расширения диапазона измерения | 14-8 |
| | Погрешность квантования при использовании двух счетчиков для расширения диапазона измерения | 14-9 |
| 15. | ГЕНЕРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ | 15-1 |
| 15.1. | Общие сведения о генерации цифровых импульсных сигналов | 15-1 |
| 15.2. | Генерация цифровых импульсных сигналов с использованием VI NI-DAQmx | 15-5 |
| 15.3. | Генерация цифровых импульсных сигналов с помощью FieldPoint VI | 15-6 |
| 16. | УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ С ПОМОЩЬЮ LABVIEW | 16-1 |
| 16.1. | Общие сведения о драйверах автономных измерительных приборов | 16-1 |
| 16.1.1. | Установка драйверов приборов | 16-2 |
| | Каталог драйверов приборов | 16-2 |
| 16.1.2. | Организация драйверов приборов | 16-3 |
| 16.1.3. | Типы драйверов приборов | 16-5 |
| | Драйверы LabVIEW Plug and Play | 16-5 |
| | Драйверы IVI | 16-5 |
| | Драйверы, поставляемые с прибором | 16-6 |

| | |
|--|-----------------|
| 16.2. VISA в LabVIEW | 16-6 |
| 16.2.1. Коммуникации с использованием ASCII сообщений и коммуникации на регистровом уровне..... | 16-6 |
| 16.3. Проверка связи с прибором | 16-7 |
| 16.3.1. Проверка связи с помощью Instrument I/O Assistant..... | 16-7 |
| 16.3.2. Проверка связи с помощью функций VISA..... | 16-8 |
| 16.3.3. Проверка связи с помощью Getting Started VI..... | 16-8 |
| Настройка Getting Started VI для проведения измерений | 16-9 |
| 16.4. Общие входы и выходы VI драйверов приборов..... | 16-9 |
| Имя ресурса/Дескриптор прибора | 16-9 |
| Кластеры ошибок Error In/Error Out | 16-10 |
| 16.5. Разработка VISA приложений | 16-10 |
| 16.5.1. Использование свойств VISA..... | 16-10 |
| 16.5.2. Использование VISA событий | 16-11 |
| Пример обработки GPIB SRQ событий | 16-11 |
| 16.5.3. Использование VISA VI с расширенными возможностями | 16-12 |
| 16.6. Приемы работы с данными и строками..... | 16-12 |
| 16.6.1. Манипулирование данными с помощью Instrument I/O Assistant..... | 16-13 |
| 16.6.2. Команды форматирования строк..... | 16-13 |
| 16.6.3. Форматирование данных, полученных от прибора..... | 16-13 |
| Пересылка данных в формате Waveform..... | 16-14 |
| 17. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТИПЫ ПРИБОРОВ..... | 17-1 |
| Приборы с интерфейсом GPIB | 17-1 |
| Контроллеры, передатчики и приемники | 17-2 |
| Характеристики аппаратных средств..... | 17-2 |
| Связь с использованием последовательного порта | 17-3 |
| Скорость передачи данных..... | 17-4 |
| Общая характеристика аппаратных средств последовательного интерфейса | 17-4 |
| Подключение прибора с последовательным интерфейсом..... | 17-5 |
| Модульные измерительные системы стандарта PXI..... | 17-5 |
| Модульные измерительные приборы | 17-5 |
| 18. ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ | 18-1 |
| 19. ГЛОССАРИЙ | 19-1 |

Об этом руководстве

Измерения в LabVIEW. Руководство по применению содержит информацию, необходимую при организации сбора и обработки данных с использованием LabVIEW. Прежде, чем приступить к изучению этого руководства, Вам необходимо обладать некоторыми знаниями основ LabVIEW. Если Вы ранее не работали с LabVIEW, рекомендуем ознакомиться с руководством *Getting Started with LabVIEW (Первый запуск LabVIEW)*.

Настоящее руководство дополняет основное руководство пользователя (*LabVIEW User Manual*) и предполагает, что Вы уже знакомы с этим материалом. Вы также должны быть осведомлены о том, как работает LabVIEW, операционная система компьютера и устройство сбора данных (DAQ).



Примечание. Приложения LabVIEW реального времени (LabVIEW Real-Time) требуют особого рассмотрения. Для получения информации о том, как создаются приложения реального времени, обратитесь к руководству *LabVIEW Real-Time Module User Manual*.

Используемые обозначения

В настоящем руководстве используются следующие обозначения:

[]

В квадратных скобках приведены необязательные элементы – например, [response].

»

Символ "»" указывает через вложенные пункты меню или варианты выбора в диалоговом окне направление к заключительному действию. Последовательность **File»Page Setup»Options** направляет к разделу **File** в выпадающем меню, выбору в меню пункта **Page Setup** и выбору **Options** в открывшемся диалоговом окне.



Эта пиктограмма подсказки, рекомендации.



Эта пиктограмма относится к важному примечанию.

bold

Жирным шрифтом отмечены такие элементы, как пункты меню или варианты в диалоговом окне программы, которые необходимо выбрать или по которым нужно щелкнуть. Жирным шрифтом выделены также наименования параметров.

italic

Курсивом обозначены переменные, выражения или перекрестные ссылки, а также указатели для слов или значений, которые необходимо подтвердить.

monospace

Пропорциональный шрифт используется для текста или символов, которые необходимо ввести с клавиатуры, для фрагмента программного кода, примеров программирования и синтаксических конструкций. Этот шрифт используется также для имен дисководов, путей, каталогов, программ, подпрограмм, имен устройств, функций, операций, переменных, имен и расширений файлов.

Platform

Текст, набранный таким шрифтом, относится к специфической платформе и означает, что последующий текст применим только к такой платформе.

Дополнительная документация

Перечисленные ниже документы и встроенные справочные системы содержат информацию, которая может оказаться полезной при чтении настоящего руководства:

- Getting Started with LabVIEW
- LabVIEW User Manual
- LabVIEW Help
- LabVIEW Analysis Concepts
- Measurement & Automation Explorer Help
- DAQ Quick Start Guide for NI-DAQ 7.0
- Data Acquisition VIs for Traditional NI-DAQ help
- DAQmx Data Acquisition VIs help
- NI-DAQmx Help
- Getting Started with SCXI
- LabVIEW Real-Time Module User Manual
- LabVIEW Real-Time Module for Mac OS X User Manual Addendum
- NI Developer Zone at ni.com/zone



Примечание переводчика. В перевод не включены разделы, касающиеся применения драйверов Traditional NI-DAQ.

1. Измерения и виртуальные приборы

Измерения – это разновидность человеческой деятельности, без которой немислим прогресс науки и технологий. Ученые и инженеры используют разнообразные измерительные приборы для наблюдения, контроля и постижения физической картины мира при выполнении исследований в биологии и медицине, при проектировании, тестировании и производстве электронных изделий, при разработке и совершенствовании систем управления механизмами и технологическими процессами в многочисленных отраслях промышленности.

Чтобы понять принцип действия и устройство измерительных приборов, рассмотрим историю развития измерительной техники. Измерительные приборы всегда изготавливались с использованием доступных технологий. В 19-м веке на основе часовых механизмов были впервые созданы аналоговые измерительные приборы. В 30-х годах 20-го века для построения первых электронных приборов были использованы переменные резисторы, переменные конденсаторы и электровакуумные приборы, заимствованные из радиотехники. Технология отображения информации, используемая в телевидении, способствовала появлению современных осциллографов и анализаторов. Наконец, способность быстрых вычислений и качественной визуализации современных персональных компьютеров создали предпосылки для значительного улучшения качества и снижения стоимости средств измерительной техники.

1.1. Технология виртуальных измерительных приборов

Технология виртуальных измерительных приборов объединяет аппаратные средства и программное обеспечение с промышленными компьютерными технологиями для решения измерительных задач, причем свойства этих решений в значительной степени определяются пользователями. Компания National Instruments специализируется в области разработки встраиваемых и распределенных технических средств для сбора данных (DAQ) и программных драйверов к ним, систем на основе приборного интерфейса IEEE 488 (GPIB) и стандарта

PXI, систем с использованием последовательного интерфейса и промышленных сетей. Программные драйвера представляет собой прикладной программный интерфейс взаимодействия с техническими устройствами, причем эти драйвера совместимы со всеми системами разработки прикладного программного обеспечения National Instruments, такими, как LabVIEW, LabWindowsTM/CVITM и Measurement Studio. Перечисленные платформы обеспечивают развитые возможности отображения и анализа, которые необходимы для технологии виртуальных измерительных приборов.

Технология виртуальных измерительных приборов может быть использована для создания готовых к применению специализированных систем измерения и тестирования, а также систем промышленной автоматизации путем объединения различных аппаратных и программных компонент. При внесении изменений в системы, как правило, можно повторно использовать одни и те же компоненты виртуальных приборов, не приобретая дополнительные технические средства и программное обеспечение.

1.2. Компоненты системы, построенной по технологии виртуальных измерительных приборов

Виртуальную измерительную систему можно собрать из различных аппаратных и программных компонент. В настоящем руководстве описан ряд подходов к разработке подобных систем. Для контроля и управления каким-либо процессом или тестирования какого-либо устройства могут быть использованы разнообразные технические средства измерений. И если ясен принцип действия этих устройств, то, как только они будут подключены к компьютеру, они могут стать составной частью виртуальной измерительной системы.

2. Сравнение встраиваемых устройств и автономных измерительных приборов для решения задач сбора данных

Основной задачей всех измерительных систем является измерение и/или генерация реальных физических сигналов. Измерительные приборы помогают получать, анализировать и представлять результаты измерений.

В процессе сбора данных физические величины, такие, как напряжение, ток, давление и температура преобразуют в цифровой формат и вводят их в компьютер. Распространенные методы сбора данных реализуются с помощью встраиваемых в компьютер устройств и автономных измерительных приборов, поддерживающих интерфейс GPIB, систем стандарта PXI (расширение PCI для измерительной техники) и приборов с портом RS-232.

Обработка исходных данных путем аппроксимации, статистического анализа, получения частотных характеристик и других математических операций превращает эти данные в информацию, подающуюся последующей интерпретации.

Для представления данных используются графики или таблицы, шкальные или мнемонические индикаторы (например, термометр), другие форматы и средства визуализации.

Разработка компьютерной измерительной системы может казаться сложной задачей. Для облегчения выбора аппаратных компонент разрабатываемых измерительных систем ниже рассматриваются несколько их основных типов.

2.1. Системы сбора данных на основе встраиваемых устройств общего назначения

DAQ-устройства общего назначения предназначены для измерения сигналов и могут иметь несколько каналов. Эти устройства используют также для генерации аналоговых сигналов, например, синусоиды, и цифровых сигналов, например, импульсов. Как правило, DAQ-устройства подключаются непосредственно к внутренней системной шине компьютера через разъем (слот).

Измерительная система на основе DAQ-устройств общего назначения отличается от других систем тем, что программное обеспечение, установленное на компьютере, используется непосредственно в процессе измерений. Устройство сбора данных только преобразует входной аналоговый сигнал в цифровой, который может быть воспринят компьютером. Это означает, что одно и то же устройство сбора данных может выполнять разнообразные измерения всего лишь путем замены прикладной программы, которая считывает данные. Кроме сбора данных, программное обеспечение подобных систем применяется также для обработки данных и отображения результатов. Несмотря на то, что одно и то же устройство может быть использовано при решении многих задач измерений, на разработку различных прикладных программ для каждой из этих задач все равно требуются значительные ресурсы времени. В состав LabVIEW входит большое количество функций сбора и обработки данных, применение которых помогает в проектировании приложений.

2.1.1. Взаимодействие компьютера с устройствами сбора данных

Прежде чем компьютерная измерительная система сможет измерить некоторую физическую величину, например, температуру, физический сигнал с помощью датчика или измерительного преобразователя должен быть преобразован в электрический – ток или напряжение. Встраиваемое DAQ-устройство сбора данных можно рассматривать как законченную измерительную систему, однако, на самом деле, это устройство является всего лишь одним из компонентов системы и не всегда на него можно напрямую подавать измеряемые сигналы. Во многих случаях необходимо использовать специальные средства согласования (кондиционирования), а преобразованные сигналы DAQ-устройство преобразует в цифровую форму. В процессе сбора исходных данных, их обработки и представления результатов

функционированием DAQ-системы управляет программное обеспечение.

Рассмотрим следующие разновидности систем сбора данных:

- Устройство сбора данных встраивается в компьютер – в PCI слот стационарного компьютера или в слот PCMCIA ноутбука портативной измерительной системы.
- Устройство сбора данных является внешним и подключается к компьютеру через последовательный порт или порт Ethernet. В этом случае измерительные устройства достаточно просто и быстро могут быть размещены поблизости от датчиков.

2.1.2. Роль программного обеспечения

Компьютер получает исходные данные от DAQ-устройства, а проектируемая программа обрабатывает их и представляет в доступной для понимания форме. Кроме того, программное обеспечение управляет системой сбора данных, выдавая команды DAQ-устройству, когда и из какого канала необходимо считывать данные.

Обычно программное обеспечение систем сбора данных состоит из драйверов и прикладной программы. Драйверы уникальны для каждого устройства или для однотипных устройств и включают в себя набор команд, понятных для устройства. Прикладное программное обеспечение, созданное в LabVIEW, посылает драйверам команды, например, опросить и вернуть отсчет с термопары, затем обрабатывает и отображает отсчет.

Измерительные устройства производства NI комплектуются драйверами NI-DAQ, а также набором виртуальных приборов (VI – Virtual Instrument) для конфигурирования, получения данных от устройств и передачи данных устройствам.

2.1.3. NI-DAQ

NI-DAQ 7.0 содержит два комплекта драйверов: Traditional NI-DAQ и NI-DAQmx. Каждый из них имеет свой прикладной программный интерфейс (API) и отличается способами конфигурации аппаратных средств и программного обеспечения.

- Traditional NI-DAQ является развитием более ранней версии NI-DAQ 6.9.x. Traditional NI-DAQ имеет те же VI и функции и работает так же, как NI-DAQ 6.9.x. В отличие от NI-DAQ 6.9.x, драйвер NI-

DAQ Traditional можно использовать совместно с драйвером NI-DAQmx на одном и том же компьютере.

- NI-DAQmx является последней версией NI-DAQ драйвера с новыми VI, функциями и средствами разработки программ управления измерительными устройствами. Преимуществами NI-DAQmx по сравнению с предыдущими версиями драйверов NI-DAQ являются: конфигурирование каналов и измерительных задач с помощью DAQ Assistant; повышенная производительность, в том числе более быстрый одноточечный аналоговый ввод и вывод и многозадачность; более простой прикладной программный интерфейс (API) для создания приложений сбора данных с использованием меньшего количества функций и VI, чем с драйверами предыдущих версий.

Драйверы Traditional NI-DAQ и NI-DAQmx поддерживают различные наборы устройств. Перечни поддерживаемых этими драйверами устройств можно найти на сайте National Instruments ni.com/daq.

Подробная информация о том, когда и каким драйвером необходимо пользоваться, содержится в документе *DAQ Quick Start Guide for NI-DAQ 7.0*.

2.2. Автономные приборы

Многие измерительные приборы выпускаются, как автономные устройства, и выполняют измерения независимо от компьютера. Подключив подобные приборы к компьютеру, можно программно контролировать их и управлять ими, а также собирать данные в компьютер для сохранения в файлах и дальнейшей обработки. На основе автономных приборов можно создать компьютеризированную систему, так же, как и на основе встраиваемых устройств сбора данных общего назначения. Автономные приборы, обладающие возможностями простой интеграции в системы, называют модульными.

Независимо от того, как приборы подключены к компьютеру, их взаимодействие организуется с помощью специального протокола. Каким образом компьютер управляет прибором и осуществляет сбор данных – зависит от типа прибора. Наибольшее распространение получили приборы, поддерживающие последовательный интерфейс, приборный интерфейс GPIB и стандарт PXI.

Как и встраиваемые устройства сбора данных общего назначения, автономные приборы преобразуют измеряемые величины в код,

однако, они, как правило, являются специализированными приборами, спроектированными для отдельных видов измерений. Обычно программное обеспечение для обработки данных и вычисления результата измерения в автономных приборах нельзя модифицировать, поскольку оно, как правило, "зашито" в прибор.

Поскольку модульная измерительная аппаратура используется со стандартным программным обеспечением персональных компьютеров, изменение режимов работы измерительных приборов осуществляется достаточно просто. Например, модульный цифровой мультиметр, подобно осциллографу, можно запрограммировать на высокоскоростной сбор данных в буфер.

2.2.1. Как компьютер управляет приборами

Компьютеры управляют измерительными приборами, посылая им команды через какой-либо из интерфейсов: GPIB, PXI или RS-232. Например, прибору можете отправить команду измерить сигнал, а затем – команду вернуть результат измерений в компьютер.

2.2.2. Драйверы приборов

Драйвер прибора – это набор функций для взаимодействия с прибором и управления им. Драйверы позволяют программировать приборы на языках высокого уровня, избавляя от необходимости изучать низкоуровневый синтаксис команд прибора. Драйверы не нужны при работе с приборами, они разработаны для того, чтобы уменьшить временные затраты на разработку приложения.

Использование драйверов приборов дает следующие преимущества:

- Возможность быстрой разработки готовых к применению систем. Драйверы принимают, анализируют и преобразуют строки ответов от прибора, чтобы получить отмасштабированные данные, которые можно использовать в программах управления испытаниями.
- Снижение стоимости разработки программного обеспечения. Разработчикам не нужно тратить время на изучение синтаксиса команд низкого уровня для программирования приборов.
- Упрощение сопровождения программного обеспечения. Драйверы содержат все функции ввода-вывода в одной библиотеке, отдельно от остального программного кода, что облегчает как модернизацию прикладных программ, так и доработку их при изменении состава аппаратных средств.

2. Сравнение встраиваемых устройств и автономных измерительных приборов для решения задач сбора данных

NI предоставляет более 2200 драйверов от более, чем 150 поставщиков. Список доступных драйверов для автономных измерительных приборов опубликован в разделе NI Instrument Driver Network на сайте ni.com/idnet.

3. Конфигурирование измерительной аппаратуры

В настоящей главе приведена информация по установке и конфигурированию измерительных устройств производства National Instruments.

Драйверы NI-DAQ реализуют высокоуровневый интерфейс между LabVIEW и встраиваемыми устройствами сбора данных National Instruments. Драйверы NI-DMM, NI-SCOPE, NI-FGEN и NI-SWITCH обеспечивают LabVIEW высокоуровневым интерфейсом с модульной измерительной аппаратурой. Для связи с автономными приборами используются драйверы NI-488.2, NI-VISA и унифицированные драйверы стандарта IVI (Interchangeable Virtual Instruments).

VI LabVIEW вызывают определенные функции драйверов, с помощью которых организуется взаимодействие с измерительными устройствами.

3.1. Установка и конфигурирование технических средств

Разработка измерительной системы начинается с установки и конфигурирования аппаратуры. Сведения о конфигурации аппаратных средств необходимы драйверам для того, чтобы правильно их программировать.

Прикладные системы могут иметь архитектурные отличия. В одних системах могут использоваться встраиваемые модули сбора данных общего назначения, в других – специализированные приборы, управляемые через последовательный интерфейс, интерфейс GPIB или Ethernet. Каждая система требует индивидуальной процедуры конфигурирования для проверки корректности работы измерительных устройств и их совместимости с другими периферийными устройствами. Однако во многих случаях процесс инсталляции измерительного устройства может состоять из нескольких стандартных этапов.

1. Установка LabVIEW и драйверов. Программа установки LabVIEW устанавливает новые драйверы National Instruments, если ранее установленные драйверы устарели. Драйвер наверняка будет поддерживать устройство, если устанавливать его с диска, поставляемого вместе с прибором. Подробная информация по установке драйверов NI-DAQ изложена в кратком руководстве *DAQ Quick Start Guide for NI-DAQ 7.0*.



Примечание. В операционных системах Windows 2000/NT/XP Professional установка LabVIEW и драйверов, а также конфигурирование аппаратных средств могут быть выполнены только пользователем с правами администратора.

2. Выключение питания компьютера.
3. Установка аппаратных средств измерений. Предварительно следует ознакомиться с технической документацией, чтобы узнать, нужно ли изменить аппаратные настройки. Например, некоторые устройства имеют переключки для выбора полярности аналогового входного сигнала, режима измерений, источника образцового напряжения для аналоговых выходов и т.д. Выполненные изменения в настройках необходимо записать, чтобы при запуске какой-либо утилиты конфигурирования, при настройке VI или при вызове функций из приложения ввести эту информацию; она используется при работе драйвера.
4. Включение питания компьютера.
5. Конфигурирование технических средств измерений с помощью программы Measurement & Automation Explorer (MAX) (**Windows**) или Configuration Utility (**Macintosh**).

Подробная информация по установке и конфигурированию технических средств измерений содержится в прилагаемой к ним технической документации, в справочной системе *Measurement & Automation Explorer Help* или в разделе Troubleshooting Wizards на сайте ni.com/support.

3.2. Конфигурирование аппаратуры в среде Windows

В операционной системе Windows конфигурирование измерительного устройства после его установки производится с помощью описанных ниже утилит.

3.2.1. Measurement & Automation Explorer

MAX – это приложение Windows, устанавливаемое вместе драйверами National Instruments, которое используют для конфигурирования аппаратных средств и программного обеспечения, для системной диагностики, добавления новых каналов и интерфейсов, а также для просмотра списка подключенных приборов и устройств. Утилита MAX необходима для конфигурирования устройств, если при разработке программ используются драйвера Traditional DAQ. Запуск MAX осуществляется двойным щелчком мыши по пиктограмме **Measurement & Automation** на рабочем столе.

3.2.2. DAQ Assistant

DAQ Assistant в LabVIEW 7.0 и последующих версиях, работающих с NI-DAQmx, представляет собой графический интерфейс для конфигурирования каналов, масштабов и задач измерения. DAQ Assistant может быть использован для генерации программного кода NI-DAQmx, выполняющего задачи и обслуживающего каналы, или для встраивания этого кода в другие системы сбора данных. Запуск DAQ Assistant производится из LabVIEW или из MAX.

3.2.3. Конфигурирование устройств VISA и логических имен IVI

При управлении приборами с помощью стандартов VISA и IVI приборам могут быть присвоены осмысленные псевдонимы VISA или логические имена IVI. VISA псевдонимы присваиваются в разделе **Devices and Interfaces**, а конфигурирование логических имен IVI в разделе **IVI** проводника MAX. Псевдонимы и имена можно использовать при разработке приложений LabVIEW для обращения к приборам. Например, псевдоним `scope` может служить для адресации осциллографа через последовательный интерфейс или GPIB.

3.2.4. Конфигурирование модулей FieldPoint

Конфигурирование средств коммуникаций, модулей и каналов (items) аппаратуры FieldPoint также выполняется с помощью MAX. Если используется устройство с последовательным интерфейсом, конфигурирование средств связи и модулей производится в разделе **Devices and Interfaces**, а для устройств с интерфейсом Ethernet – в раздел **Remote Systems**. Конфигурирование каналов осуществляется в разделе **Data Neighborhood**. Для операций ввода-вывода в LabVIEW рекомендуется использовать имена ресурсов, модулей и каналов.

3.3. Конфигурирование аппаратных средств в операционной системе Mac OS

При работе в Mac OS 9 и предыдущих версиях этой операционной системы конфигурирование измерительного устройства после его установки производится с помощью рассматриваемых ниже утилит.



Примечание. Устройства сбора данных поддерживаются в Mac OS X как объекты реального времени. Подробная информация по конфигурированию устройств сбора данных в Mac OS X приведена в руководстве *LabVIEW Real-Time Module for Mac OS X User Manual Addendum*.

3.3.1. Утилита NI-DAQ Configuration

Для настройки параметров устройства сбора данных, установленного в компьютер Macintosh, используют утилиту NI-DAQ Configuration. Mac OS автоматически распознает устройства сбора данных, но после установки DAQ-устройства ему необходимо присвоить номер с помощью утилиты NI-DAQ Configuration. Утилита сохраняет номер устройства и его параметры конфигурации, а также параметры конфигурации системы кондиционирования сигналов (SCXI). Если устройство сбора данных однажды было сконфигурировано, при последующих изменениях параметров системы нет необходимости снова запускать NI-DAQ Configuration. Папка LabVIEW содержит ярлык для данной утилиты.

3.3.2. Утилита NI-488.2 Configuration

Для конфигурирования параметров GPIB устройств, установленных на компьютере Macintosh, применяется утилита NI-488.2 Configuration, которая автоматически распознает GPIB устройства. Упомянутая утилита может быть использована для просмотра и редактирования настроек по умолчанию.

3.3.3. Конфигурирование последовательных портов на Macintosh

Функция VISA Find Resource служит для автоматического обнаружения новых портов и присвоения им имен VISA-ресурса.

4. Основы измерений

Настоящая глава дает общее представление об измерениях с помощью встраиваемых устройств сбора данных и автономных измерительных приборов.

4.1. Сбор данных о сигналах

Под сбором данных будем понимать процесс измерения – преобразования физической величины в данные, с которыми может работать компьютер. Измерение начинается с преобразования физической величины в электрический сигнал. Измерительные преобразователи формируют электрические сигналы при измерении таких величин, как температура, сила, звук, света и т.п. В таблице 4.1 приведены некоторые распространенные типы преобразователей (датчиков).

Таблица 4.1. Физические величины и датчики

| Физическая величина | Датчик |
|----------------------------|--|
| Температура | Термопары Термометры сопротивления Термисторы Микроэлектронные датчики |
| Свет | Электровакуумные фотодатчики Фоторезисторы |
| Звук | Микрофоны |
| Сила и давление | Датчики деформации Пьезоэлектрические датчики Тензодатчики |
| Координата (перемещение) | Потенциометры Линейные датчики на основе дифференциальных трансформаторов Оптические датчики положения |
| Расход жидкости | Манометрические расходомеры Турбинные (механические) расходомеры Ультразвуковые расходомеры |
| Кислотность | pH электроды |

4.2. Источники сигналов

Устройства ввода аналоговых сигналов в компьютер работают с заземленными и "плавающими" источниками сигнала.

4.2.1. Заземленные источники сигнала

Заземленный источник - это такой источник, выходное напряжение которого снимается относительно заземления системы, например, относительно общей шины с нулевым потенциалом или шины заземления здания (рис. 4.1). Подобный источник имеет общую "землю" с измерительным прибором. Наиболее распространенными заземленными источниками сигналов являются устройства, которые через настенную розетку питания подключаются к заземлению здания, например, генераторы сигналов и источники питания.



Примечание. Обычно общие цепи ("земли") двух независимо заземленных источников имеют разные потенциалы. Разность потенциалов между "землями" двух приборов, подключенных к системе заземления одного и того же здания, составляет от 10 до 200 мВ. Если силовая подводка электроэнергии выполнена неправильно, эта разность может быть и выше. В подобных ситуациях говорят о паразитных контурах заземления.

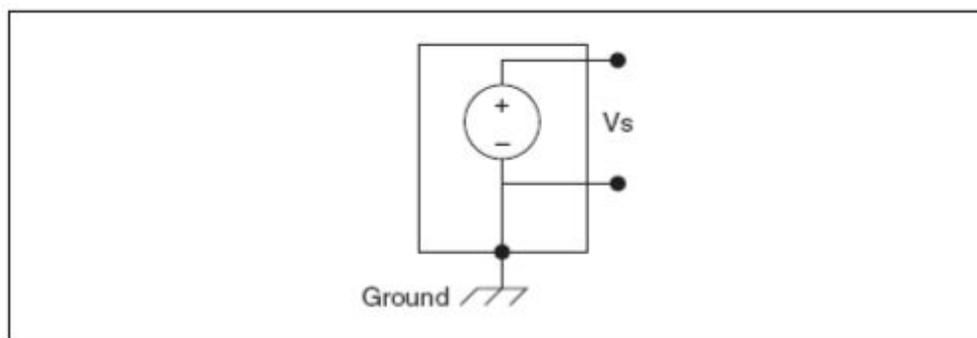


Рис. 4.1. Заземленный источник сигнала (Ground – земля)

4.2.2. Плавающие источники сигнала

У плавающего источника сигнала выходное напряжение не связано с общей цепью заземления (рис. 4.2). Распространенными примерами плавающих источников являются гальванические элементы, термопары, трансформаторы и изолирующие усилители. Обратите внимание на то, что на рис. 4.2. ни один вывод источника не подключен к выводу заземления, как у источника на рис. 4.1, поэтому выходной сигнал плавающего источника не зависит от системы заземления.

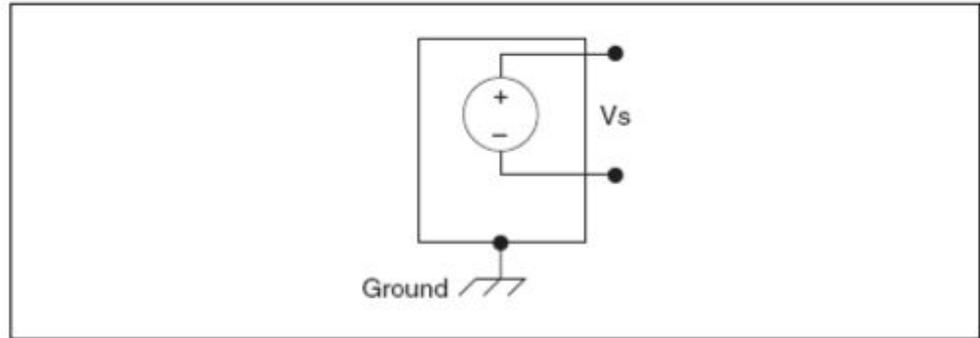


Рис. 4.2. Плавающий источник сигнала

4.3. Кондиционирование сигналов

Под кондиционированием сигналов следует понимать процесс предварительной обработки сигналов с целью улучшения точности измерений, качества изоляции цепей (развязки), фильтрации и т.д.

Чтобы измерять сигналы с датчиков, необходимо преобразовать их в форму, которую может воспринять устройство аналого-цифрового преобразования. Например, у большинства термопар выходное напряжение очень мало и соизмеримо с шумом. Следовательно, перед оцифровкой такого сигнала его необходимо усилить. Усиление является одной из форм кондиционирования. К другим типовым разновидностям кондиционирования сигналов относятся линеаризация, возбуждение датчика, развязка.

На рис. 4.3. показаны некоторые распространенные типы датчиков и сигналов и требуемые для них виды кондиционирования.



Рис. 4.3. Типы датчиков, сигналов и виды кондиционирования сигналов

4.3.1. Усиление

Усиление является наиболее часто применяемой разновидностью кондиционирования сигналов, позволяющей уменьшить влияние помех и повысить точность представления сигнала после оцифровки.

Для увеличения отношения сигнал/помеха усиление сигналов низкого уровня в устройстве сбора данных (DAQ) или в модуле кондиционирования (SCXI) должно производиться как можно ближе к источнику сигнала (на рис. 4.4 усилитель показан внешним). При этом наивысшая точность измерений может быть достигнута, если диапазон изменения усиленного напряжения соответствует максимальному диапазону входных напряжений аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

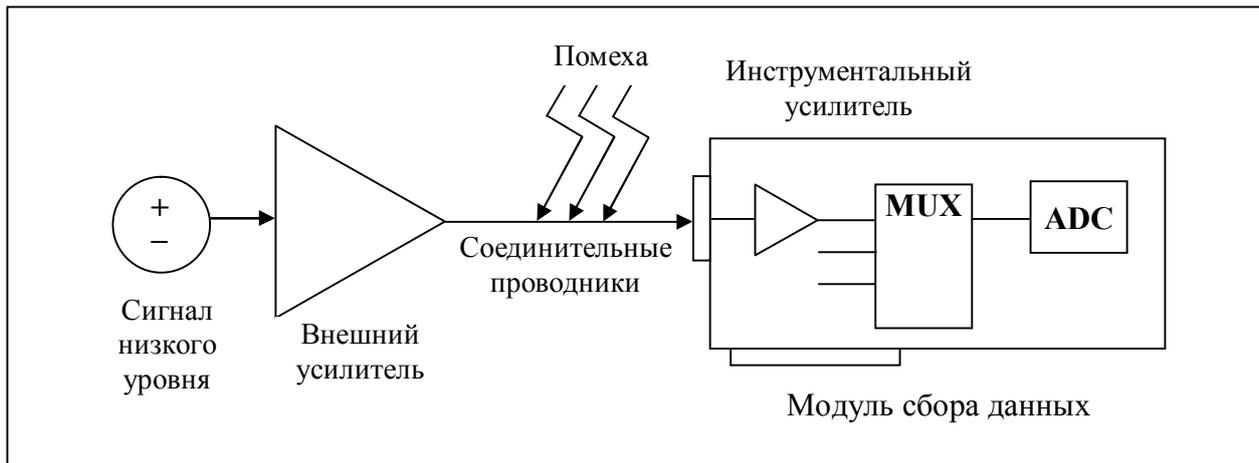


Рис. 4.4. Для увеличения отношения сигнал/помеха усиление сигнала производится непосредственно у источника (DAQ – устройство сбора данных, MUX – мультиплексор, ADC – АЦП)

Если сигнал усиливается в устройстве сбора данных (DAQ), то аналого-цифровому преобразованию подвергается сумма сигнала и помехи, которая может быть наведена на соединительные проводники, поэтому отношение сигнал/помеха уменьшается. Однако если сигнал усиливать непосредственно у источника с помощью модуля кондиционирования (SCXI), помеха искажает сигнал в меньшей степени и можно получить лучшее цифровое представление значений слабого сигнала. Подробную информацию об аналоговых сигналах можно найти на сайте National Instruments ni.com/info по ключу exd2hc.



Рекомендации. Существует несколько способов уменьшения помех:

- Использовать экранированные кабели или кабели из витых пар.
- Уменьшать длину проводников для минимизации наводимых помех.
- Располагать сигнальные проводники подальше от силовых питающих кабелей и мониторов для уменьшения помехи 50 или 60 Гц.

4.3.2. Линеаризация

Многие датчики, такие как термопары, обладают нелинейной зависимостью выходного сигнала от измеряемой величины. LabVIEW позволяет линеаризовать напряжение, поступающее от датчиков, так что можно легко отмасштабировать значения напряжения в единицах измеряемой величины. В LabVIEW имеются функции, обеспечивающие масштабирование сигналов от датчиков деформации, терморезисторов, термопар и термисторов.

4.3.3. Возбуждение датчика

Системы кондиционирования сигналов могут вырабатывать возбуждающие воздействия, которые требуются для функционирования некоторых датчиков. Так, при измерении физических величин с помощью тензодатчиков и терморезисторов, необходимо подать внешнее напряжение или ток на измерительную схему, в которую включены датчики. Это напоминает радиоприемник, которому для приема и преобразования аудиосигналов нужен источник питания.

4.3.4. Развязка

Для обеспечения надежности применяется такая разновидность кондиционирования сигналов, как изоляция (развязка) выходных цепей датчика от компьютера. Источник сигнала нельзя подключать непосредственно к устройству сбора данных без какой-либо развязки, если контролируемый сигнал содержит большие выбросы напряжения, которые могут вывести из строя компьютер или опасны для оператора.

Изоляцию датчика от компьютера можно использовать, чтобы исключить влияние разности потенциалов в контурах заземления на результаты измерений с помощью устройства сбора данных. Если устройство сбора данных и источник сигнала заземлены не в одной и той же точке, может появиться паразитный контур заземления, который послужит причиной дополнительных погрешностей измерения. Большая разность потенциалов между точками заземления источника сигнала и устройства сбора данных может даже вывести из строя измерительную систему. Для устранения паразитных контуров заземления и повышения точности измерения сигнала используются модули кондиционирования SCXI с гальванической развязкой.

4.4. Измерительные системы

Измерительную систему необходимо сконфигурировать в соответствии с решаемыми задачами измерений и с учетом используемого оборудования.

4.4.1. Измерительные системы с дифференциальными входами

Измерительные системы с дифференциальными входами используются совместно с плавающими (незаземленными) источниками сигнала. Ни один из дифференциальных входов измерительной системы не соединен с общей шиной или заземлением здания. Примерами

подобных систем являются портативные приборы с батарейным питанием и устройства сбора данных с инструментальными (измерительными) усилителями.

Типичное устройство производства National Instruments, в котором реализована 8-канальная измерительная система с дифференциальными входами, показано на рис. 4-5. Аналоговые мультиплексоры (MUX) в измерительных цепях позволяют увеличить количество измерительных каналов, при этом достаточно одного инструментального усилителя.

На рис. 4-5 вывод AIGND (заземление цепей аналогового ввода) является заземлением измерительной системы.

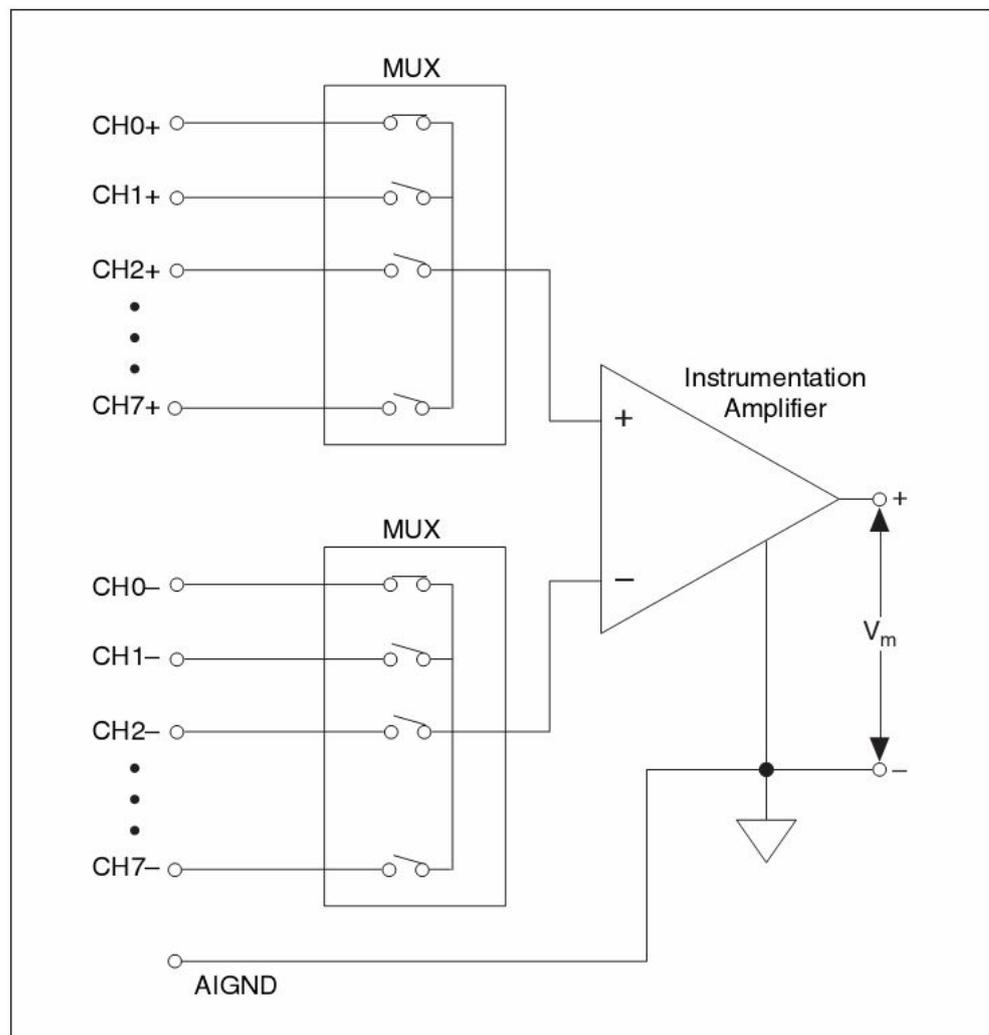


Рис. 4-5. Измерительная система с дифференциальными входами
Instrumentation amplifier – инструментальный усилитель

Синфазная помеха

Идеальная измерительная система с дифференциальными (симметричными) входами реагирует только на разность потенциалов между входами: положительным (неинвертирующим +) и

отрицательным (инвертирующим –). Синфазная помеха (помеха общего вида) представляет собой некоторое напряжение относительно заземляющего проводника, создаваемое на обоих входах инструментального усилителя. Идеальная система с дифференциальными входами не измеряет синфазную составляющую входного напряжения, полностью подавляя ее. Подавление напряжения общего вида необходимо, поскольку помехи чаще всего наводятся на соединительные проводники, как синфазные напряжения.

Однако способность подавлять синфазное напряжение в измерительных системах с дифференциальными входами на практике ограничивается такими факторами, как допустимый диапазон синфазных напряжений и коэффициент подавления синфазного сигнала (CMRR – Common-Mode Rejection Ratio).

Напряжение синфазного сигнала

Диапазон синфазных напряжений ограничивается диапазоном допустимого напряжения на каждом входе относительно заземления измерительной системы. Нарушение данного ограничения не только приводит к появлению погрешности измерения, но может даже вывести из строя компоненты устройства сбора данных. Синфазное напряжение определяется по следующей формуле:

$$V_{cm} = \left(\frac{V_+ + V_-}{2} \right)$$

где V_+ и V_- - соответственно напряжения на неинвертирующем и инвертирующем входе измерительной системы относительно ее заземления.

Коэффициент подавления синфазного сигнала

Коэффициент подавления синфазного сигнала характеризует способность измерительной системы подавлять помеху общего вида. Этот коэффициент является функцией частоты и обычно уменьшается с ее увеличением. Чем больше коэффициент CMRR, тем лучше усилитель может выделять дифференциальную составляющую из сигнала, содержащего синфазную помеху. Коэффициент подавления синфазного сигнала можно оптимизировать с помощью схем симметрирования. Для большинства устройств сбора данных указывают коэффициент подавления синфазного сигнала на частотах до 60 Гц (частоты питающей сети). Коэффициент подавления синфазного сигнала в децибелах (dB) определяется по формуле:

$$\text{CMRR(dB)} = 20 \log \left(\frac{K_D}{K_{\text{CM}}} \right),$$

где K_D и K_{CM} – коэффициенты усиления разностного и синфазного сигналов соответственно.

На рис. 4-6 показана простая схема измерения коэффициента подавления синфазного сигнала, определяемого в dB как:

$$20 \log \frac{V_{\text{cm}}}{V_{\text{out}}}$$

где $V_+ + V_- = V_{\text{cm}}$.

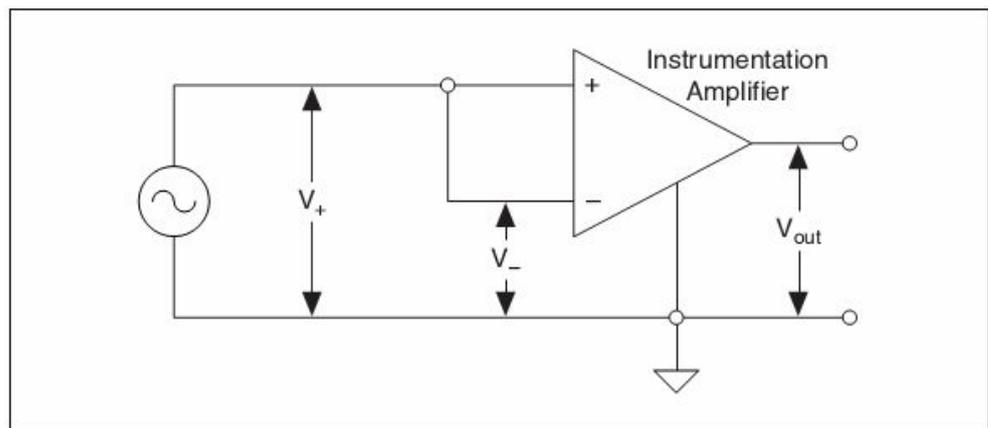


Рис. 4-6. Коэффициент подавления синфазного сигнала
Instrumentation Amplifier – инструментальный усилитель

4.4.2. Использование заземления в измерительных системах с несимметричным входом

Измерительные системы с несимметричным входом подобны источникам сигналов, у которых выходной сигнал снимается относительно земли. Если система с несимметричным входом заземлена (Referenced Single-Ended Measurement Systems – RSE), то напряжение измеряется относительно вывода заземления аналогового ввода AIGND, непосредственно соединенного с заземлением самой системы. (Такие системы еще называют системами с "однопроводным" подключением сигналов и заземленным общим проводом). На рис. 4-7 показана 16-канальная измерительная система с несимметричным входом и заземленным общим проводом.

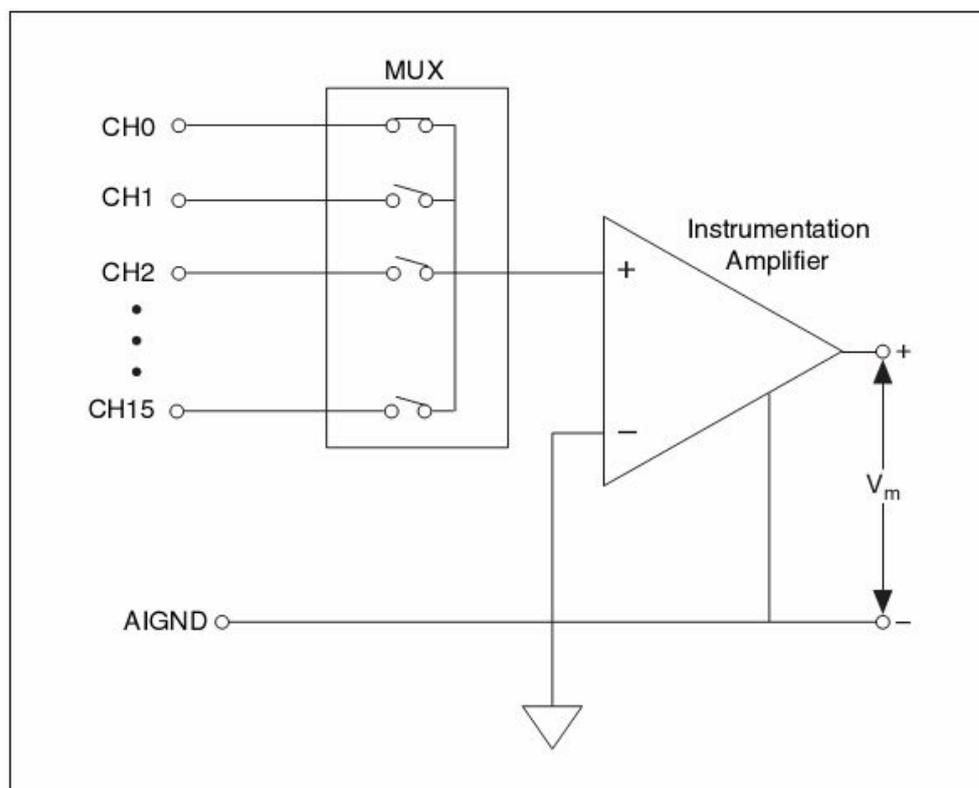


Рис. 4-7. Заземленная измерительная система с несимметричными входами
Instrumentation Amplifier – инструментальный усилитель

В устройствах сбора данных часто применяются схемы измерений с несимметричными входами без заземления общего провода (Non-Referenced Single-Ended Measurement Systems – NRSE). Схема реализации подобных подключений внешне похожа на схему с заземленными несимметричными входами, но обладает некоторыми качествами симметричных схем, поэтому система с незаземленными несимметричными входами называется системой с псевдодифференциальными входами (рис. 4-8).

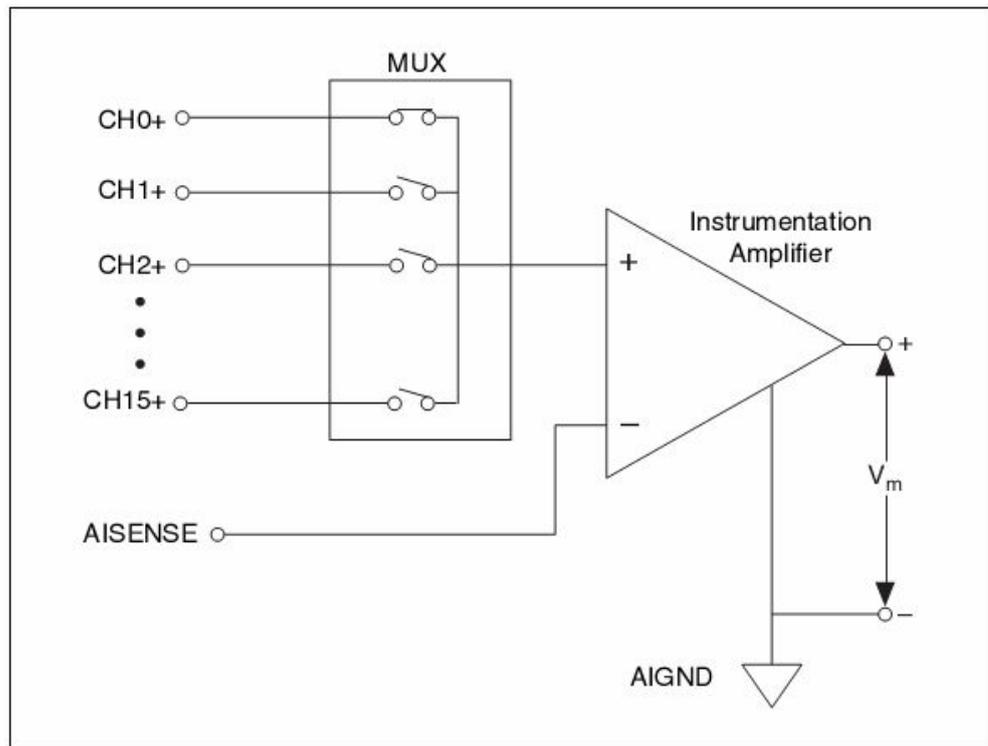


Рис. 4-8. Система с незаземленными несимметричными входами (NRSE)

Instrumentation Amplifier – инструментальный усилитель

В системах типа NRSE все измерения проводятся относительно общего вывода аналоговой части схемы (в устройствах сбора данных E серии он обозначен AISENSE), однако потенциал этого вывода может значительно отличаться от потенциала заземления системы (AIGND). Одноканальная система с незаземленным несимметричным входом аналогична одноканальной дифференциальной системе.

4.4.3. Выводы по способам подключения источников сигналов к измерительным системам

На рис. 4-9 обобщены способы подключения источника сигнала к измерительной системе.

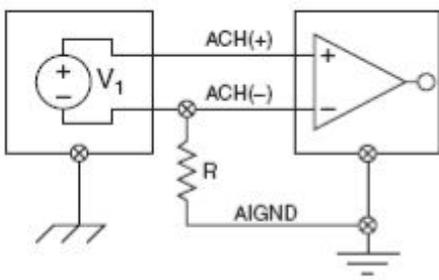
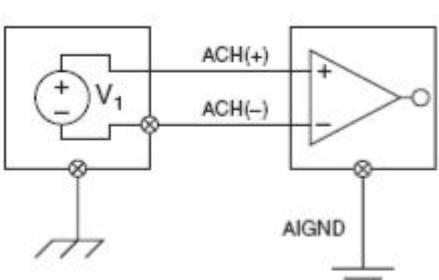
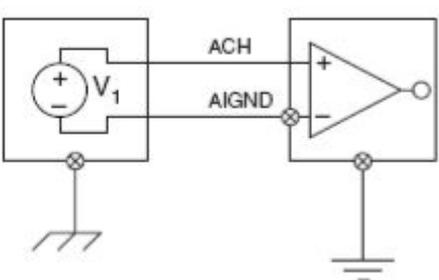
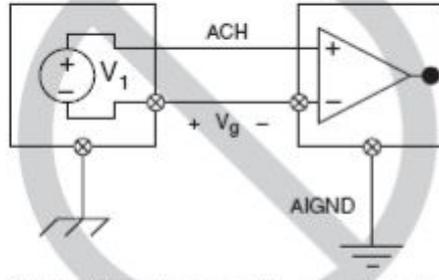
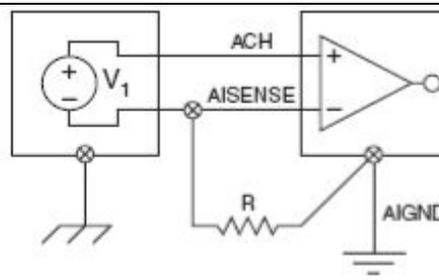
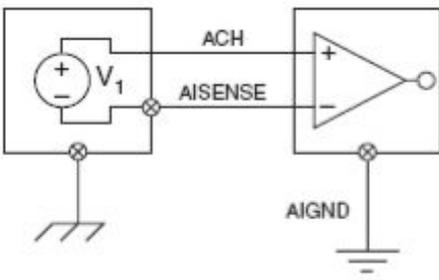
| | Тип источника сигнала | |
|--|---|---|
| | Плавающий источник сигнала (не подключенный к заземлению) | Заземленный источник сигнала |
| Вход | Примеры: <ul style="list-style-type: none"> • Незаземленные термопары • Устройства кондиционирования сигналов с изолированными выходами • Устройства с батарейным питанием | Примеры: <ul style="list-style-type: none"> • Встраиваемые устройства с неизолированными выходами |
| Дифференциальный (симметричный) (DIFF) |  <p>О резисторах смещения см. текст</p> |  |
| Несимметричный заземленный (RSE) |  | <p>НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ NOT RECOMMENDED</p>  <p>Ground-loop losses, V_g are added to measured signal.</p> <p>Разность потенциалов V_g в контуре заземления суммируется с измеряемым сигналом</p> |
| Несимметричный незаземленный (NRSE) |  <p>О резисторах смещения см. текст</p> |  |

Рис. 4-9. Подключение источника сигнала к измерительной системе

4.5. Синхронизация аппаратная или программная

Для управления процессом измерения или генерации сигналов можно использовать аппаратную или программную синхронизацию. При аппаратной синхронизации частоту измерений задает тактовый генератор устройства сбора данных. При программной синхронизации скорость сбора данных или генерации сигналов определяет не устройство измерения, а программа. Аппаратный тактовый генератор может работать намного быстрее и точнее, чем программный цикл.



Примечание. Некоторые устройства не поддерживают аппаратную синхронизацию. В технической документации на конкретное устройство приводится информация о том, поддерживается ли аппаратное тактирование.

4.6. Частота дискретизации

Одной из важнейших характеристик ввода или вывода аналоговых сигналов, выполняемых измерительной системой, является частота, с которой дискретизируется входной или генерируется выходной сигнал. Частота дискретизации или частота опроса, задаваемая для функций NI-DAQmx, определяет, как быстро осуществляется аналого-цифровое или цифро-аналоговое преобразование. При высокой частоте дискретизации входного сигнала собирается больше отсчетов в течение заданного интервала времени и это дает лучшее представление об исходном сигнале, чем при низкой частоте дискретизации.

4.6.1. Наложение спектра

Слишком малая частота дискретизации приводит к эффекту наложения спектра (Aliasing), в результате чего представление аналогового сигнала искажается. При этом сигнал отображается так, как будто его частота отличается от той, что есть на самом деле. Для устранения эффекта наложения спектра частота дискретизации должна быть в несколько раз больше частоты сигнала.

Согласно теореме Найквиста для точного представления частотного спектра измеряемого сигнала частота дискретизации должна быть вдвое больше его верхней частотной компоненты. Частота Найквиста – это максимальная частотная компонента сигнала, которая может быть представлена без наложения спектра. Частота Найквиста вдвое меньше частоты дискретизации. Частотные составляющие сигнала, превышающие частоту Найквиста, накладываются на область между нулевой частотой и частотой Найквиста. Ложная низкочастотная

составляющая дискретизированного сигнала равна модулю разности между частотой входного сигнала и ближайшей частотой, кратной частоте дискретизации.

Пусть, например, частота дискретизации f_s равна 100 Гц, а входной сигнал содержит следующие частотные составляющие: 25 Гц, 70 Гц, 160 Гц и 510 Гц (рис. 4-10).

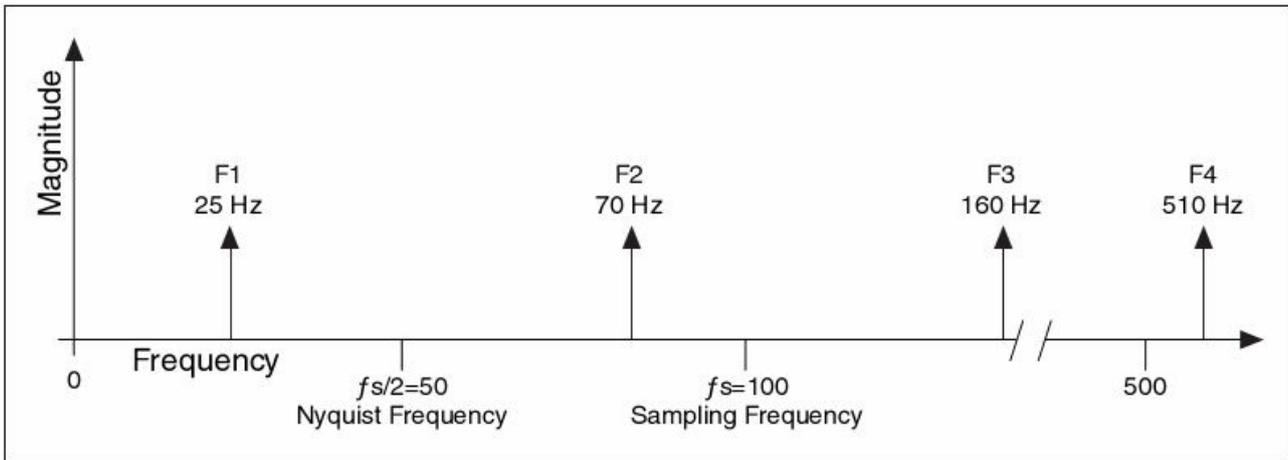


Рис. 4-10. Частотные компоненты без искажения
Magnitude - амплитуда, Frequency – частота,
Nyquist Frequency – частота Найквиста,
Sampling Frequency – частота дискретизации

Как показано на рис. 4-11, частотные составляющие сигнала ниже частоты Найквиста ($f_s/2 = 50 \text{ Гц}$) воспроизводятся корректно, а частотные составляющие сигнала, превышающие частоту Найквиста, приводят к появлению ложных частотных компонент. Например, составляющая $F_1 = 25 \text{ Гц}$ воспроизводится корректно, в то же время частотные составляющие исходного сигнала $F_2 = 70 \text{ Гц}$, $F_3 = 160 \text{ Гц}$, $F_4 = 510 \text{ Гц}$ порождают ложные составляющие $F_2 = 30 \text{ Гц}$, $F_3 = 40 \text{ Гц}$ и $F_4 = 10 \text{ Гц}$.

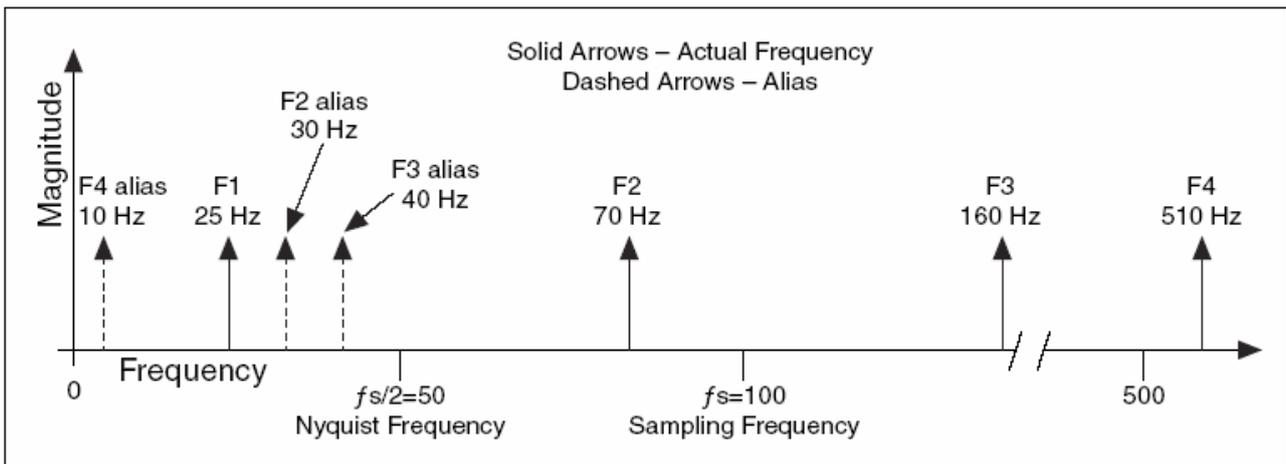


Рис. 4-11. Пример с ложными частотными составляющими

Magnitude – амплитуда, Frequency – частота, Nyquist Frequency – частота Найквиста, Sampling Frequency – частота дискретизации, Solid Arrows – Actual Frequency – сплошные стрелки – действительные частотные составляющие, Dashed Arrows – Alias – пунктирные стрелки – ложные частотные составляющие

Для вычисления ложных частотных компонент используется следующее выражение:

Ложная частота $f_a = |f_{ns} - f_x|$, где f_{ns} – ближайшее значение частоты, кратное частоте дискретизации, f_x – частота измеряемого сигнала.

Например,

$$\text{ложная частота } F_2 = |100 - 70| = 30 \text{ Гц}$$

$$\text{ложная частота } F_3 = |(2)100 - 160| = 40 \text{ Гц}$$

$$\text{ложная частота } F_4 = |(5)100 - 510| = 10 \text{ Гц}$$

4.6.2. Как часто надо делать отсчеты?

Отсчеты сигнала можно было бы брать с частотой, максимально возможной для измерительного устройства. Однако при измерениях в течение длительного интервала времени может не хватить памяти или пространства на жестком диске для сохранения данных. На рис. 4-12 показано, что можно получить при различных частотах дискретизации сигнала.

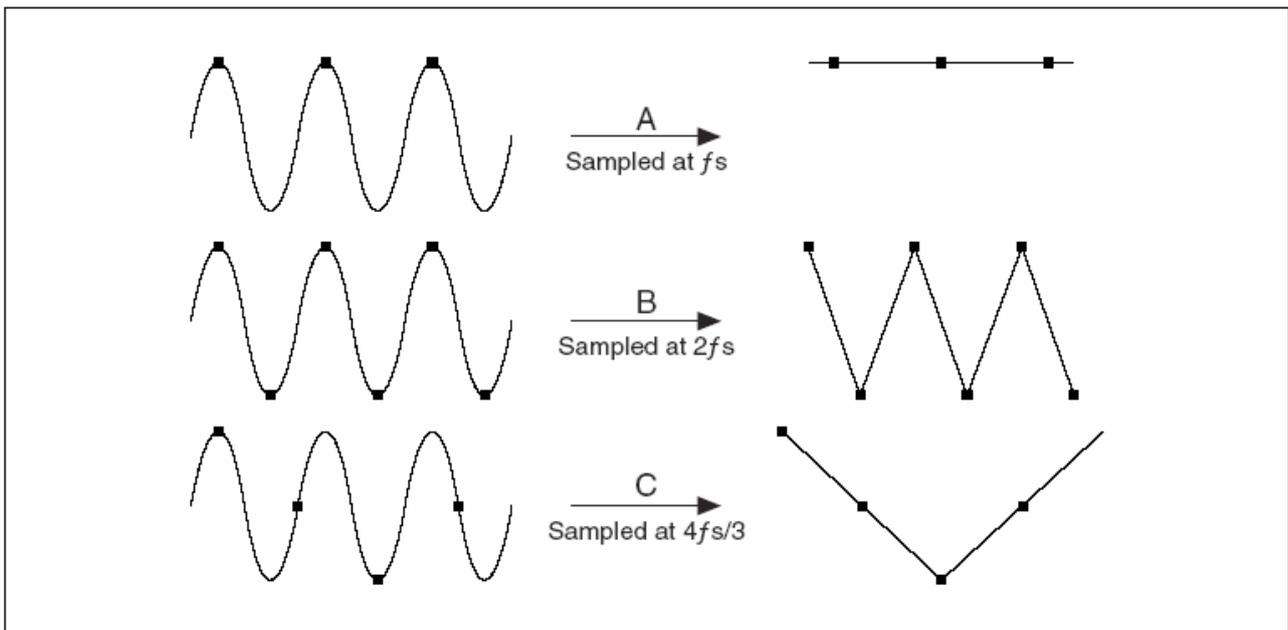


Рис. 4-12. Различные частоты дискретизации сигнала
 A, B, C – дискретизация сигнала с частотой f_s , $2f_s$, $4f_s/3$ соответственно

В примере A синусоида частотой f дискретизируется с частотой $f_s = f$ – полученные отсчеты представляют сигнал искаженным, в виде постоянной составляющей. Если увеличить частоту сбора данных до $2f_s$, оцифрованный сигнал будет содержать равное с исходным сигналом число периодов, т.е. частота будет определена корректно, однако форма дискретизированного сигнала будет треугольной, как показано в примере B. В примере C частота дискретизации составляет $4f_s/3$. Поскольку в этом случае частота сбора данных ниже $2f_s$, $(4f_s/3 \times 1)/2 = 2f_s/3$, дискретизированный сигнал воспроизводится искаженным и по частоте, и по форме. Путем значительного увеличения частоты дискретизации относительно f_s удастся повысить точность воспроизведения формы сигнала.

4.7. Цифровой ввод-вывод

Аналоговый сигнал непрерывно изменяется во времени. Цифровой или двоичный сигнал имеет только два разрешенных дискретных уровня – высокий уровень (ON) и низкий уровень (OFF). Основные типы сигналов проиллюстрированы на рис. 4-13.

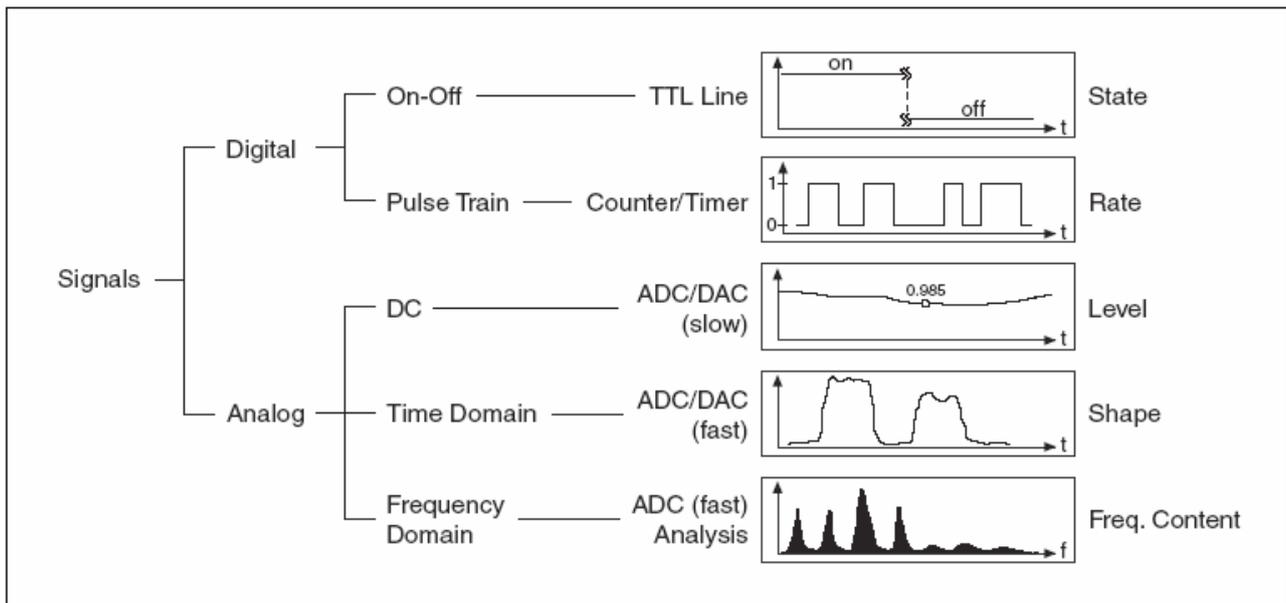


Рис. 4-13. Типы сигналов.

Signals – сигналы, Digital – цифровые, Analog – аналоговые;
 On-Off – двоичные, Pulse Train – импульсные; DC – постоянный ток,
 Time Domain – временная область, Frequency Domain – частотная область;
 TTL Line – ТТЛ линия, Counter-Timer – таймер/счетчик;
 ADC/DAC – АЦП/ЦАП (slow – медленный, fast – быстрый),
 Analysis – анализ; State – состояние, Rate – частота; Level – уровень,
 Shape – форма, Freq. Content – спектральный состав

Примером цифрового сигнала является сигнал логического элемента ТТЛ-типа. ТТЛ сигнал имеет следующие характеристики (рис. 4-14):

- $0 \div 0,8 \text{ В}$ – низкий логический уровень (Low)
- $2 \div 5 \text{ В}$ – высокий логический уровень (High)
- Максимальное время нарастания/спада 50 нс (Rise/Fall)

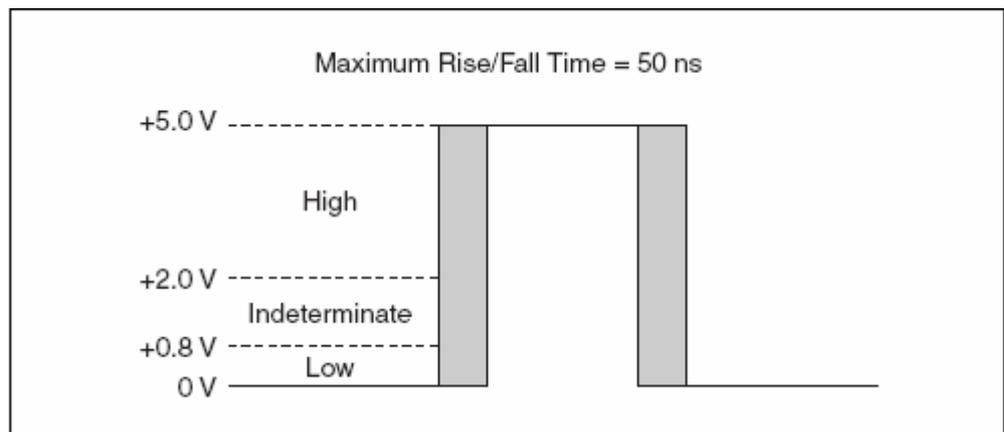


Рис. 4-14. ТТЛ сигнал

Indeterminate – неопределенное состояние

4.7.1. Цифровые линии и порты

Цифровые линии и порты являются важной частью системы цифрового ввода-вывода.

Цифровая линия соответствует отдельному сигналу и привязана к конкретному физическому контакту. Данные, передаваемые по линии, принимают одно из двух двоичных значений: 1 или 0 и оцениваются в битах. Термины линия и бит обычно взаимозаменяемы.

Порт представляет собой набор цифровых линий. Как правило, линии группируют в 8-битовые порты, т.е. порт состоит из 8-ми линий. Большинство устройств сбора данных серии E имеют один 8-битовый порт. Число линий определяют разрядность порта. Если, например, порт имеет 8 линий, разрядность порта равна 8.

4.7.2. Квитирование

Квитирование (рукопожатие) применяется для связи с внешним устройством и представляет собой обмен сигналами запроса и подтверждения в каждом элементарном цикле передачи данных.

Например, квитирование при считывании изображения со сканера включает в себя следующие шаги.

1. После сканирования изображения сканер посылает измерительному устройству импульс готовности к передаче данных.
2. Измерительное устройство считывает 8-, 16- или 32-разрядный цифровой код (отсчет).
3. Измерительное устройство посылает сканеру импульс подтверждения приема отсчета.
4. Сканер посылает импульс готовности к передаче следующего отсчета.
5. После приема этого импульса измерительное устройство принимает очередной отсчет.

Процесс повторяется, пока не будут переданы все отсчеты.



Примечание. Не все устройства поддерживают процедуру квитирования. Информация о том, может ли устройство квитировать обмен данными, содержится в технической документации на устройство. Среди устройств серии E квитирование поддерживают только те, у которых имеется дополнительная микросхема 8255 и количество цифровых линий более 8.

4.8. Запуск

Сигнал запуска (Trigger) инициирует какое-либо действие, например, сбор данных. Этот сигнал следует использовать, если измерение должно начаться в определенный момент времени. Пусть, например, необходимо протестировать реакцию некоторой печатной платы на импульсное входное воздействие. Можно использовать это воздействие в качестве сигнала запуска измерительного устройства для начала сбора данных. Без сигнала запуска сбор данных начался бы до подачи тестового импульса.

При конфигурировании запуска необходимо решить два главных вопроса – какое действие должно быть инициировано сигналом запуска, и каким образом сформировать этот сигнал.

Если необходимо инициировать начало измерения, используется режим запуска Start Trigger. Если измерения нужно завершить по появлению сигнала запуска, применяется режим запуска по ссылке (Reference Trigger), называемый также режимом Stop Trigger. При измерениях до и после появления сигнала запуска этот сигнал позволяет определить, какие данные считаны до, а какие – после соответствующего события.

Кроме того, необходимо выбрать источник сигнала запуска. Если запуск должен осуществляться аналоговым сигналом, используют режим аналогового запуска по фронту (Edge Trigger) или аналоговый запуск в зоне (в окне - Window Trigger). Если сигнал запуска синхронизации цифровой, можно использовать перепад логического сигнала на выводе PFI (Programmable Function Input).

4.8.1. Запуск по фронту аналогового сигнала

Сигнал запуска по фронту аналогового сигнала появляется, когда выполняются определенные условия, такие, как достижение заданного уровня сигнала или происходит заданное изменение сигнала – нарастание или спад. Когда измерительное устройство идентифицирует условие запуска, то в нем производятся действия, ассоциированные с запуском, например, начинаются измерения или производится маркирование отсчета, который был получен при появлении сигнала запуска.

На рис. 4-15 данные начинают фиксироваться после достижения нарастающим сигналом уровня 3.2 – производится запуск измерений.

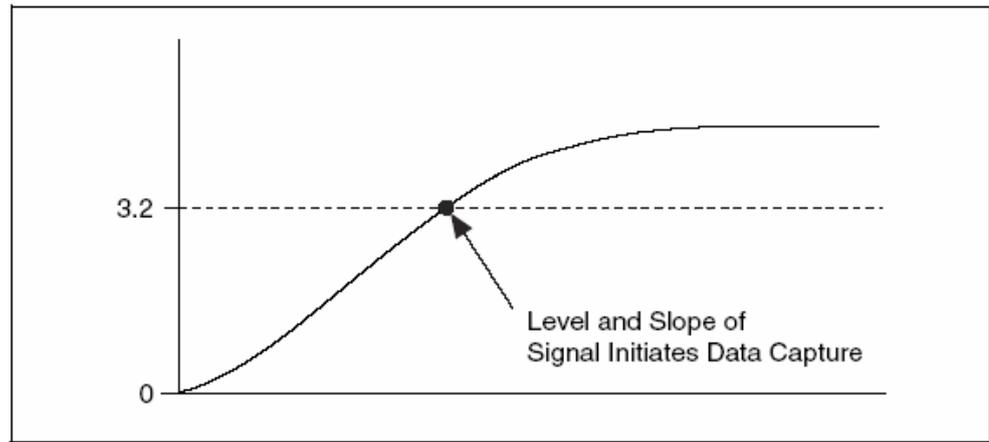


Рис. 4-15. Пример аналоговой синхронизации по фронту
Уровень и наклон сигнала инициирует считывание данных

4.8.2. Аналоговый запуск в зоне

Аналоговый запуск в зоне осуществляется, когда аналоговый сигнал входит (Enters) или выходит (Leaves) из зоны (окна), определяемой двумя уровнями напряжений. Назначение окна сбора данных производится установкой уровней напряжения для верхней (Window Top) и нижней (Window Bottom) границ окна.

На рис. 4-16 данные считываются, когда сигнал входит в зону.

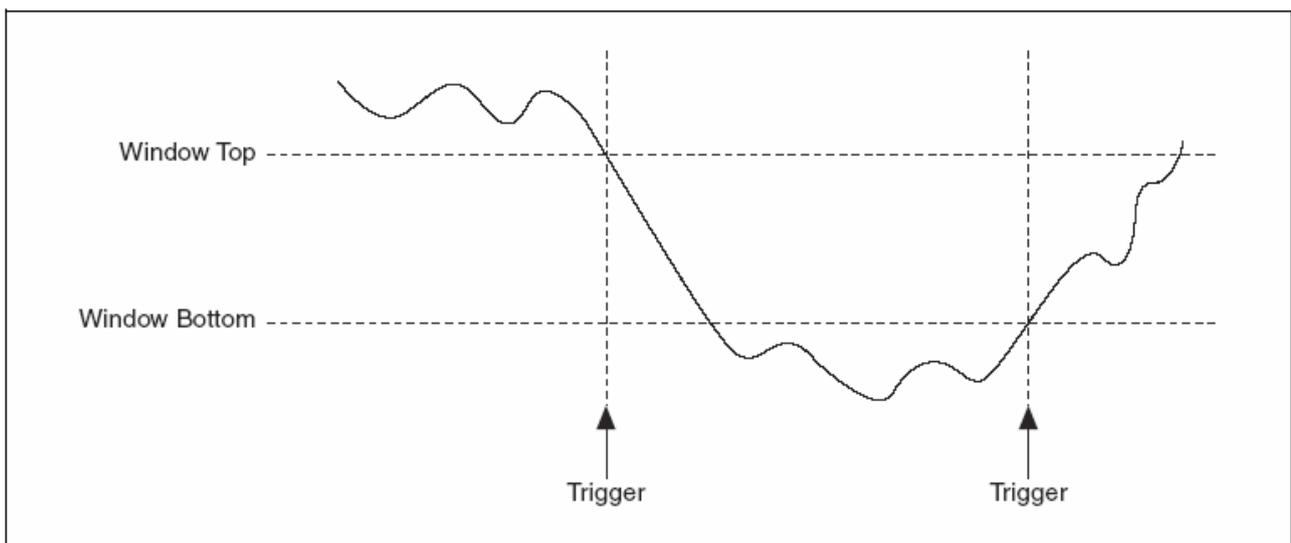


Рис. 4-16. Пример аналогового запуска по входу в окно

На рис. 4-17 сбор данных идет, когда сигнал выходит из зоны.

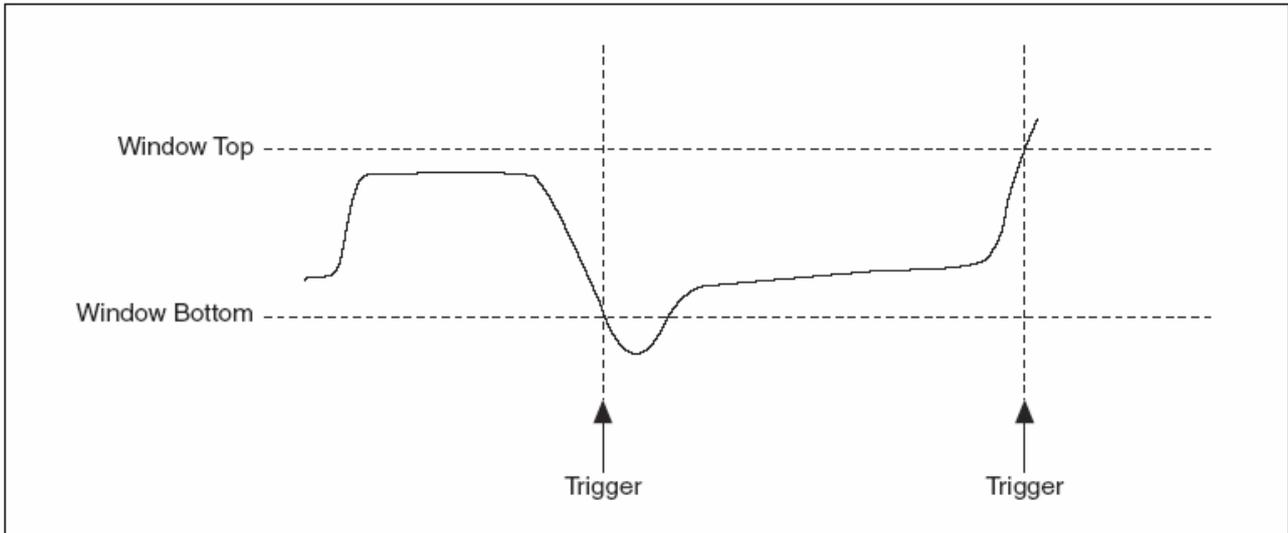


Рис. 4-17. Пример аналогового запуска по выходу из окна

4.8.3. Цифровой запуск по фронту

Обычно в качестве сигнала цифрового запуска по фронту используют TTL сигнал, который имеет два дискретных уровня: высокий и низкий. Перепад от высокого уровня к низкому порождает отрицательный фронт, а перепад от низкого уровня к высокому – положительный фронт. Сигнал начала некоторого действия может быть сформирован по положительному или отрицательному фронту сигнала запуска. На рис. 4-18 сбор данных начинается при появлении отрицательного фронта (Falling Edge) цифрового сигнала запуска. В измерительных устройствах производства National Instruments цифровые сигналы запуска обычно подают на выводы PFI.

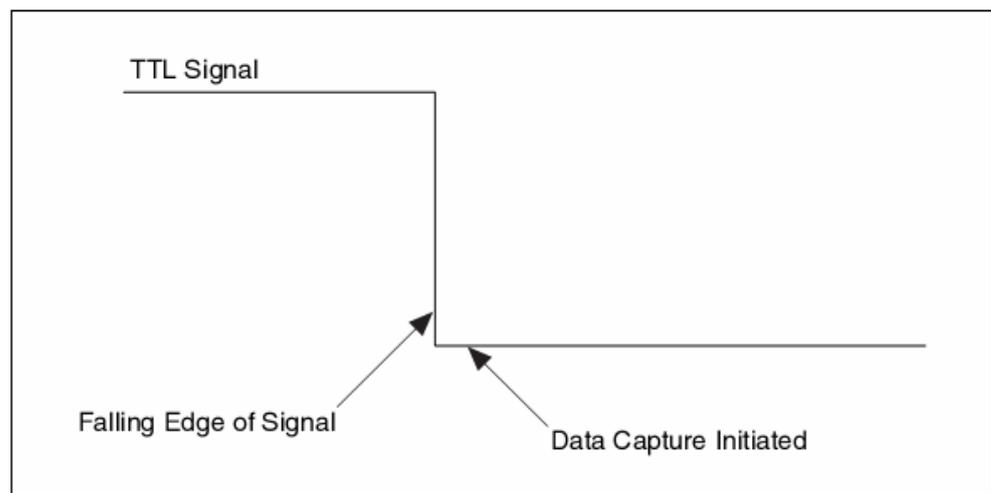


Рис. 4-18. Цифровой запуск
Data Capture Initiated – начало сбора данных

4.9. Обработка сигнала

Обработка сигнала – это процесс получения информации из собранных данных путем их преобразования, фильтрации помех и представления в более понятной и удобной форме, чем исходные отсчеты сигнала.

К технологиям обработки сигналов относятся фильтрация и взвешивание (Windowing). Более подробная информация по обработке сигналов – в руководстве *LabVIEW Analysis Concepts (Принципы обработки данных в LabVIEW)*.

4.9.1. Фильтрация

Фильтрация является одной из наиболее распространенных технологий обработки сигналов. В системах кондиционирования сигналов нежелательные сигналы или помехи можно отфильтровать от измеряемого сигнала. Фильтр подавления помех, содержащихся в медленно изменяющихся сигналах, например, температуре, удаляет высокочастотные составляющие, которые могут снижать точность измерений. Обычно подобные фильтры используются для подавления помехи от силовой сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Фильтр нижних частот (ФНЧ) с частотой среза 4 Гц устраняют помеху 50 или 60 Гц при низкой частоте дискретизации сигналов. ФНЧ подавляет все частотные составляющие сигнала выше частоты среза. В состав многих модулей кондиционирования сигналов входят ФНЧ с программно устанавливаемыми частотами среза от 10 Гц до 25 кГц.

Дополнительные сведения о фильтрации можно найти в главе 4 *Digital Filtering (Цифровая фильтрация)* руководства *LabVIEW Analysis Concepts (Принципы обработки данных в LabVIEW)*.

4.9.2. Взвешивание

Взвешивание или сглаживание с помощью окон используют для минимизации утечек спектра, обусловленных конечным размером выборки сигналов.

Утечка спектра

Утечка спектра – это эффект перераспределения энергии в измеренном спектре от одной частотной составляющей к другим. Утечка возникает, если в выборке дискретизированного сигнала, полученной за время сбора данных, не укладывается целое число периодов сигнала. Для уменьшения утечек спектра сигнал во временной области умножают на функцию взвешивания (Window Function).

Основа спектрального анализа – математическое разложение исходного сигнала на синусоидальные и косинусоидальные компоненты – производится с помощью дискретного преобразования Фурье (Discrete Fourier Transform – DFT) и быстрого преобразования Фурье (Fast Fourier Transform – FFT). Использование DFT / FFT для нецелого числа периодов сигнала, например, для 7,5 периодов, дает спектр, в котором возникают утечки, как будто энергия из одной частотной составляющей растекается на все остальные частоты. Это происходит потому, что быстрое преобразование Фурье применяется для одного периода сигнала в предположении непрерывности и периодичности сигнала на бесконечном интервале времени. Искусственные разрывы сигнала (конечная длительность выборки) приводят к появлению высших гармоник, которых нет в исходном сигнале. Поскольку эти компоненты спектра выше частоты Найквиста, то возникают ложные частоты в диапазоне $0 \div f_s/2$.

Тип используемой взвешивающей функции (окна) зависит от вида измеряемого сигнала и цели анализа. Правильный выбор взвешивающей функции требует некоторой информации об исследуемом сигнале. В таблице 4-2 приведены основные типы взвешивающих функций, соответствующие типы сигналов и примеры применения.

Таблица 4-2. Основные типы взвешивающих функций

| Тип окна | Тип сигнала и описание | Применение |
|--|--|--|
| Прямоугольное (Rectangular) (без окна) | Неустановившиеся сигналы, длительность которых меньше ширины окна; окно ограничено конечным временным интервалом | Определение порядка, анализ системы (измерение частотной характеристики) с использованием псевдослучайного воздействия, разделение двух тонов с очень близкими частотами и почти равными амплитудами |
| Треугольное (Triangle) | Форма треугольника | Применения общего назначения |
| Хэннинга (Hanning) | Неустановившиеся сигналы, длительность которых больше ширины окна | Применения общего назначения, анализ системы (измерение частотной характеристики) с использованием случайного воздействия |
| Хэмминга (Hamming) | Неустановившиеся сигналы, длительность которых больше ширины окна; модифицированная функция Хэннинга с разрывами на краях | Часто используется при обработке речевых сигналов |
| Блэкмана | Неустановившиеся сигналы; аналогично функциям Хэннинга и Хэмминга с добавлением косинусной составляющей для уменьшения пульсаций | Применения общего назначения |
| Окно с плоской вершиной | Имеет лучшую точность по амплитуде, но ограниченную избирательность по частоте | Точные, однотоновые измерения амплитуды при отсутствии соседних гармоник |



Примечание. Во многих случаях информации о сигнале недостаточно и приходится экспериментально подбирать наилучшую взвешивающую функцию.

4.10. Калибровка устройства

Калибровка устройства заключается в проверке погрешности измерений и коррекции ее до некоторого заданного значения. Проверка производится путем оценки характеристик прибора и сравнения их с заводскими спецификациями. В процессе калибровки, проводимой с использованием внешних образцовых мер, подаются определенные уровни напряжений, считываются результаты измерений этих уровней калибруемым устройством и выполняется подстройка калибровочных констант устройства. Новые значения

калибровочных констант сохраняются в EEPROM (репрограммируемом ПЗУ с электрическим стиранием). Эти константы по мере необходимости загружаются из памяти для коррекции погрешности измерений. Существуют два вида калибровки: внешняя и внутренняя, или самокалибровка. Дополнительную информацию о калибровке устройств можно найти на сайте National Instruments ni.com/calibration.

4.10.1. Внешняя калибровка

Внешняя калибровка, обычно выполняемая в метрологической лаборатории, требует использования высокоточного источника напряжения для проверки и корректировки калибровочных констант. Данная процедура заменяет все калибровочные константы в EEPROM и эквивалентна заводской калибровке. Поскольку внешняя калибровка изменяет все константы, записанные в EEPROM, прилагаемый к устройству первичный сертификат соответствия Национального института стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology NIST) теряет силу. Новый зарегистрированный сертификат NIST может быть выдан, если в процессе внешней калибровки используется источник напряжения, сертифицированный NIST.

4.10.2. Внутренняя калибровка

Внутренняя калибровка (самокалибровка) не требует никаких внешних подключений и иницируется программно. Самокалибровка подстраивает устройство для работы в среде с изменяющимися параметрами, такими, как температура. Самокалибровка в условиях эксплуатации позволяет скорректировать результаты измерений с учетом изменения параметров окружающей среды относительно условий, при которых выполнялась внешняя калибровка устройства.

5. Создание типового измерительного приложения

В этой главе излагаются общие сведения о возможностях применения LabVIEW для разработки приложений сбора, обработки и представления данных.

5.1. Элементы управления вводом-выводом

Для спецификации ресурсов измерительного прибора или устройства, с которым необходимо организовать взаимодействие, используются элементы управления вводом/выводом (I/O Control), расположенные в палитре ввода-вывода. Выбор элементов I/O Control зависит от типа измерительного прибора или устройства. На блок-диаграмме терминал ввода/вывода подсоединяется к строковому входу (терминалу) или входу канала на пиктограмме функции Traditional NI-DAQ, NI-DAQmx, IVI, VISA, FieldPoint или Motion VI. Прежде, чем использовать элементы управления вводом-выводом, должны быть установлены и подключены все необходимые программные и аппаратные компоненты (драйверы, модули ввода-вывода, устройства или приборы).



Примечание. Все элементы управления и константы для устройств ввода-вывода доступны на всех платформах. Однако существуют компоненты, зависящие от платформы, и при попытке запустить VI с подобными компонентами на платформе, которая их не поддерживает, появится сообщение об ошибке.

5.1.1. Элемент имени устройства DAQmx (DAQmx Name Control)

Если для управления устройством сбора данных используется драйвер NI-DAQmx, необходимо выбирать компоненты из палитры **DAQmx Name Controls** для доступа к задачам, шкалам, устройствам, глобальным каналам и коммутаторам, конфигурируемым с использованием MAX или DAQ Assistant. Для фильтрации вариантов конфигурации необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по

элементу управления и выбрать в контекстном меню пункт **I/O Name Filtering**.

Подробнее об использовании задач NI-DAQmx – в разделе *Физические и виртуальные каналы* настоящей главы.

5.1.2. Элемент логического имени IVI (IVI Logical Name Control)

При работе с IVI драйверами измерительных приборов для доступа к логическим именам, сконфигурированным с помощью MAX, применяют элементы управления IVI Logical Name. Логические имена появляются в выпадающем меню элемента управления IVI Logical Name и являются ссылками на приборы, которые работают с IVI драйверами. Элемент управления IVI Logical Name отображает также имя VISA ресурса для применения специфицированного IVI драйвера без MAX.

5.1.3. Элемент имени VISA ресурса (VISA Resource Name)

Элемент управления VISA Resource Name используется для доступа к псевдонимам VISA, сконфигурированным с помощью MAX. VISA псевдонимы и имена ресурсов появляются в выпадающем меню элемента управления.

5.1.4. Элемент точки ввода-вывода FieldPoint (FieldPoint I/O Point Control)

Для доступа к отдельным точкам (каналам) ввода-вывода FieldPoint, созданным и сконфигурированным в MAX, применяется элемент управления FieldPoint I/O Point. В выпадающем меню этого элемента появляются все доступные каналы, сконфигурированные в MAX.

5.1.5. Элемент имени ресурса Motion (Motion Resource Name Control)

Для доступа к ресурсам управления движением, сконфигурированным с помощью MAX, служит элемент управления Motion Resource Name. Щелчок правой кнопкой мыши по этому элементу открывает контекстное меню, при выборе в котором пункта **Allow Undefined Names** можно задавать имена без использования MAX.

5.2. Полиморфные VI

Многие VI из палитры DAQmx являются полиморфными и могут получать и возвращать данные различных типов: скаляры, массивы или данные сигнального типа. Полиморфные VI NI-DAQmx применяются для конфигурирования различных режимов запуска и методов дискретизации сбора данных, для создания виртуальных каналов. По умолчанию VI DAQmx отображаются на блок-диаграмме с полиморфным селектором выбора.

Подробная информация о полиморфных VI приведена в разделе *Polymorphic VIs and Functions (Полиморфные VI и функции)* главы 5 *Building the Block Diagram (Разработка блок-диаграмм)* документа *LabVIEW User Manual (Руководства пользователя LabVIEW)*.

5.3. Свойства

Большинство приложений можно спроектировать только с помощью VI NI-DAQmx, NI-VISA и IVI Instrument Driver API. А для расширения функциональных возможностей и включения сравнительно редко используемых особенностей могут быть использованы свойства этих API функций. Например, для установки некоторых часто используемых настроек последовательного порта (в том числе - скорости передачи в бод) в VISA сессии можно использовать VI VISA Configure Serial Port. Однако если необходимо изменять только скорость передачи, достаточно узла свойств Property Node.

Узел свойств Property Node в палитре **NI-DAQmx** применяется при конфигурировании параметров низкого уровня NI-DAQmx, в палитре **VISA Advanced** используется для задания свойств VISA, а в палитре **Modular Instrument** и в палитре **IVI Instrument Drivers** – для соответствующих API функций модульных приборов и драйверов IVI.

5.4. Создание типового DAQ приложения

Разработка прикладных систем сбора данных выполняется с использованием VI из палитры **NI Measurements** в соответствии с основными этапами программирования, изображенными на рис. 5.1.

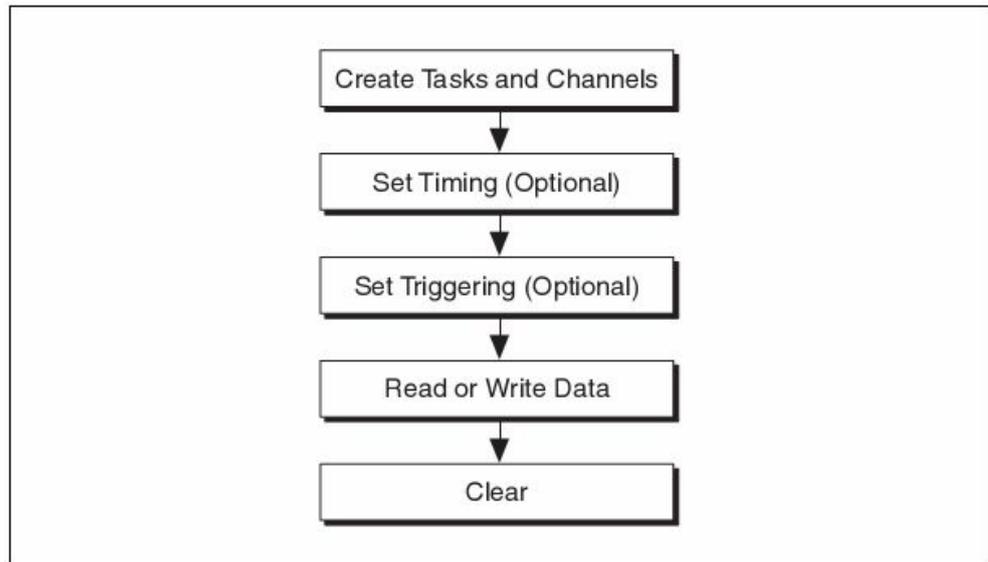


Рис. 5-1. Основные этапы создания DAQ-приложения
 Create Tasks and Channels – создание задач и каналов; Set Timing (Optional) – установка режима тактирования (необязательно); Set Triggering (Optional) – установка режима запуска (необязательно); Read or Write Data – запись или чтение данных; Clear – очистка

Следует обратить внимание, что задание режимов тактирования и запуска не являются обязательными. Этап задания режима тактирования необходим при использовании аппаратной синхронизации. Если используется NI-DAQmx, параметры синхронизации могут быть определены в задаче с помощью DAQ Assistant.

Задание режима запуска используется, если необходимо выполнять сбор данных при реализации определенных условий, например при превышении входным сигналом уровня 4 В. При работе с NI-DAQmx конфигурирование режима запуска также может осуществляться с помощью задачи DAQ Assistant.

Большинство приложений NI-DAQmx содержат этапы запуска (Start), останова (Stop) и очистки (Clear) задачи. Например, в приложениях, в которых для подсчета фронтов или измерения периода используется таймер/счетчик, для управления счетчиком применяется VI Start.

NI-DAQmx LabVIEW очищает задачу автоматически по завершении работы иерархии VI, созданных задачами.

Палитра NI-DAQmx содержит VI для синхронизации, запуска, чтения и записи отсчетов. Для расширения функциональности VI NI-DAQmx можно использовать свойства.

Подробнее об использовании VI NI-DAQmx и их свойств – в справочном руководстве по DAQmx (*DAQmx Data Acquisition VIs help*).

5.4.1. Физические и виртуальные каналы

Под физическим каналом понимают вывод или контакт (терминал), на который поступает измеряемый или генерируемый аналоговый или цифровой сигнал. Каждый физический канал устройства, поддерживаемый NI-DAQmx, имеет уникальное имя.

Виртуальный канал – это совокупность атрибутов (свойств), которая может состоять из имени физического канала, подключения входного контакта, разновидности измерений или генерации, информации о масштабировании. При использовании драйверов Traditional NI-DAQ или более ранних версий конфигурирование виртуальных каналов является дополнительным способом регистрации, какие каналы используются в различных измерениях, однако для драйверов NI-DAQmx виртуальные каналы – составная часть любых приложений.

5.4.2. Задачи

Задача в NI-DAQmx – это набор из одного или нескольких виртуальных каналов с параметрами синхронизации, запуска и других атрибутов. Задача служит для представления процессов измерения или генерации, которые необходимо выполнить. В задаче определяется и сохраняется вся конфигурационная информация, впоследствии задача используется в составе приложения.

В NI-DAQmx можно конфигурировать виртуальные каналы как часть задачи, либо отдельно от нее.

Для измерения или генерации с использованием задачи необходимо выполнить следующие действия.

1. Создать задачу и каналы.
2. Сконфигурировать канал, определить свойства синхронизации и запуска (необязательно).
3. Считать или записать отсчеты.
4. Очистить задачу.

Шаги 2 и 3 повторяются столько раз, сколько это требует приложение. Например, после чтения или записи отсчетов можно изменить конфигурацию свойств канала, синхронизации или запуска и затем считывать или записывать дополнительные отсчеты при новых атрибутах конфигурации.

5.4.3. Элементы управления аналоговыми и цифровыми сигналами (Waveform Control и Digital Waveform Control)

Для представления измеряемых и генерируемых аналоговых и цифровых сигналов применяются элементы управления Waveform и Digital Waveform, а также графические индикаторы Waveform Graph и Digital Waveform Graph. По умолчанию в LabVIEW аналоговый сигнал, например, синусоида или сигнал прямоугольной формы, представляется данными типа Waveform. Набор из нескольких сигналов представляется в виде одномерного массива сигналов (1D Array of Waveform). Для цифровых сигналов по умолчанию используется тип данных Digital Waveform.

Органы управления аналоговыми и цифровыми сигналами состоят из таких компонентов, как начальный момент времени (start time – t_0), интервала дискретизации (delta t), собственно значений сигнала, а также атрибутов. Для доступа к отдельным компонентам и управления ими следует использовать функции и VI Waveform.

Время старта (Start Time – t_0)

Время старта t_0 – это временная метка, к которой привязан первый отсчет измеряемого сигнала. Время старта необходимо для позиционирования нескольких графиков аналоговых или цифровых сигналов, отображаемых на одном экране, и для определения задержек между сигналами.

Интервал дискретизации (Delta t – dt)

Под интервалом дискретизации dt следует понимать интервал времени между двумя отсчетами сигнала.

Значения сигнала (Waveform Data and Digital Waveform Data – Y)

Значения аналогового или цифрового сигнала – это численные значения, с помощью которых представляется сигнал.

Аналоговый сигнал можно представить массивом данных любого числового типа. Обычно количество элементов массива соответствует числу отсчетов, считанных с устройства сбора данных.

Цифровой сигнал представляется данными цифрового типа, а отображаются данные в табличном формате.

Атрибуты

Атрибуты содержат такую информацию о сигнале, как имя сигнала и имя устройства сбора данных. NI DAQ некоторые атрибуты устанавливает автоматически. Для установки атрибутов используется функция Set Waveform Attributes, а для их чтения – функция Get Waveform Attributes.

Отображение сигналов

Для представления аналоговых сигналов на лицевой панели служат органы управления – Waveform Control и органы отображения – Waveform Graph, а для цифровых сигналов – органы управления Digital Waveform Control и органы отображения – Digital Waveform Graph.

Управление параметрами сигналов t_0 , dt и Y осуществляется с помощью органов управления Waveform Control и Digital Waveform Control, а отображение значений параметров – с помощью соответствующих индикаторов.

При подключении источника сигнала к экрану (graph), t_0 принимается в качестве начального значения оси x . Количество считанных отсчетов и интервал dt определяют следующие за t_0 значения по оси x . Элементы данных Y представляют собой точки, отображаемые на графике.

Если нужно разрешить пользователю управлять одним из компонентов, например dt , на лицевой панели создают орган управления и соединяют его с соответствующим компонентом функции Build Waveform.

VI на рис. 5-2 считывает в непрерывном режиме с частотой дискретизации 1 кГц 10000 отсчетов с DAQ-устройства, начиная с момента времени 7:00. На графике отображаются отсчеты сигнала (Y). Начальный момент времени (t_0) соответствует 7:00:00 p.m. и является первой точкой на оси x . Интервал dt равен 1 мс (1000 отсчетов/с = 1 мс/отсчет). Следовательно, 10000 отсчетов соответствуют 10 с, причем последний отсчет соответствует моменту времени 7:00:10 p.m.

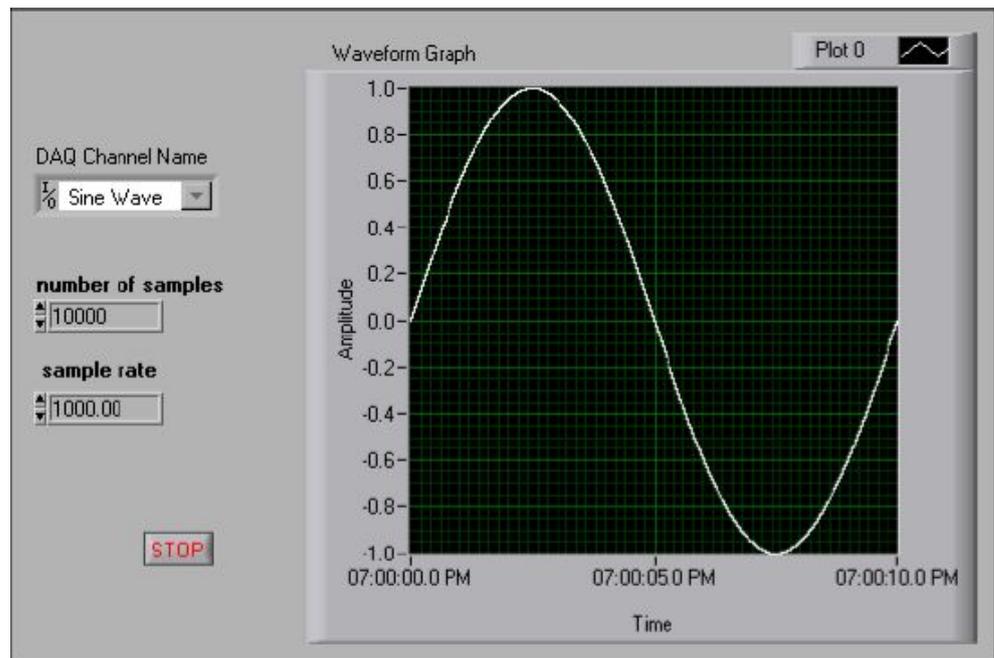


Рис. 5-2. Waveform Graph (График сигнала)
 DAQ Channel Name – имя канала, number of samples – количество отсчетов,
 sample rate – частота дискретизации

Использование органа управления Waveform

Отдельные VI принимают, обрабатывают и/или возвращают сигналы. Кроме того, данные сигнального типа могут поступать непосредственно от различных органов управления, в том числе от графиков, диаграмм, элементов ввода чисел и массивов чисел.

Блок-диаграмма на рис. 5-3 считывает сигнал с некоторого канала устройства сбора данных, фильтрует сигнал и отображает обработанный сигнал на графике.

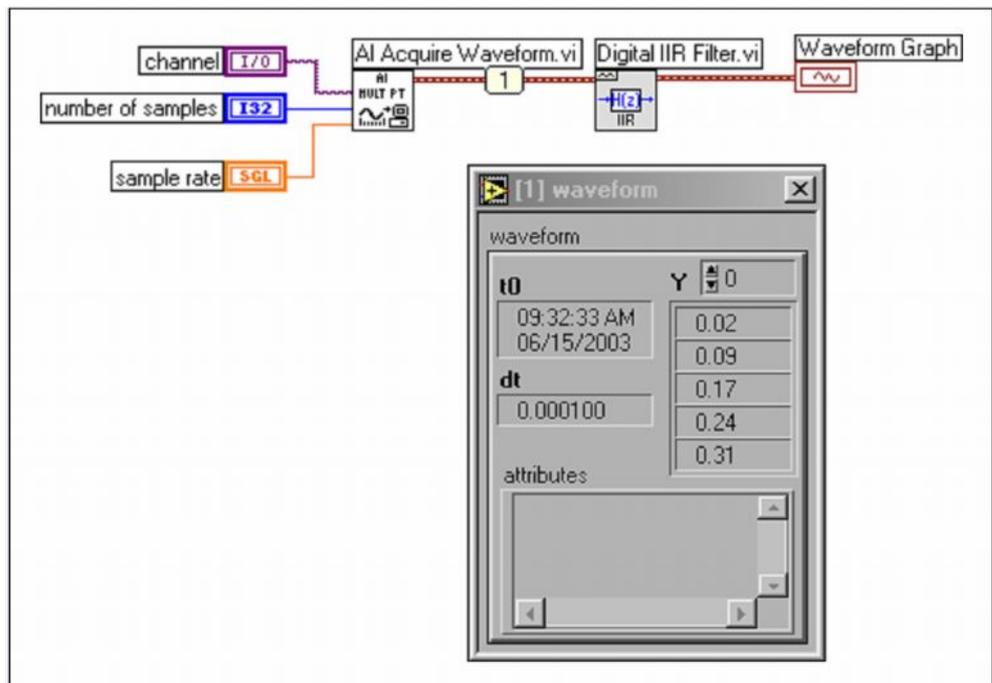


Рис. 5-3. Использование данных типа Waveform

VI AI Acquire Waveform осуществляет выборку заданного количества отсчетов от одного канала ввода с определенной частотой дискретизации в течение некоторого интервала времени и возвращает данные типа Waveform. Пробник [1] отображает компоненты сигнального типа данных – начало сбора данных (t_0), интервал дискретизации (dt) и значения каждого из отсчетов измеренного сигнала (Y). VI Digital IIR Filter принимает массив сигналов и фильтрует каждую выборку сигналов. Отфильтрованные сигналы отображаются на графике.

Можно также использовать сигнальный тип данных для однократных измерений, как показано на рис. 5-4.

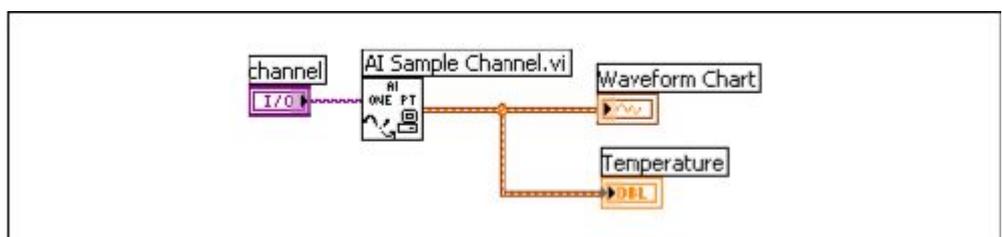


Рис. 5-4. Пример использования данных типа Waveform при однократных измерениях

VI AI Sample Channel снимает один отсчет с канала и возвращает сигнал, состоящий из одной точки. Выходной сигнал содержит значение сигнала, считанное с канала, и значение момента времени, в котором выполнено считывание. Этот сигнал отображается на диаграмме и числом индикаторе температуры.

Сигнальный тип данных может быть использован и при аналоговом выводе (рис. 5-5). VI Sine Waveform формирует синусоиду, а VI AO Generate Waveform отправляет сигнал на устройство вывода.

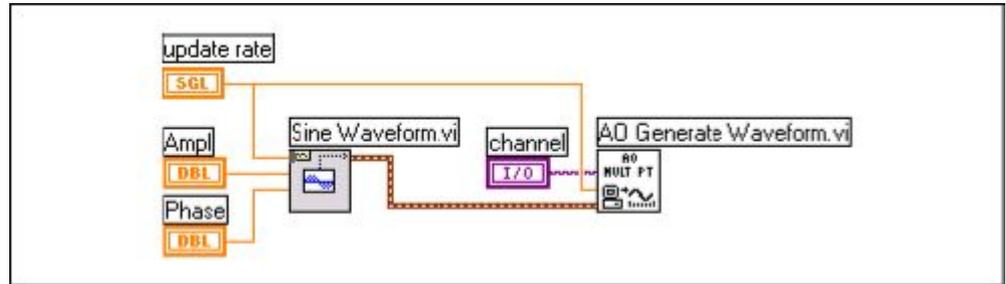


Рис. 5-5. Использование типа данных Waveform для аналогового вывода

Извлечение компонентов сигнала

Функция Get Waveform Components служит для извлечения и управления компонентами генерируемого сигнала, как показано на рис. 5-6. Функция Negate изменяет знак сигнала на противоположный, а результат отображается на графике.

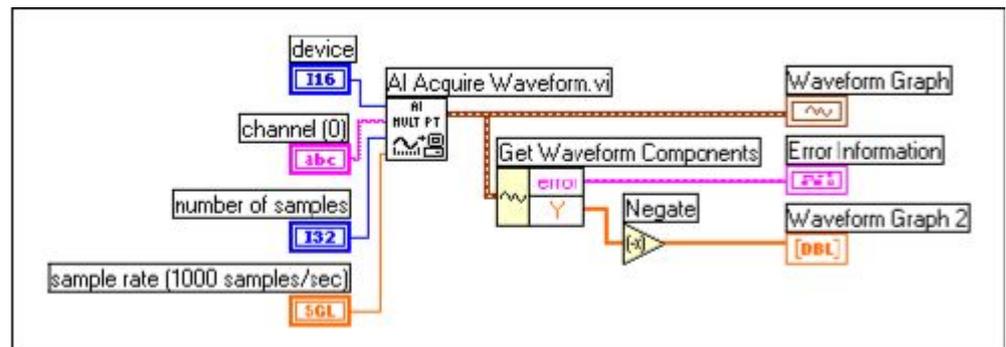


Рис. 5-6. Извлечение компонентов сигнала

Использование органов управления цифровыми сигналами (Digital Waveform Control)

Извлечение и редактирование компонентов цифровых сигналов для обработки цифровых данных осуществляется с помощью VI и функций палитры **Digital Waveform**. Для сбора и генерации цифровых сигналов используются NI-DAQmx VI из палитры **Digital I/O**. Палитра **Digital Waveform** содержит также VI, которые осуществляют поиск цифрового сигнала по образцу, дополняют один цифровой сигнал другим и решают иные задачи, а в палитре **Waveform** находятся VI, которые преобразуют аналоговые сигналы в цифровые и наоборот.

5.5. Создание типового VISA приложения

При разработке приложений, предназначенных для управления внешними измерительными приборами, применяются VI и функции из палитры VISA. Подробная информация о разработке VI VISA приведена в разделе *VISA в LabVIEW* главы 16 *Управление автономными измерительными приборами с помощью LabVIEW*.

5.6. Создание типового приложения на базе FieldPoint

Для разработки приложений распределенного ввода-вывода на базе устройств FieldPoint используются VI из палитры **FieldPoint**. В большинстве FieldPoint приложений требуются только VI FP Read и FP Write (чтение и запись FP). VI FP Read возвращает данные от одного канала или группы каналов ввода-вывода, определенных с помощью функции FieldPoint IO Point. VI FP Write отправляет данные в канал или группу каналов, определенных с помощью функции FieldPoint IO Point.

5.6.1. Каналы и элементы

Модули FieldPoint содержат физические точки ввода-вывода (I/O points), называемые каналами. Каналы или группы каналов представляются элементами (Items). Элементы можно создавать в MAX, а доступ к ним в LabVIEW получать с помощью органов управления FieldPoint I/O Point.

5.6.2. Использование органа управления FieldPoint I/O Point

Для взаимодействия с созданными в MAX элементами FieldPoint используются органы управления FieldPoint I/O Point. FieldPoint I/O Point помещают на лицевую панель. Затем, для выбора каналов ввода или вывода, необходимо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши и в открывшемся контекстном меню выбрать элементы, через которые предполагается считывать (записывать) данные. Если требуемые элементы FieldPoint в меню не отображаются, необходимо сконфигурировать их в MAX.

6. Измерение напряжения постоянного тока

В настоящей главе описываются методы измерения напряжения постоянного тока с использованием устройств сбора данных и автономных измерительных приборов.

6.1. Обзор методов измерения постоянного напряжения

Различают два типа напряжений: напряжение постоянного тока (DC) и напряжение переменного тока (AC). Сигналы постоянного тока – это аналоговые сигналы, очень медленно изменяющиеся во времени. Обычно к сигналам постоянного тока относят напряжение источников постоянного тока, температуру, давление и деформацию. Сигналы переменного тока, в отличие от сигналов постоянного тока, непрерывно изменяются: увеличиваются, уменьшаются, периодически изменяют полярность.

Подробнее об измерениях напряжения переменного тока см. главу 7 *Измерение напряжения переменного тока*.

Приложения для работы с постоянным током преобладали в ранний период развития высоковольтного электричества. Неизменность сигналов постоянного тока облегчала измерения напряжения, тока и мощности. Мощность на постоянном токе вычисляется по формулам: $P = I^2 \times R$ и $P = V^2/R$, где P – мощность (Вт), I – ток (А), R – сопротивление (Ом), V – напряжение (В).

6.2. Использование VI NI-DAQ для измерения напряжения постоянного тока

В процессе исследований сигналов постоянного тока наибольший интерес представляет, как точно может быть выполнено измерение уровня сигнала в заданный момент времени. При решении большинства задач измерений для повышения точности следует использовать кондиционирование сигналов. Более подробно вопросы кондиционирования сигналов рассмотрены в разделе *Кондиционирование сигналов* главы 4 *Основы измерений*.

На рис. 6-1 показана типовая схема подключения анемометра с диапазоном выходных напряжений U от 0 до 10 В, соответствующим диапазону скоростей ветра W от 0 до 200 миль в час (mph). Для масштабирования данных используется следующее уравнение:

$$U(\text{V}) \times 20 \left(\frac{\text{mph}}{\text{V}} \right) = W(\text{mph})$$

Заметим, что в схеме подключения на рис. 6-1 используется резистор R , поскольку обычно анемометр является незаземленным источником сигнала. Если бы датчик анемометра был заземлен, использование R могло бы привести к появлению паразитного контура заземления и, следовательно, к погрешностям измерений.

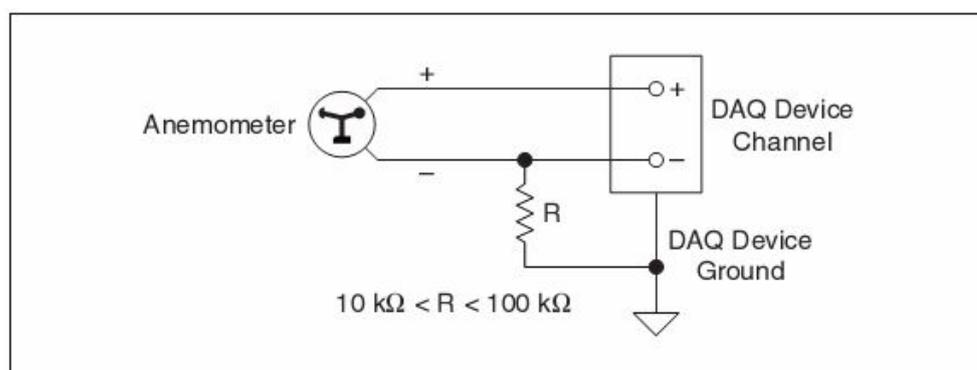


Рис. 6-1. Схема подключения анемометра
Anemometer – анемометр, DAQ Device Channel – канал DAQ-устройства, DAQ Device Ground – заземление DAQ-устройства

6.2.1. Измерения с помощью NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 6-2 для измерения скорости ветра используются VI NI-DAQmx. VI DAQmx Create Virtual Channel создает виртуальный канал Analog Input Voltage (аналоговое входное напряжение) из физического канала **Physical Channel**, напряжение на выходе которого принимает значения в диапазоне от 0 до 10 В. Затем VI DAQmx Read считывает один отсчет с одного канала. Функция умножения (Multiply) масштабирует полученное значение из диапазона напряжений 0÷10 В к диапазону скоростей от 0÷200 миль/час с помощью коэффициента 20 миль в час/В.

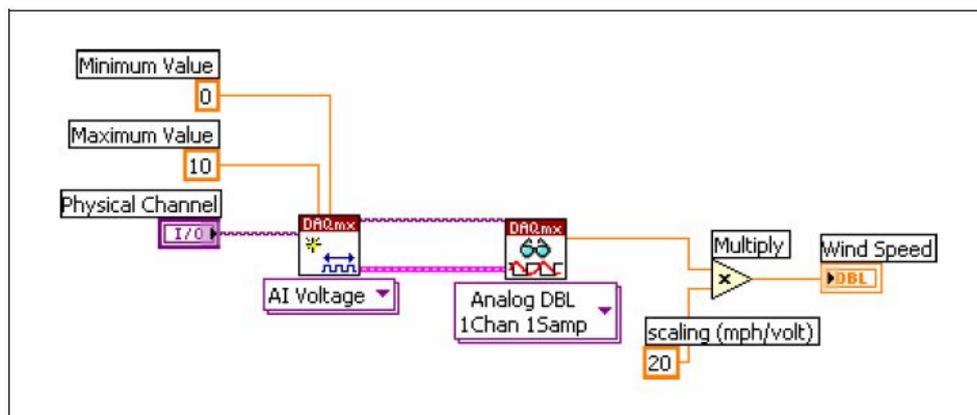


Рис. 6-2. Однократное считывание напряжения с помощью VI DAQmx

6.2.2. Усреднение отсчетов

При быстром изменении сигнала или при наличии помех в линии связи полезно выполнять усреднение отсчетов.

На рис. 6-3 показано, как в действительности может выглядеть зависимость скорости ветра (Speed) от времени – порывы ветра создают в сигнале, пропорциональном скорости, шум. Заметим, что отсчет скорости ветра 29 миль/час, на который указывает стрелка, относится к одному из пиков сигнала. Это может создать впечатление, что скорость ветра удерживается возле значения 29 миль/час. Лучшее представление можно получить путем усреднения скорости ветра за короткий интервал времени.

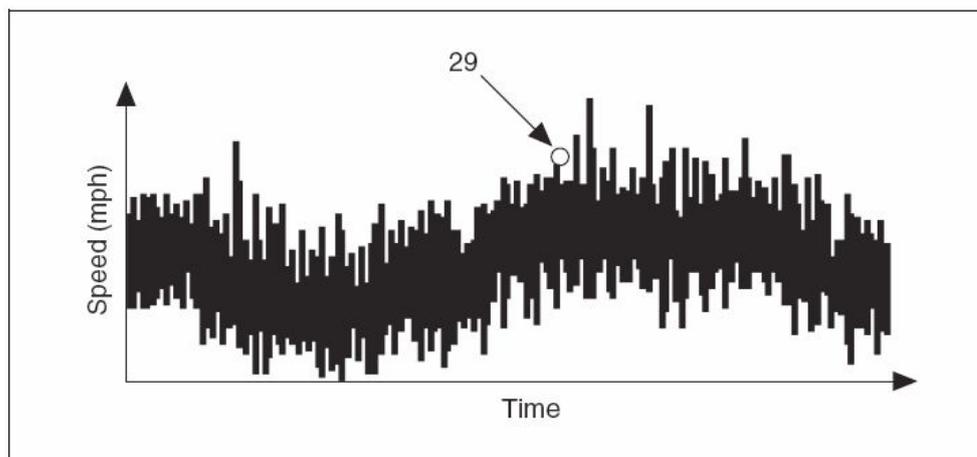


Рис. 6-3. Скорость ветра

Система измерения скорости ветра с программным усреднением изображена рис. 6-4.

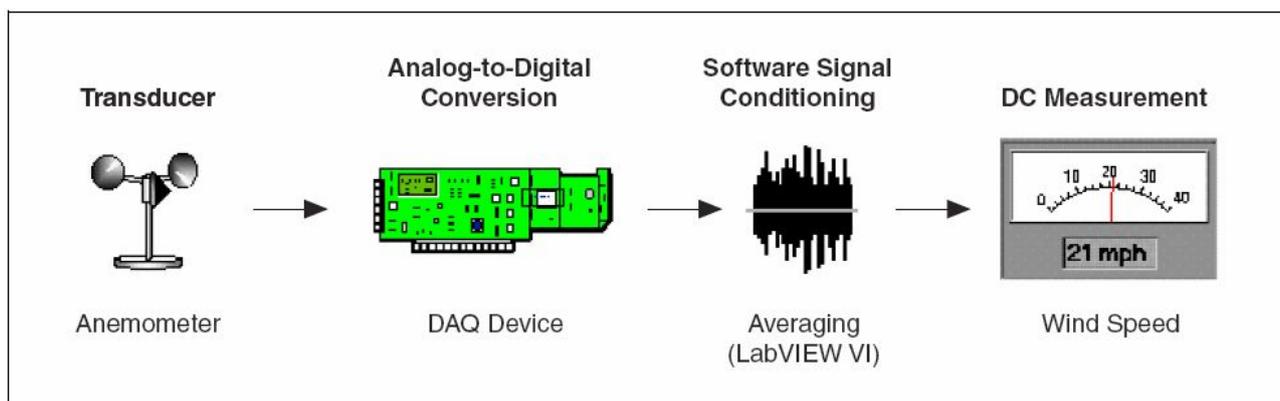


Рис. 6-4. Система сбора данных для измерения скорости ветра с усреднением

Transducer (Anemometer) – датчик (анемометр);
 Analog-to-Digital Conversion (DAQ Device) – аналого-цифровое преобразование (устройство сбора данных);
 Software Signal Conditioning (Averaging, LabVIEW VI) – программная обработка (кондиционирование) сигнала (усреднение с помощью VI);
 DC Measurement (Wind Speed) – измерение постоянного напряжения (скорость ветра)

Усреднение с использованием функций NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 6-5 также используются VI NI-DAQmx. VI DAQmx Read в режиме Analog Wfm 1Chan NSamp производит 1000 выборок с одного виртуального канала, который сформирован VI DAQmx Create Virtual Channel. VI Mean усредняет 1000 отсчетов, полученных от VI DAQmx Read, и возвращает среднее значение скорости ветра.

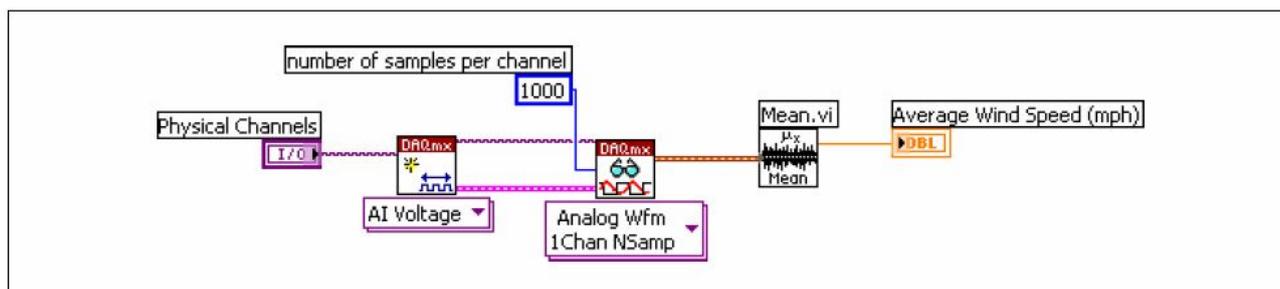


Рис 6-5. Усреднение отсчетов с использованием VI NI-DAQmx

6.3. Измерение постоянного напряжения с помощью автономных измерительных приборов

На рис. 6-6 изображена измерительная система, в которой используется автономный прибор для измерения постоянного напряжения. Автономный прибор должен выполнять те же функции, что и устройство, непосредственно встраиваемое в компьютер.

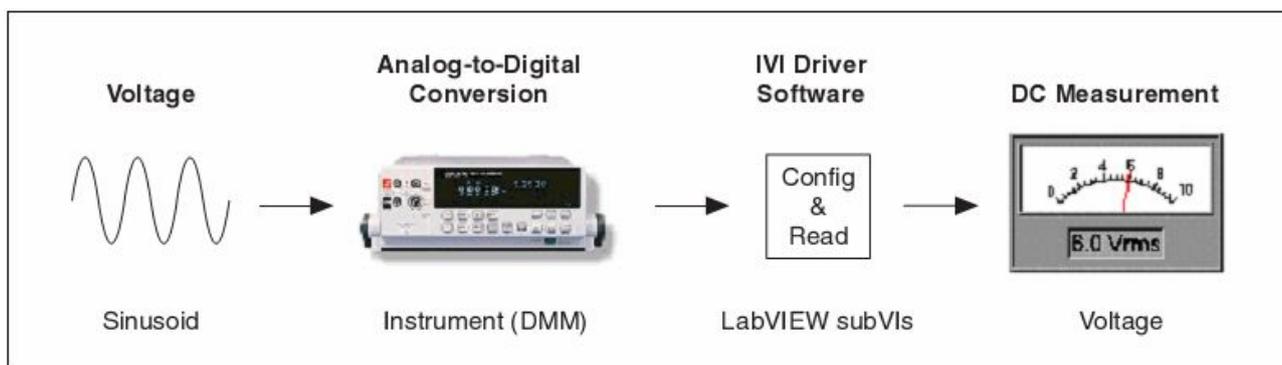


Рис. 6-6. Система измерения постоянного напряжения на основе автономного прибора

Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (Instrument – DMM) – аналого-цифровое преобразование (прибор – цифровой мультиметр);
 IVI Driver Software (LabVIEW subVIs) – программный драйвер IVI (подпрограммы LabVIEW);
 DC Measurement (Voltage) – измерение постоянного напряжения

В блок-диаграмме (рис. 6-7) для измерения постоянного напряжения применяются VI из драйвера класса IVI. VI IviDmm Initialize использует логическое имя для создания сессии и инициализации прибора. VI IviDmm Configure Measurement настраивает прибор на режим измерения постоянного напряжения. VI IviDmm Read выполняет измерение, а VI IviDmm Close закрывает сессию.

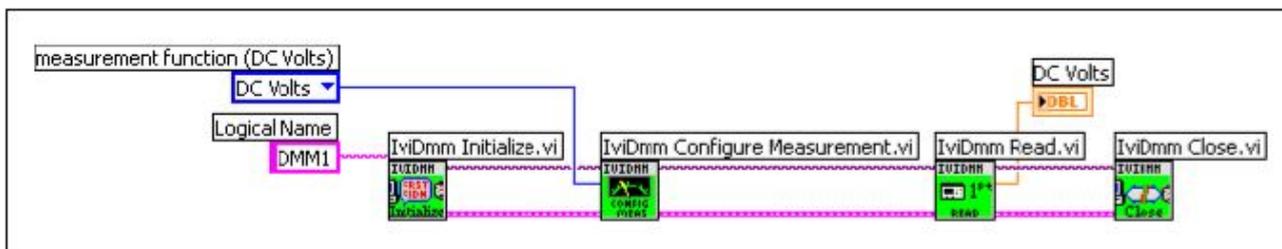


Рис. 6-7. Измерение постоянного напряжения с использованием VI из драйвера класса IVI

Обычным, но неэффективным способом считывания и усреднения последовательности отсчетов является размещение VI IviDmm Read внутри цикла For Loop. Однако более эффективно воспользоваться встроенными возможностями многих цифровых мультиметров считывать и усреднять отсчеты.

7. Измерение напряжения переменного тока

В главе рассматриваются методы измерения напряжения переменного тока с использованием встраиваемых устройств сбора данных, модулей FiledPoint и автономных измерительных приборов.

7.1. Обзор методов измерения напряжения переменного тока

В настоящее время большинство линий электропередач снабжает напряжением переменного тока жилые дома, лаборатории и производственные предприятия. Поскольку сигналы переменного тока изменяются во времени, значения напряжения, тока и мощности не являются постоянными. Однако измерять эти напряжения, токи и мощности целесообразно таким образом, чтобы на нагрузке, подключенной к источнику переменного напряжения 120 В (VAC), выделялась такая же мощность, что и на нагрузке, подключенной к источнику постоянного напряжения 120 В (VDC). В связи с этим было введено понятие среднеквадратического (действующего) значения напряжения V_{rms} . При использовании действующего значения напряжения формула определения мощности одинаково справедлива и для постоянного, и для переменного тока. Для синусоидальных сигналов $V_{\text{rms}} = V_{\text{peak}} / \sqrt{2}$. Поэтому измеренному с помощью вольтметров действующему значению напряжения 120 В, характерному для питающих сетей в США, соответствует пиковое (амплитудное) напряжение $V_{\text{peak}} \approx 170\text{В}$.

Подробно методы измерения напряжения постоянного тока изложены в главе 6 *Измерение напряжения постоянного тока*.

7.2. Измерение напряжения переменного тока с помощью встраиваемых устройств сбора данных

На рис. 7-1 показана система сбора данных для измерения действующего значения напряжения.

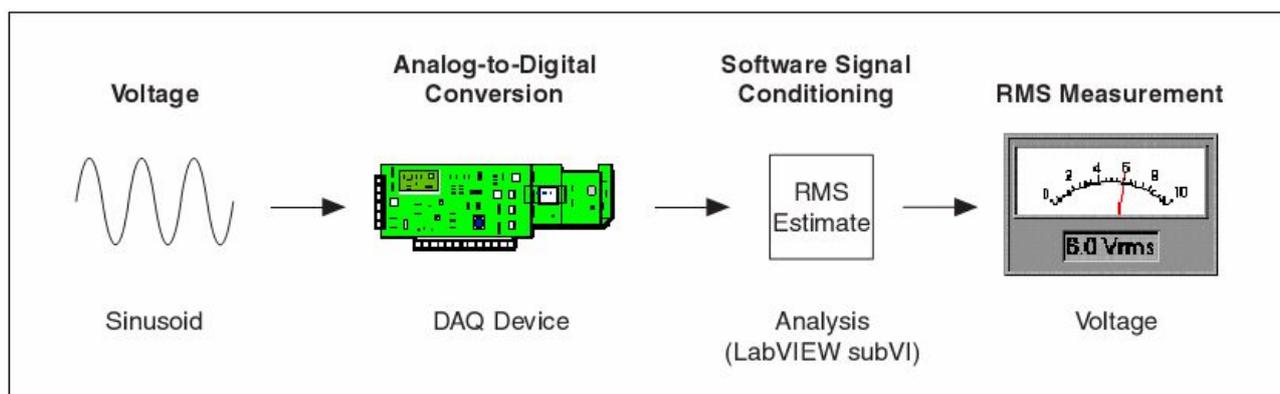


Рис. 7-1. Система измерения действующего значения напряжения с помощью встраиваемых DAQ-устройств
 Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (DAQ Device) – аналого-цифровое преобразование (устройство сбора данных);
 Software Signal Conditioning (Analysis, LabVIEW subVI) – программная обработка сигнала (обработка с помощью подпрограммы LabVIEW subVI);
 RMS Measurement (Voltage) – измерение действующего значения напряжения

7.2.1. Использование функций NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 7-2 для измерения напряжения переменного тока используются VI NI-DAQmx. VI DAQmx Create Virtual Channel создает виртуальный канал для измерения напряжения. VI DAQmx Timing устанавливает для тактового генератора Sample Clock режим конечного числа отсчетов (Finite Sample). Значения констант Samples per Channel и Rate определяют, сколько будет братья отсчетов для канала и с какой частотой дискретизации. Поскольку в рассматриваемом примере выбирается 20 000 отсчетов с частотой дискретизации 20 000 отсчетов/с, сбор данных выполняется в течение 1 с и прекращается. VI DAQmx Read снимает 20000 отсчетов напряжения и передает полученный сигнал (Waveform) на вход VI Basic Averaged DC-RMS, с помощью которого оцениваются среднее и действующее значения сигнала.

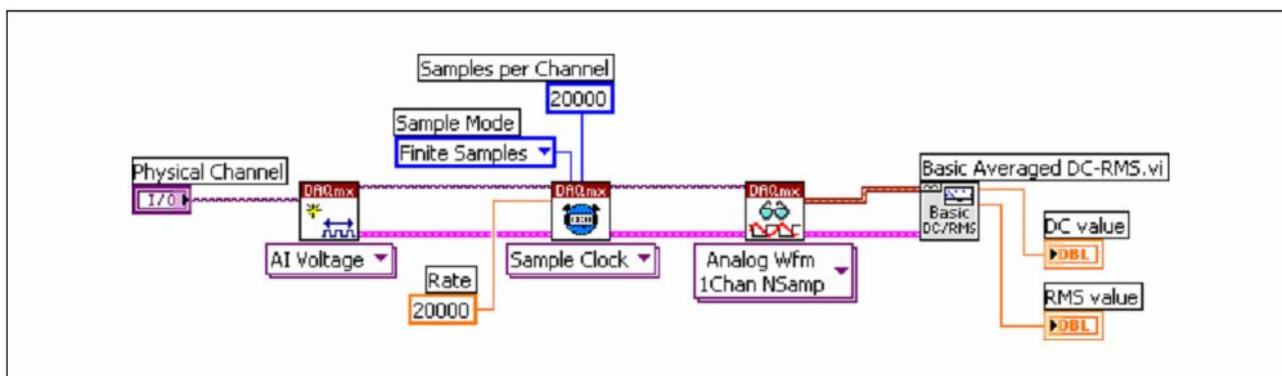


Рис. 7-2. Блок-диаграмма измерения напряжения переменного тока с помощью VI NI-DAQmx

7.2.2. Измерение значений максимума, минимума и размаха напряжения с помощью встраиваемых устройств сбора данных

На рис. 7-3 показана система сбора данных о сигнале, который изменяется во времени.

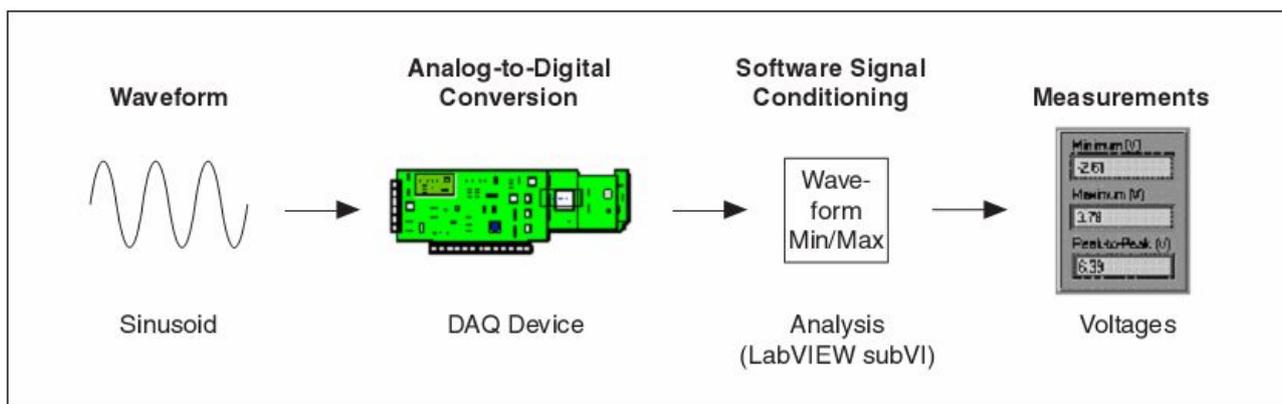


Рис. 7-3. Система измерения минимума, максимума и размаха напряжения

Waveform (Sinusoid) – сигнал (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (DAQ Device) – аналого-цифровое преобразование (устройство сбора данных);
 Software Signal Conditioning (Analysis, LabVIEW subVI) – программная обработка сигнала (обработка с помощью подпрограмм LabVIEW subVI);
 Measurements (Voltages) – измерение параметров напряжения

Как правило, такие измерения проводятся для периодических сигналов, однако для определения значений минимума, максимума и размаха (максимум – минимум) не обязательно, чтобы сигнал был периодическим.

Блок-диаграмма измерения этих характеристик отличается от приведенной на рис. 7.2 тем, что вместо функции усреднения Basic Averaged DC-RMS используется VI Waveform Min Max нахождения

минимума и максимума в сигнале, а размах определяется как разность полученных экстремальных значений.

7.3. Использование автономных измерительных приборов для измерения переменного напряжения

На рис. 7-4 изображена система, в которой для измерения напряжения переменного тока используется автономный прибор. Автономный прибор должен выполнять те же функции, что и устройство, непосредственно встраиваемое в компьютер.

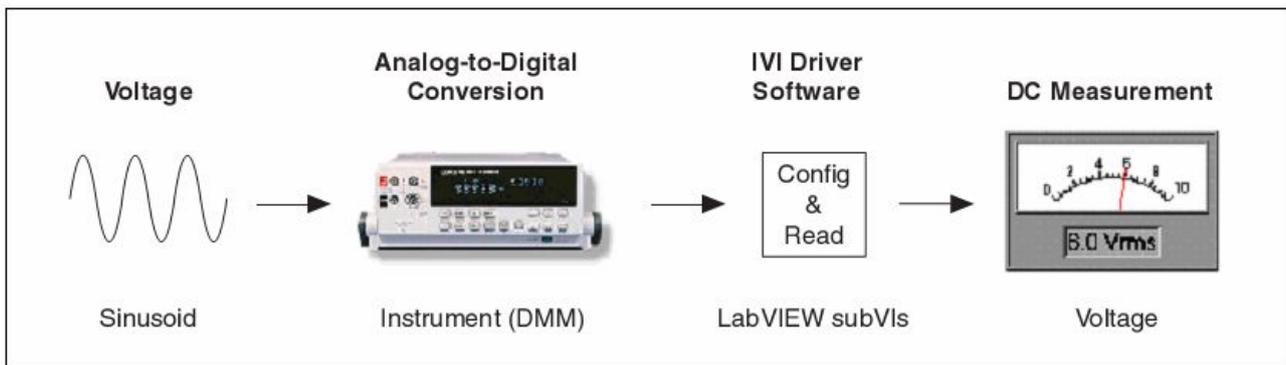


Рис 7-4. Система измерения V_{rms} на основе автономного прибора

Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (Instrument, DMM) – аналого-цифровое преобразование (прибор – цифровой мультиметр);
 IVI Driver Software (LabVIEW subVIs) – (подпрограммы LabVIEW subVI);
 DC Measurement (Voltage) – измерение напряжения

В блок-диаграмме (рис. 7-5) для измерения V_{rms} применяются VI из драйверов класса IVI. VI IviDmm Initialize использует логическое имя для создания сессии и инициализации прибора. VI IviDmm Configure Measurement настраивает прибор на режим измерения напряжения переменного тока. VI IviDmm Read выполняет измерение, а VI IviDmm Close закрывает сессию.

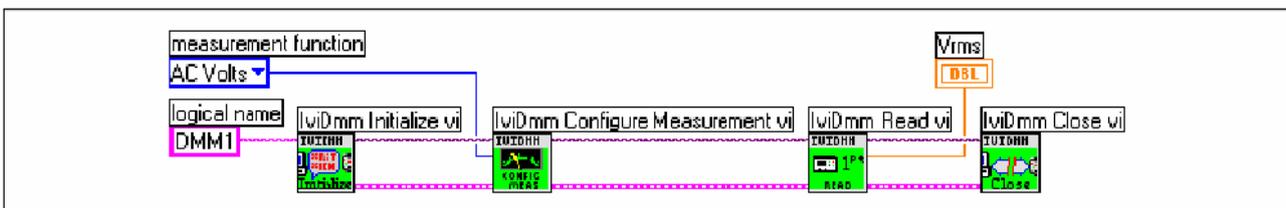


Рис. 7-5. Блок-диаграмма измерения V_{rms} с помощью автономного измерительного прибора

7.3.1. Измерение размаха напряжения с помощью автономного измерительного прибора

В системе, изображенной на рис. 7-6, для измерения размаха напряжения используется автономный прибор. Этот прибор должен выполнять те же функции, что и устройство, непосредственно встраиваемое в компьютер.

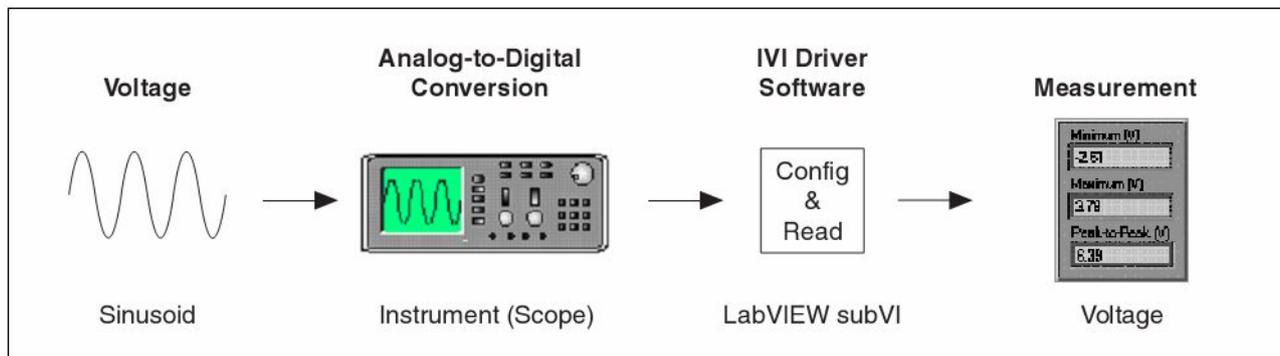


Рис 7-6. Система измерения размаха напряжения на основе автономного прибора

Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (Instrument, Scope) – аналого-цифровое преобразование (прибор – осциллограф);
 IVI Driver Software (LabVIEW subVI) – (подпрограмма LabVIEW subVI);
 Measurement (Voltage) – измерение напряжения

В блок-диаграмме на рис. 7-7 для измерения размаха напряжения используются VI из класса драйверов IVI. VI IviScope Initialize использует логическое имя для создания сессии и инициализации прибора, VI IviScope Auto Setup [AS] настраивает все необходимые параметры прибора, а VI IviScope Configure Channel применяется для устранения постоянной составляющей из сигнала. Затем VI IviScope Read Waveform Measurement [WM] выполняет заданный вид измерений и, наконец, VI IviScope Close закрывает сессию.

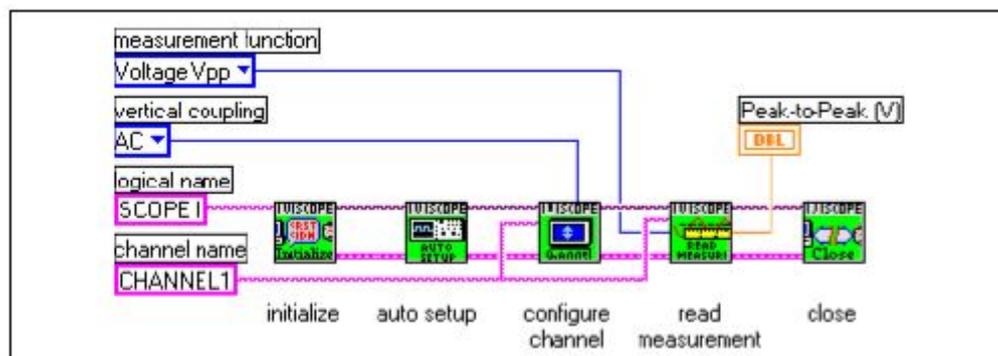


Рис. 7-7. Блок-диаграмма измерения размаха напряжения с использованием VI из драйвера класса IVI

7.4. Измерение напряжения переменного тока с помощью функций FieldPoint

На рис. 7-8 показано, как измеряется V_{rms} с помощью модулей распределенной системы сбора данных FieldPoint.

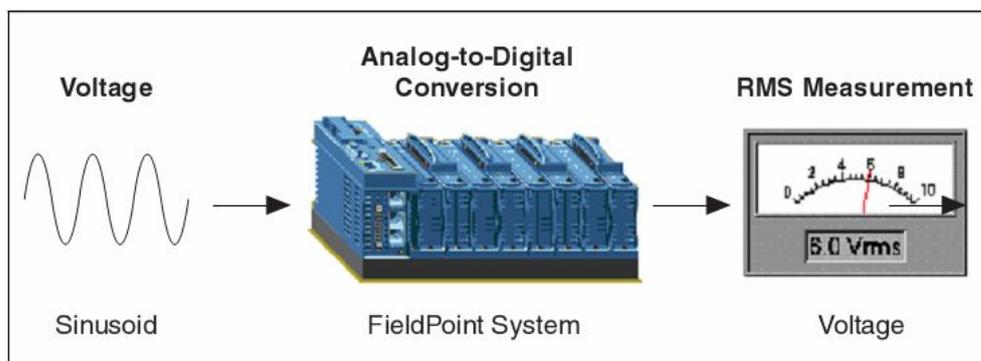


Рис. 7-8. Система на основе модулей FieldPoint для измерения напряжения

Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (FieldPoint System) – аналого-цифровое преобразование (система на основе модулей FieldPoint);
 I/O Driver Software (LabVIEW subVI) – драйвер I/O класса (подпрограмма LabVIEW subVI); RMS Measurement (Voltage) – измерение действующего значения напряжения

В блок-диаграмме на рис. 7-9 для измерения V_{rms} используется VI FieldPoint. В рассматриваемом примере элементом управления FieldPoint I/O Point выбран модуль cFP-AI-102.

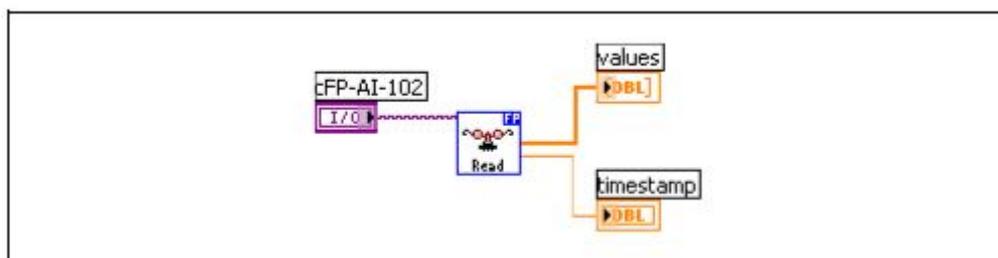


Рис. 7-9. Блок-диаграмма измерения V_{rms} с помощью VI FieldPoint

8. Измерение температуры

В главе 8 описывается, как измеряется температура с использованием встраиваемых устройств сбора данных, модулей FieldPoint и автономных измерительных приборов.

8.1. Измерение температуры с помощью VI NI-DAQ

При измерении температуры с помощью встраиваемых устройств сбора данных часто применяются термопары из-за их низкой стоимости, доступности и удобства использования (рис. 8-1).

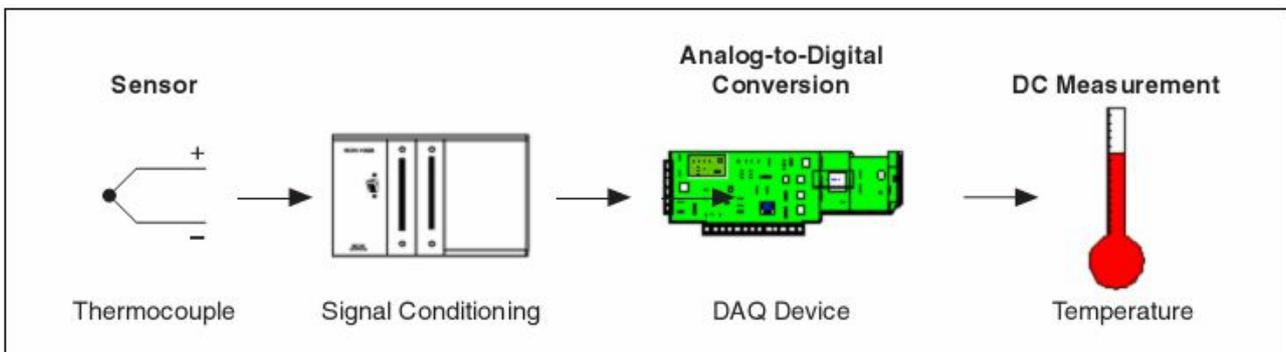


Рис. 8-1. Простая система измерения температуры с использованием встроенного устройства сбора данных
 Sensor (Thermocouple) – датчик (термопара);
 Signal Conditioning – преобразование (кондиционирование) сигнала;
 Analog-to-Digital Conversion (DAQ Device) – аналого-цифровое преобразование (устройство сбора данных);
 DC Measurement (Temperature) – измерение напряжения постоянного тока (температура)

Термопара образуется при контакте двух различных металлов, на выводах термопары создается э.д.с., значение которой зависит от температуры. Более подробную информацию об использовании термопар для измерения температуры можно найти по ссылке ni.com/info на сайте National Instruments, если ввести код ext4n9.

Типичная схема включения термопары показана на рис. 8-2, резистор R используется только в том случае, если термопара не заземлена. Если, например, один из выводов термопары заземлен, использование резистора R может привести к появлению паразитного контура заземления и результаты измерений будут искажены.

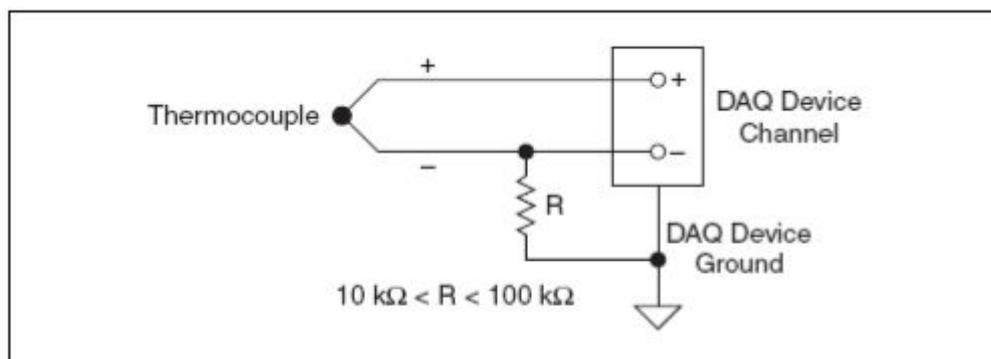


Рис. 8-2. Подключение термопары
 Thermocouple –термопара;
 DAQ Device Channel – канал устройства сбора данных;
 DAQ Device Ground – заземление устройства сбора данных

8.1.1. Измерение температуры с помощью NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 8-3 для измерения температуры использована константа DAQmx Task Name. В рассматриваемом примере задача измерения, названная My Temperature Task, сконфигурирована с помощью функции DAQ Assistant. Задача содержит такую информацию, как тип термопары, способ компенсации температуры холодного спая (CJC), масштабирующие коэффициенты и т.д. VI DAQmx Read снимает отсчеты температуры и выводит их на график. При использовании задачи NI-DAQmx редактировать конфигурационные параметры можно без изменения блок-диаграммы.

Подробнее о задачах – в разделе *Задачи* главы 5 *Создание типового DAQ приложения*.

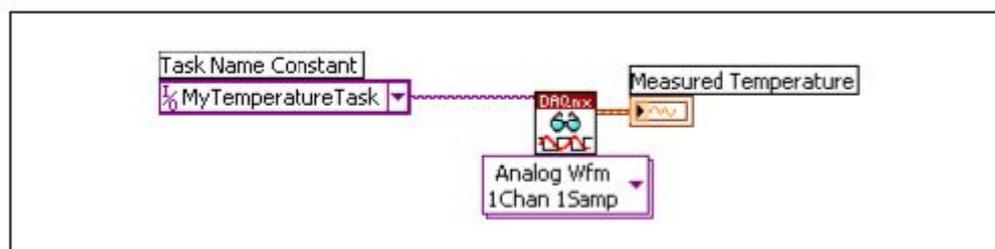


Рис. 8-3. Блок-диаграмма измерения температуры с использованием VI NI-DAQmx

Возможно также программное конфигурирование процесса измерения температуры с помощью VI DAQmx Create Channel.

8.2. Измерение температуры с помощью VI FieldPoint

На рис. 8-4 показана система измерения температуры на основе модулей FieldPoint.



Рис. 8-4. Система на основе модулей FieldPoint для измерения температуры

Transducer (Thermocouple) – преобразователь (термопара);
 Analog-to-Digital Conversion (FieldPoint System) – аналого-цифровое преобразование (система на основе модулей FieldPoint);
 DC Measurement (Temperature) – измерение напряжения постоянного тока (температура)

В блок-диаграмме на рис. 8-5 для измерения температуры используется VI FieldPoint. В этом примере элементом управления FieldPoint I/O Point выбран модуль cFP-TC-120.

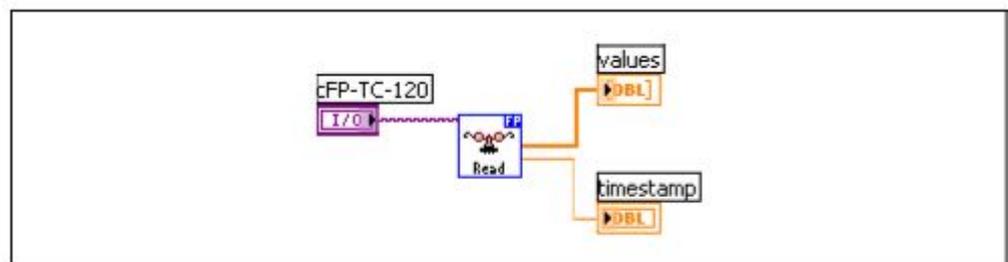


Рис. 8-5. Блок-диаграмма измерения температуры с помощью модулей FieldPoint

9. Измерение силы тока

В главе 9 рассматриваются методы измерения силы тока с использованием встраиваемых устройств сбора данных, модулей FiledPoint и автономных измерительных приборов.

9.1. Обзор методов измерения тока

В измерительных системах для передачи сигналов часто используется стандарт, называемый токовой петлей 4-20 мА. Токовая петля сочетает широкий динамический диапазон, причем минимальному значению тока (4 мА) соответствует нулевое значение измеряемой величины, с возможностью обнаружения обрывов в линиях соединения и обеспечения искробезопасности систем. К другим достоинствам токовой петли относятся разнообразие совместимых аппаратных средств, способность работать на больших расстояниях (до 2000 футов), а также низкая стоимость. Токовая петля 4-20 мА широко применяется в цифровых коммуникационных системах, системах управления и в системах, работающих с удаленными датчиками.

Токовая петля 4-20 мА предназначена для передачи информации от датчика сигналом тока. В примере на рис. 9-1 датчик уровня и электронная схема (для передачи сигналов тока на большие расстояния) смонтированы в одном корпусе. Питание датчика осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения 24 В. Изменения выходного тока датчика связаны с физической величиной, воспринимаемой чувствительным элементом, в данном случае – с уровнем жидкости в резервуаре.

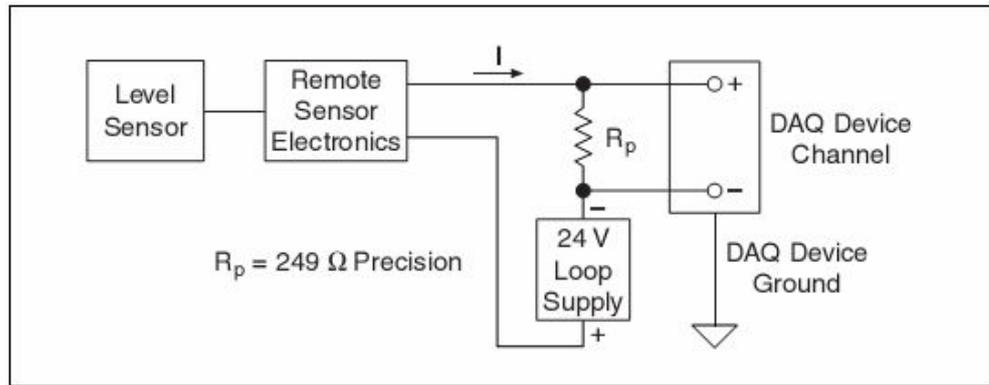


Рис. 9-1. Схема подключения датчика с токовой петлей

Level Sensor – датчик уровня;

Remote Sensor Electronics – электронная схема для передачи сигналов тока на большие расстояния;

24 V Loop Supply – источник питания 24 В для токовой петли;

DAQ Device Channel – канал устройства сбора данных;

DAQ Device Ground – заземление устройства сбора данных;

R_p = 249 Ω Precision – прецизионный резистор 249 Ом

Устройство сбора данных воспринимает падение напряжения на резисторе R_p = 249 Ом. Согласно закону Ома ток вычисляется по формуле:

$$I_{\text{mA}} = \frac{V_{\text{(Volts)}}}{R_{\text{(kOhm)}}}$$

Поскольку ток изменяется в диапазоне 4-20 мА, то при сопротивлении R_p = 249 Ом падение напряжения составляет от 0,996 В до 4,98 В, что находится в допустимом диапазоне входных напряжений устройства сбора данных. Приведенное выше выражение удобно для вычисления тока, однако обычно с помощью тока представляется измеряемая физическая величина. На рис. 9-2 диапазон измеряемых уровней в резервуаре составляет от 0 до 50 футов (L – уровень жидкости, I – ток). Ток 4 мА соответствует уровню 0 футов, а ток 20 мА соответствует уровню 50 футов.

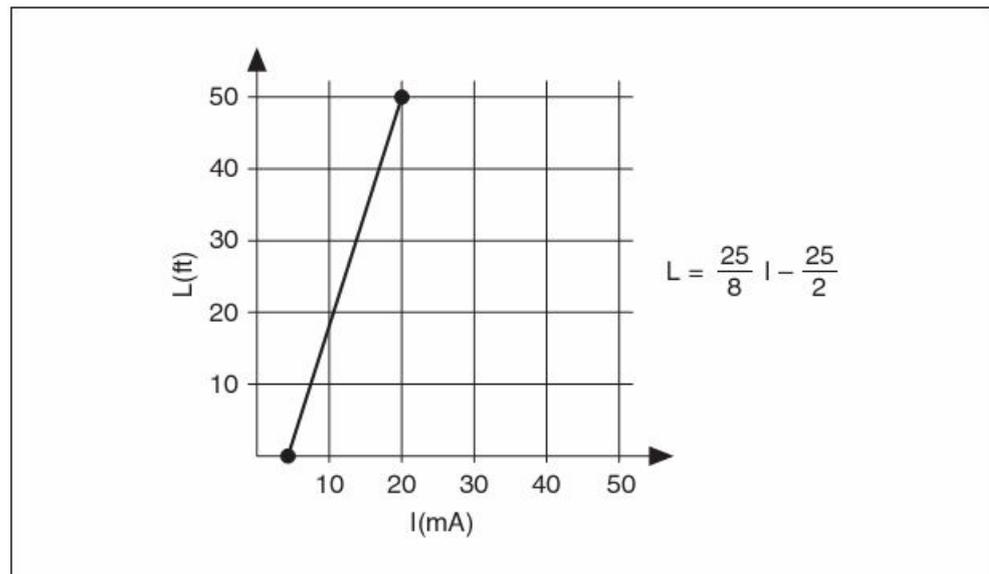


Рис. 9-2. Линейная зависимость между уровнем жидкости и током

Используя закон Ома и подставив $R_p = 0,249$ кОм, получим уровень L в единицах измеряемого напряжения:

$$L = \frac{25 \times V}{8 \times 0,249} - \frac{25}{2}$$

9.2. Измерение тока с помощью VI NI-DAQ

На рис. 9-3 показана система определения уровня жидкости в резервуаре на основании результатов измерения тока.

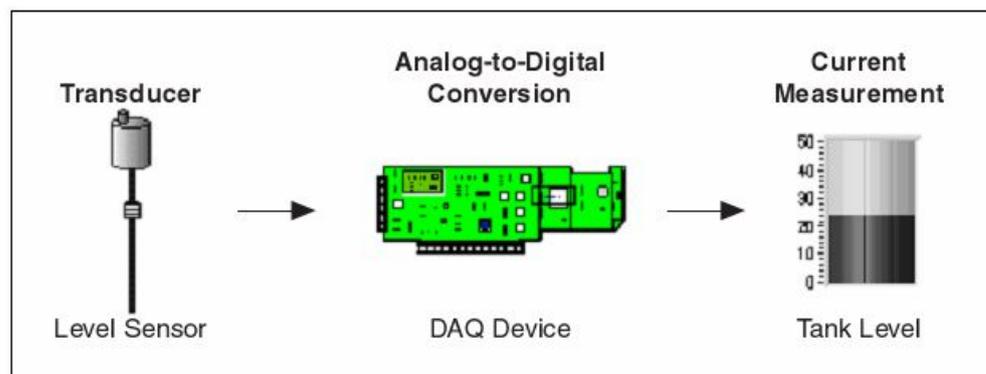


Рис. 9-3. Система сбора данных для измерения тока
 Transducer (Level Sensor) – преобразователь (датчик уровня);
 Analog-to-Digital Conversion (DAQ Device) – аналого-цифровое преобразование (устройство сбора данных);
 Current Measurement (Tank Level) – измерение тока (уровень жидкости в резервуаре)

Поскольку multifunctional data acquisition devices do not measure current directly, a precision resistor is required,

который включается последовательно в цепь токовой петли для формирования сигнала напряжения, как показано на рис. 9.1.

Блок-диаграмма измерения уровня отличается от блок-диаграммы измерения температуры (рис. 8.3) только наименованием и настройкой задачи.

9.3. Измерение тока с помощью автономного измерительного прибора

На рис. 9-4 изображена измерительная система, в которой для измерения тока используется автономный прибор. Этот прибор должен выполнять те же функции, что и устройство, непосредственно встраиваемое в компьютер.

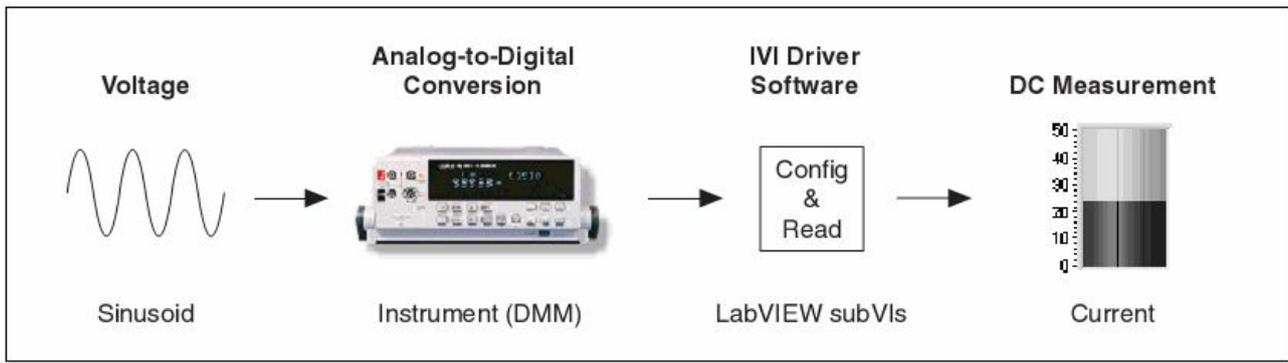


Рис. 9-4. Система измерения тока на основе автономного прибора

Voltage (Sinusoid) – напряжение (синусоида);
 Analog-to-Digital Conversion (Instrument, DMM) – аналого-цифровое преобразование (прибор – цифровой мультиметр);
 IVI Driver Software (LabVIEW subVIs) – (подпрограммы LabVIEW subVI);
 DC Measurement (Voltage) – измерение силы постоянного тока

В блок-диаграмме (рис. 9-5) для измерения применяются VI из класса драйверов IVI. VI IviDmm Initialize использует логическое имя для создания сессии и инициализации прибора. VI IviDmm Configure Measurement настраивает прибор на режим измерения тока. VI IviDmm Read выполняет измерение, а VI IviDmm Close закрывает сессию.

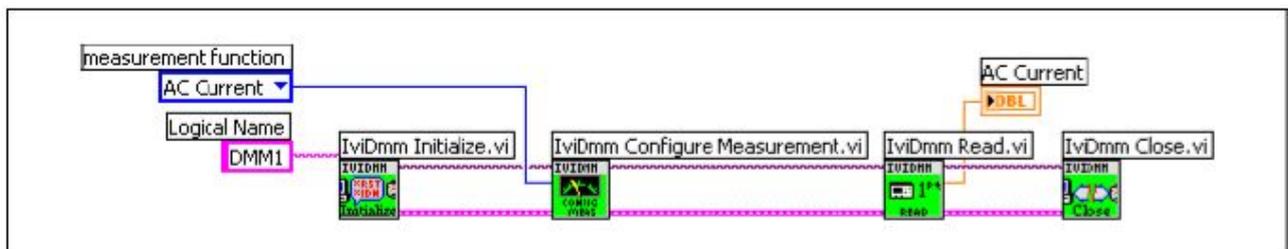


Рис. 9-5. Блок-диаграмма измерения тока с использованием автономного прибора

9.4. Измерение тока с помощью VI FieldPoint

На рис. 9-6 показана система измерения тока на основе модулей FieldPoint.



Рис. 9-6. FieldPoint система для измерения тока
 Transducer (Level Sensor) – преобразователь (датчик уровня);
 Analog-to-Digital Conversion (FieldPoint System) – аналого-цифровое преобразование (система на основе модулей FieldPoint);
 Current Measurement (Tank Level) – измерение тока (уровень жидкости в резервуаре)

В блок-диаграмме на рис. 9-9 для измерения тока используется VI FieldPoint. В рассматриваемом примере с помощью элемента управления FiledPoint I/O Point подключен модуль cFP-AI-100.

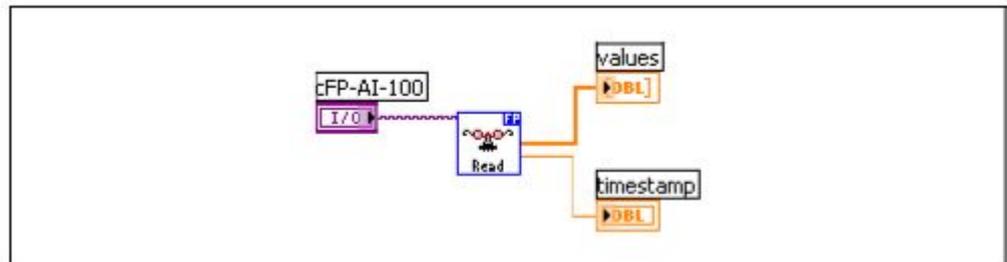


Рис. 9-7. Блок-диаграмма измерения тока с помощью модулей FieldPoint

10. Измерение деформации

В главе 10 рассматриваются способы измерения деформации с использованием встраиваемых устройств сбора данных и модулей FiledPoint.

10.1. Обзор методов измерения деформации

Под деформацией (ϵ) подразумевают изменение размеров тела под воздействием силы. В частности, деформацию используют для оценки относительного изменения длины (рис. 10-1).

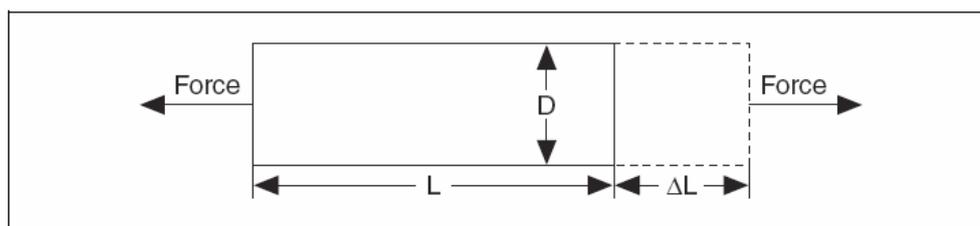


Рис. 10-1. Деформация

Деформация может быть положительной (растяжение) и отрицательной (сжатие). Несмотря на то, что деформация является величиной безразмерной, ее иногда выражают в мм/мм. На практике значения измеряемой деформации очень малые. Поэтому деформацию часто выражают в микро-деформациях ($\mu\epsilon$).

Когда сила (Force) растягивает стержень вдоль одной оси (рис. 10-1), возникает деформация в перпендикулярном направлении (D), известная, как деформация сжатия Пуассона. Коэффициент Пуассона для некоторого материала показывает значение поперечной деформации сжатия. Этот коэффициент является отношением поперечной деформации (перпендикулярной силе) к продольной деформации (параллельной силе) и имеет отрицательный знак. Например, для стали отношение Пуассона находится в диапазоне от 0,25 до 0,30.

Для измерения деформации обычно используют тензодатчики с устройством кондиционирования сигнала. Тензодатчик представляет собой тонкий проводник, приклеиваемый к деформируемому

материалу. На выходе схемы кондиционирования с тензодатчиком формируется электрическое напряжение, изменяющееся в зависимости от усилия или вибрации в материале. В отдельных частях тензодатчика изменяется сопротивление, что свидетельствует о деформации материала. Тензодатчик необходимо активировать стимулирующим воздействием (обычно напряжением питания схемы кондиционирования) и линеаризовать зависимость измеряемого напряжения от деформации.

Среди требований к тензодатчикам и к схеме кондиционирования сигнала необходимо учитывать и требования к конфигурации резисторов схемы. Как показано на рис. 10-2, сопротивления тензодатчиков совместно с элементами схемы кондиционирования сигналов образуют ромбовидную конфигурацию резисторов, известную как мост Уитстоуна (Wheatstone). Если к мосту приложить напряжение питания, то при изменении сопротивления резисторов изменяется дифференциальное напряжение (V_m). Обычно в плечи моста включаются тензодатчики, сопротивление которых изменяется под воздействием деформации.

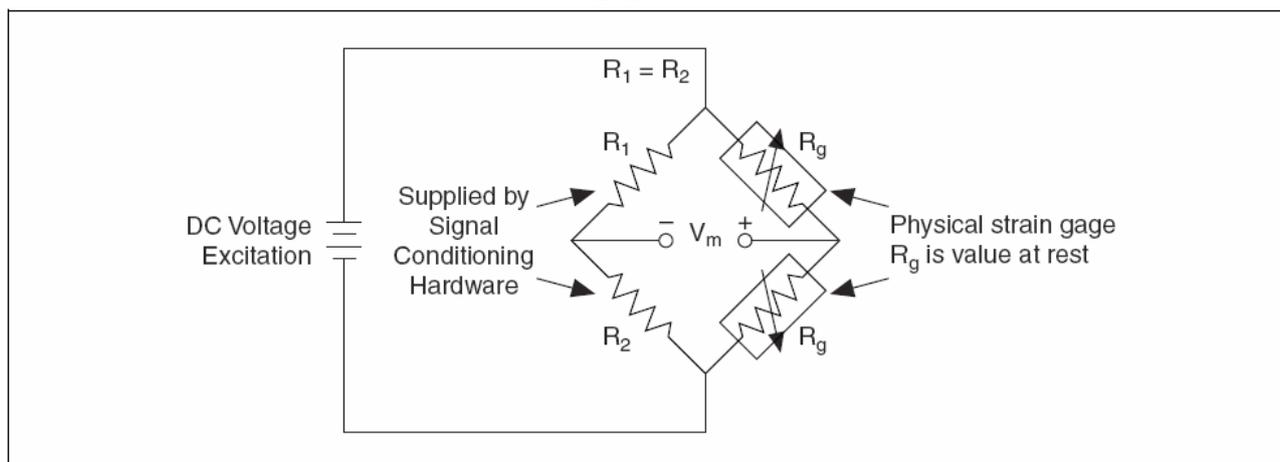


Рис. 10-2. Датчик деформации на основе полумоста Уитстоуна

DC Voltage Excitation – напряжение питания постоянного тока;
Supplied by Signal Conditioning Hardware – поставляются со схемой кондиционирования сигнала;

Physical strain gage – физический датчик деформации; R_g is value at rest – сопротивление ненагруженного тензодатчика

Тензодатчики поставляются в конфигурациях полномостовой, полумостовой или четвертьмостовой схемы. В полномостовой схеме все 4 резистора моста Уитстоуна являются элементами, чувствительными к деформации. В полумостовой схеме два резистора являются тензодатчиками и включаются в два плеча моста Уитстоуна, а два резистора поставляются со схемой кондиционирования (рис. 10-2). В четвертьмостовой схеме собственно тензодатчиком является только один из четырех резисторов моста.

Модуль кондиционирования National Instruments SCXI-1520 представляет собой специальный модуль для измерения деформации, который содержит источник питания моста, ключи коммутации шунтирующих сопротивлений, фильтр и усилитель на каждый из 8 каналов, а, кроме того, обеспечивает возможность программной конфигурации мостовой схемы.

С тензодатчиками часто используются также модули кондиционирования National Instruments SCXI-1121 и National Instruments SCXI-1122, в состав которых входят источник тока или напряжения питания и полностью сконфигурированная внутренняя схема моста Уитстоуна. Как альтернативу модулям SCXI, можно использовать простой модуль кондиционирования SC-2043SG, который разработан специально для измерения деформации. Подробная информация об этом устройстве приведена в каталоге National Instruments.

Модуль SCXI можно настроить на усиление сигналов с тензодатчиков и фильтрацию помех. Все о конфигурировании аппаратных средств, выборе питания мостовых схем, коэффициента усиления и параметров фильтров изложено в руководстве *Getting Started with SCXI (Первые эксперименты с модулями SCXI)*.

10.2. Измерение деформации с помощью VI NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 10-3 для измерения деформации используется элемент **NI-DAQmx Task Name Constant**. Созданная с помощью MAX задача MyStrainTask содержит информацию о конфигурации моста, питающем напряжении, коэффициенте тензочувствительности и т.д. VI DAQmx измеряет деформацию и выводит сигнал на график. При использовании NI-DAQmx **Task Name Constant** конфигурирование и редактирование задачи может выполняться без изменения блок-диаграммы.

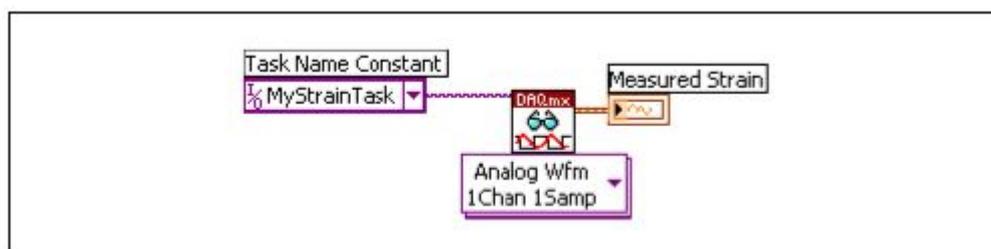


Рис. 10-3. Измерение деформации с использованием Task I/O Constant

10.3. Измерение деформации с помощью VI FieldPoint

В блок-диаграмме на рис. 10-4 для измерения деформации используется VI FieldPoint и выбранный с помощью элемента FieldPoint I/O Point модуль cFP-SC-140.

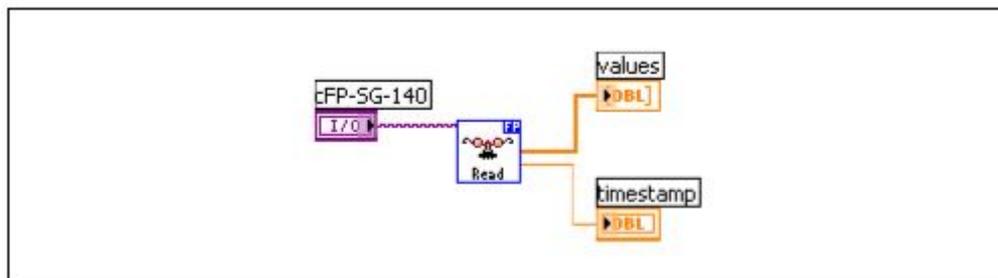


Рис. 10-4 Измерение деформации с помощью модуля FieldPoint

11. Измерение сопротивления

В главе 11 рассматриваются методы измерения сопротивления с использованием автономных измерительных приборов.

11.1. Обзор методов измерения сопротивления

Под сопротивлением понимают противодействие протеканию электрического тока. Если к сопротивлению 1 Ом приложить напряжение 1 В, то через него потечет ток 1 А.

Известны 2 распространенных метода измерения сопротивления: с 2-проводным и 4-проводным подключением. В обоих методах через резистор пропускается ток, а измерительный прибор измеряет разность потенциалов на выводах резистора. Сопротивление резистора вычисляется по формуле: $R = \frac{V}{I}$, где R – сопротивление, V – напряжение, I – ток.

11.1.1. 2-проводная схема измерения сопротивления

Для измерения сопротивлений, больших 100 Ом, используют 2-проводную схему подключения (рис. 11-1).

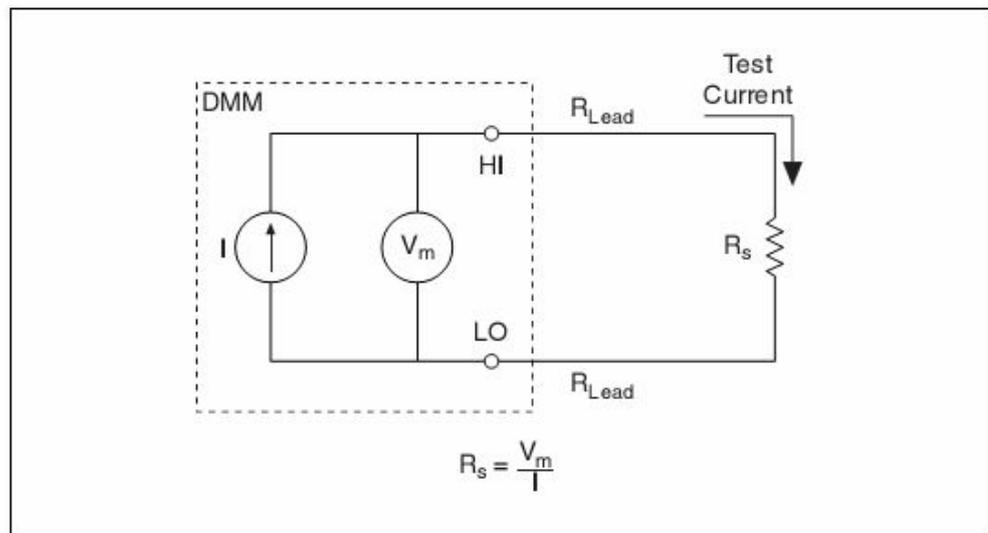


Рис. 11-1. 2-проводная схема измерения сопротивления

Стимулирующий ток (Test Current) протекает по проводникам и измеряемому сопротивлению R_S . Вольтметр, подключенный к резистору теми же проводниками, измеряет падение напряжения на резисторе и вычисляет сопротивление. При измерении малых сопротивлений с помощью 2-проводной схемы сопротивление проводов R_{Lead} является причиной погрешностей измерений. Поскольку на сопротивлении проводов создается падение напряжения $I \times R_{Lead}$, измеренное напряжение не совпадает с напряжением на сопротивлении R_S . Сопротивление проводников обычно лежит в диапазоне 0,01 – 1 Ом, поэтому точные измерения с помощью 2-проводной схемы затруднительны при R_S меньше 100 Ом.

11.1.2. 4-проводная схема измерения сопротивления

Для измерения сопротивлений, меньших 100 Ом, используется 4-проводная схема (рис. 11-2), которая позволяет измерять сопротивления с меньшей погрешностью, чем при использовании 2-проводной схемы.

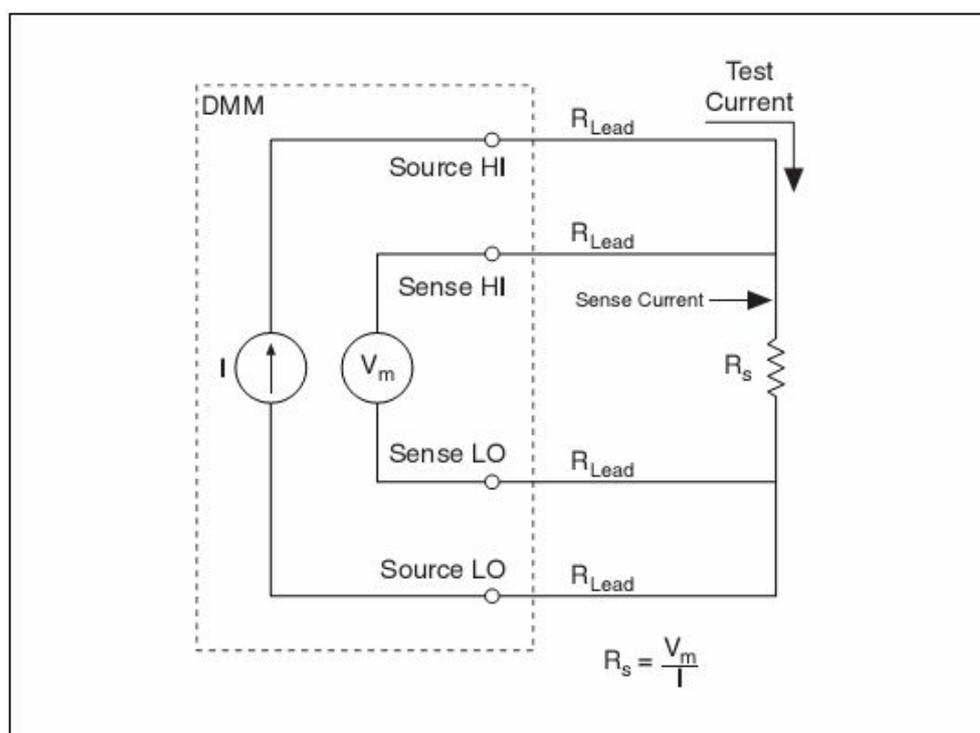


Рис. 11-2. 4-проводная схема измерения сопротивления

При измерении сопротивления этим методом одна пара проводников служит для создания цепи протекания тока возбуждения, а другая пара – для съема напряжения с исследуемого сопротивления (падения напряжения, создаваемого током на резисторе).

Поскольку по второй паре проводов ток не течет, прибор измеряет только то напряжение, которое падает на сопротивлении. Таким

образом, в 4-проводной схеме исключены погрешности из-за сопротивления проводников и сопротивления соединительных контактов.

11.2. Измерение сопротивления с помощью цифровых мультиметров (DMM)

На рис. 11-3 показана система измерения сопротивления.

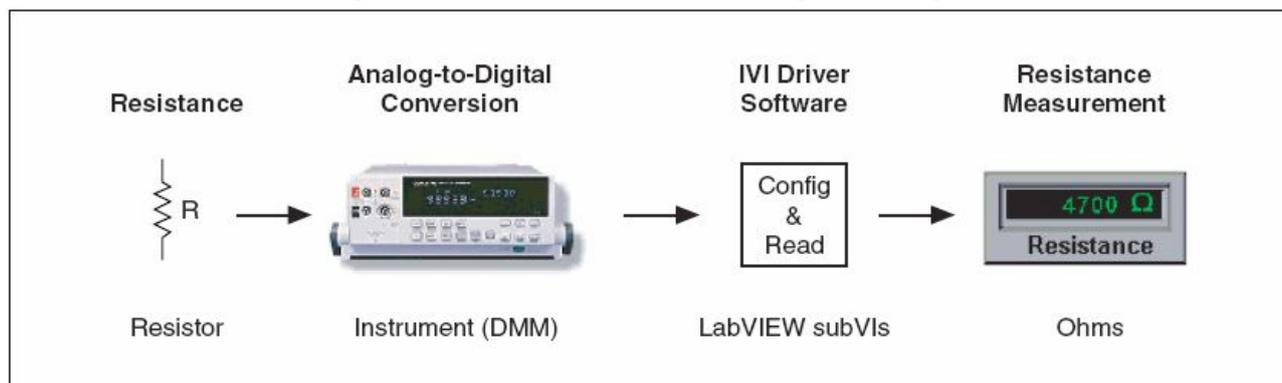


Рис. 11-3. Система измерения сопротивления с помощью мультиметра Resistance (Resistor) – сопротивление (резистор); Analog-to-Digital Conversion (Instrument, DMM) – аналого-цифровое преобразование (прибор – цифровой мультиметр); IVI Driver Software (LabVIEW subVIs) – драйвер IVI (подпрограммы LabVIEW subVI); Resistance Measurement (Ohms) – измерение сопротивления (Ом)

В блок-диаграмме (рис. 11-4) для измерения сопротивления применяются VI из драйвера класса IVI. VI IviDmm Initialize использует логическое имя для создания сессии и инициализации прибора. VI IviDmm Configure Measurement настраивает прибор на режим измерения напряжения сопротивления. VI IviDmm Read выполняет измерение, а VI IviDmm Close закрывает сессию.

Следует отметить, что эта блок-диаграмма аналогична изображенной на рис. 6-7 блок диаграмме *Измерение постоянного напряжения с использованием VI из драйвера класса IVI*. Отличие заключается в том, в блок-диаграмме на рис. 11-4 измеряется сопротивление резистора, подключенного по 2-проводной схеме.

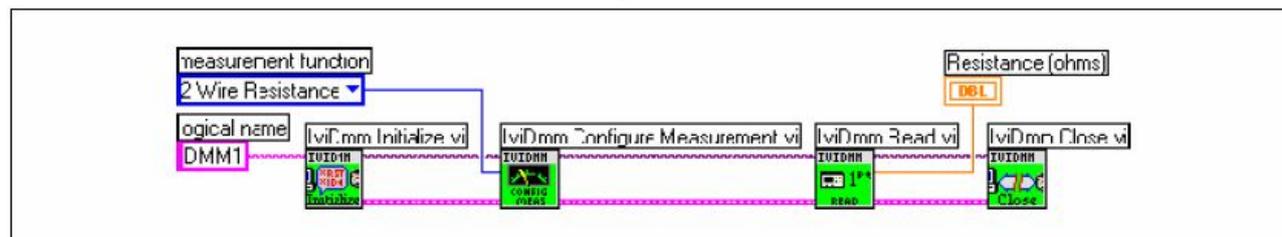


Рис. 11-4. Измерение сопротивления с помощью автономного прибора

12. Генерация напряжения

В главе 12 рассматриваются методы генерации напряжения с использованием устройств ввода-вывода и автономных приборов.

12.1. Обзор методов генерации напряжения

Сгенерировать можно как одно значение напряжения постоянного тока, так и сигнал, изменяющийся во времени, который называют буферизированным сигналом.

12.1.1. Одноточечный аналоговый вывод

Если уровень выходного сигнала более важен, чем скорость изменения его значений, то генерируют постоянное напряжение (DC). Для этого можно использовать VI аналогового вывода одного значения (Single-Point Analog Output). При таком способе генерации осуществляется вызов одного из VI, который производит однократное обновление или однократное изменение уровня выходного сигнала каждый раз, когда необходимо изменить значение уровня сигнала в канале аналогового вывода. Таким образом, скорость изменения выходной величины зависит только от того, насколько быстро LabVIEW осуществляет вызовы VI. Такую технологию, называемую программной синхронизацией, применяют, когда не требуется генерация быстроизменяющихся сигналов или нет повышенных требований к тактированию. Подробная информация о программной синхронизации приведена в разделе *Синхронизация аппаратная или программная* главы 4 *Основы измерений*.

12.1.2. Буферизированный аналоговый вывод

Если скорость изменения выходного сигнала так же важна, как и уровень сигнала, то применяется буферизированный аналоговый вывод. Например, устройство ввода-вывода может работать как функциональный генератор. Для реализации этого режима используют VI, который генерирует один период синусоидального сигнала, например, Sine Generation VI, отсчеты одного периода синусоиды

сохраняют в массиве типа Waveform и передают в устройство ввода-вывода для непрерывного формирования значений синусоиды по точкам с заданной частотой. Для генерации непрерывно изменяющегося сигнала может быть использован аналоговый вывод с кольцевой буферизацией. Примером может служить генерация сигнала, отсчеты которого хранятся на диске в файле данных большого размера. Если компьютер не может хранить весь сигнал в одном буфере, то во время генерации необходимо периодически подгружать в буфер новые данные.

12.1.3. Подключение сигналов аналогового вывода

Схема подключения сигналов зависит от типа DAQ-устройства, коммутационного блока и модуля кондиционирования сигналов. В устройствах E серии для вывода аналоговых сигналов служат контакты AO0, AO1 и AO GND, где AO0 – выходное напряжение для канала вывода 0, AO1 – выходное напряжение для канала вывода 1, AO GND – заземление для обоих каналов вывода и внешнего источника опорного напряжения. На рис. 12-1 показано, как подключаются цепи аналогового вывода в устройствах производства NI.

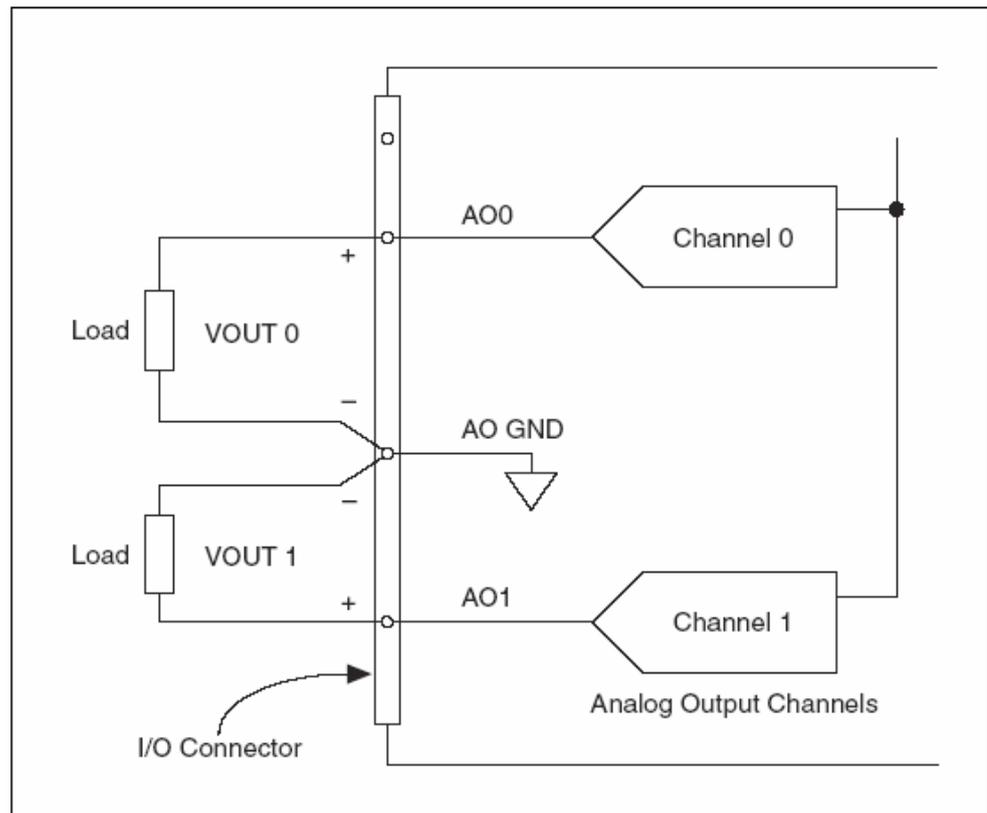


Рис. 12-1. Подключение цепей аналогового вывода
Load – нагрузка; I/O Connector – разъем ввода-вывода;
Analog Output Channels – каналы вывода аналоговых сигналов

Информация о назначении отдельных контактов содержится в документации на устройство ввода-вывода.

12.2. Генерация напряжения с помощью VI NI-DAQmx

Для генерации напряжения применяются VI NI-DAQmx.

В блок-диаграмме на рис. 12-2 VI NI-DAQmx используются для генерации синусоиды в канале вывода аналогового сигнала. VI Sine Waveform формирует отсчеты синусоидального сигнала с частотой 10 Гц и амплитудой 1 В. VI DAQmx Write записывает данные о сигнале в отведенный физический канал, VI DAQmx Timing определяет параметры тактирования вывода, необходимые для генерации сигнала, а VI DAQmx Wait Until Done предназначен для корректного завершения процесса генерации. Без последнего VI генерация напряжения может преждевременно прекратиться, и некоторые данные будут потеряны.

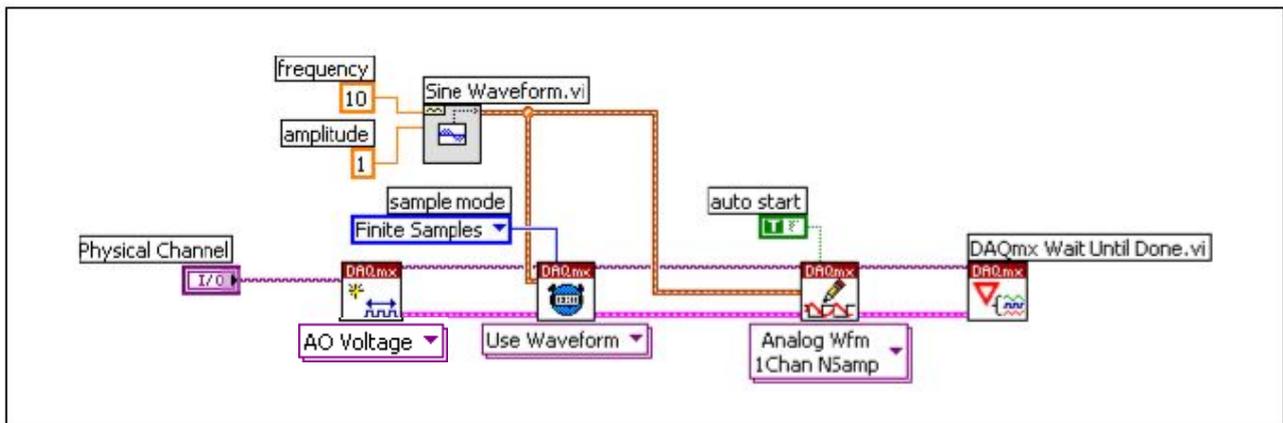


Рис. 12-2. Генерация синусоидального сигнала с помощью VI NI-DAQmx

12.3. Генерация напряжения с помощью автономных приборов

В блок-диаграмме на рис. 12-3 для генерации синусоидального напряжения частотой 5 кГц и амплитудой 2 В используются VI из драйвера класса IVI. VI IviFgen Initialize служит для создания сессии IVI драйвера по логическому имени прибора. VI IviFgen Configure Standard Waveform [STD] задает частоту и амплитуду сигнала, а VI IviFgen Initiate Generation отправляет параметры сигнала в прибор и генерирует сигнал.

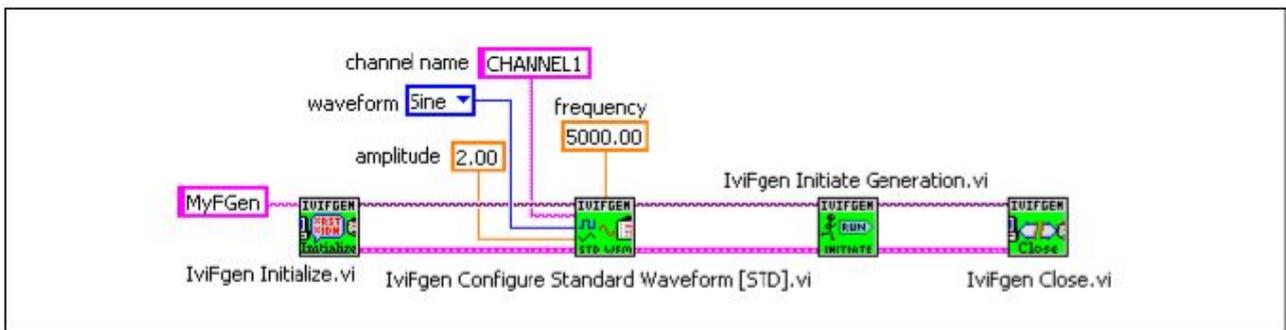


Рис. 12-3. Генерация напряжения с помощью VI класса IVI

13. Измерение частоты аналогового сигнала

В настоящей главе описываются способы измерения частоты аналогового сигнала с помощью устройств сбора данных и автономных измерительных приборов.

13.1. Измерение частоты аналогового сигнала с использованием VI NI-DAQ

Для измерения частоты аналогового сигнала можно использовать функции NI-DAQmx.

Согласно теореме Найквиста наивысшая частота в спектре исследуемого сигнала, которую можно точно определить, равна половине частоты дискретизации. Это означает, что если нужно измерять частоту сигнала 100 Гц, то частота дискретизации должна быть, как минимум, 200 Гц. На практике используют частоты дискретизации в 5-10 раз выше ожидаемых частот исследуемого сигнала.

Кроме частоты дискретизации, необходимо определить и количество отсчетов сигнала. Отсчеты должны собираться в течение, как минимум, 3-х периодов сигнала. На практике, однако, сбор данных производят в течение 10-ти и более периодов. Например, для измерения частоты сигнала 100 Гц при частоте дискретизации 500 Гц необходимо собрать не менее 15-ти отсчетов или точек. Поскольку частота дискретизации в 5 раз больше частоты сигнала, то на период приходится 5 отсчетов, и для трех периодов получаем: $5 \text{ отсчетов} \times 3 \text{ периода} = 15 \text{ отсчетов}$.

Количество собранных отсчетов определяет число дискрет по частоте, и, соответственно разрешающую способность при измерении частоты. Единица дискретности при измерении частоты равна частоте дискретизации, деленной на число собранных отсчетов. Например, если при частоте дискретизации 500 Гц собрано 100 отсчетов, дискретность измерения частоты составляет 5 Гц.

13.1.1. Измерение частоты с помощью NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 13-1 для измерения частоты аналогового сигнала, представленного в формате Waveform, используются VI NI-DAQmx. VI DAQmx Create Virtual Channel создает виртуальный канал для измерения напряжения. VI DAQmx Timing устанавливает режим синхронизации сбора данных Sample Clock и режим фиксированного объема выборки Finite. Параметры Samples per Channel и Rate определяют количество отсчетов на канал и частоту дискретизации. В рассматриваемом примере собирается 100 отсчетов с частотой дискретизации 500 Гц, поэтому сбор данных длится 1/5 с. VI DAQmx Read измеряет амплитуду напряжения в 100 точках и передает собранные данные функции VI Extract Single Tone Information (Извлечение основной гармоник), которая возвращает результат измерения частоты.

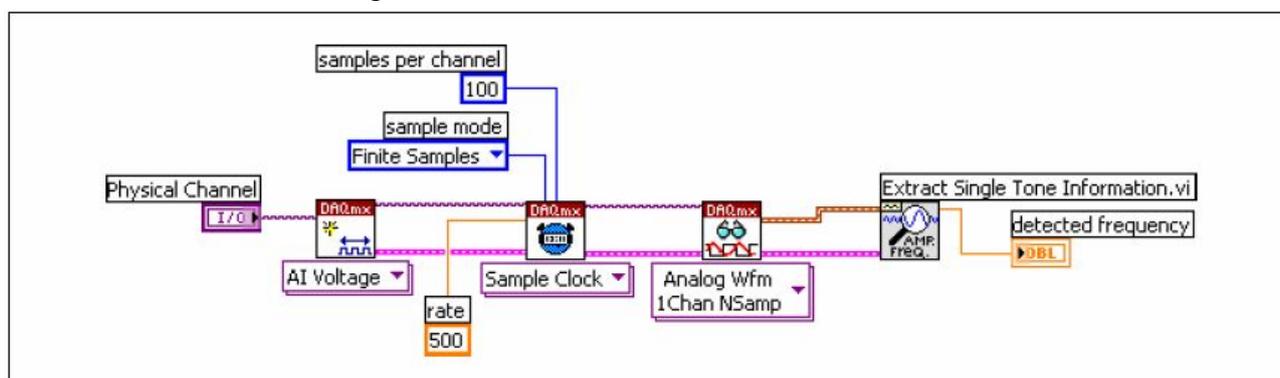


Рис. 13-1. Измерение частоты аналогового сигнала с помощью VI NI-DAQmx

Чтобы измерить частоту сигналов в нескольких каналах, необходимо выбрать эти каналы с помощью элемента Physical Channel I/O, сконфигурировать VI DAQmx Read для чтения нужного числа отсчетов с выбранных каналов и обновить VI Extract Single Tone Information для получения массива определяемых частот.

13.2. Измерение частоты с помощью автономных измерительных приборов

В блок-диаграмме на рис. 13-2 для измерения частоты используются VI из драйвера класса IVI. Т.к. автономный прибор производит измерение частоты самостоятельно и возвращает ее значение, поэтому VI в этой блок-диаграмме не вычисляют частоту.

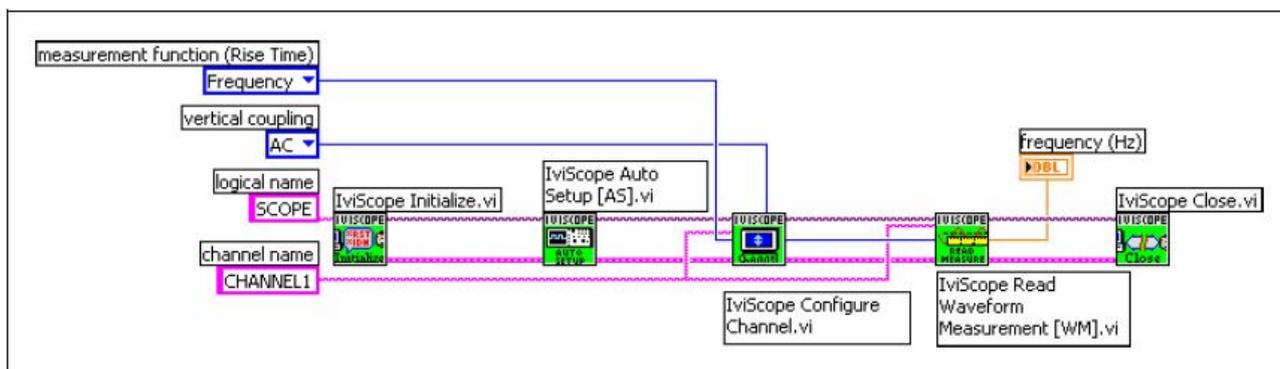


Рис. 13-2. Измерение частоты с помощью автономного прибора

VI IviScope Initialize инициализирует прибор и создает сессию по заданному логическому имени. Функцией IviScope Auto Setup [AS] прибор конфигурируется по умолчанию, как осциллограф, а VI IviScope Configure Channel устанавливает режим измерения частоты. VI IviScope Read Waveform Measurement [WM] считывает результаты измерений, после чего VI IviScope Close закрывает сессию.

Следует обратить внимание, что блок-диаграмма на рис. 13-2 подобна блок-диаграмме *Измерение размаха напряжения с использованием VI из драйвера класса IVI* (рис. 7-7). Отличаются эти блок-диаграммы только выбором функции измерений (Measurement Function).

13.3. Измерение частоты с фильтрацией

Частота Найквиста определяет полосу частот дискретизируемого сигнала, которая равна половине частоты дискретизации. Спектральные составляющие (гармоники) ниже частоты Найквиста определяются корректно. Частотные компоненты выше частоты Найквиста появляются, как наложенные (aliased) на интервал между нулевой частотой и частотой Найквиста. Значения этих ложных частот равны модулю разности между настоящей гармоникой сигнала и значением частоты, ближайшей кратной частоте дискретизации. Например, если сигнал, содержащий спектральную составляющую 800 Гц, дискретизировать с частотой 500 Гц, появится ложная гармоника с частотой 200 Гц, поскольку

$$|800 - (2 \times 500)| = 200 \text{ Гц}$$

Один из способов избежать наложения спектра заключается в использовании аппаратного аналогового фильтра до дискретизации и частотного анализа данных. Если фильтрацию выполнять на программном уровне, то сигнал должен дискретизироваться с частотой, достаточно высокой для того, чтобы корректно представлять высшие спектральные компоненты сигнала. Например, если высшая

гармоника в сигнале равна 800 Гц, то минимальная частота дискретизации должна быть 1600 Гц, однако, приходится выбирать частоту дискретизации в 5-10 раз выше, чем 800 Гц. Если измеряемая частота ориентировочно равна 100 Гц, можно использовать фильтр нижних частот (ФНЧ) Баттерворта с частотой среза $f_c = 250$ Гц для подавления гармоник выше 250 Гц и пропускания гармоник ниже 250 Гц. На рис 13-3 показан ФНЧ.

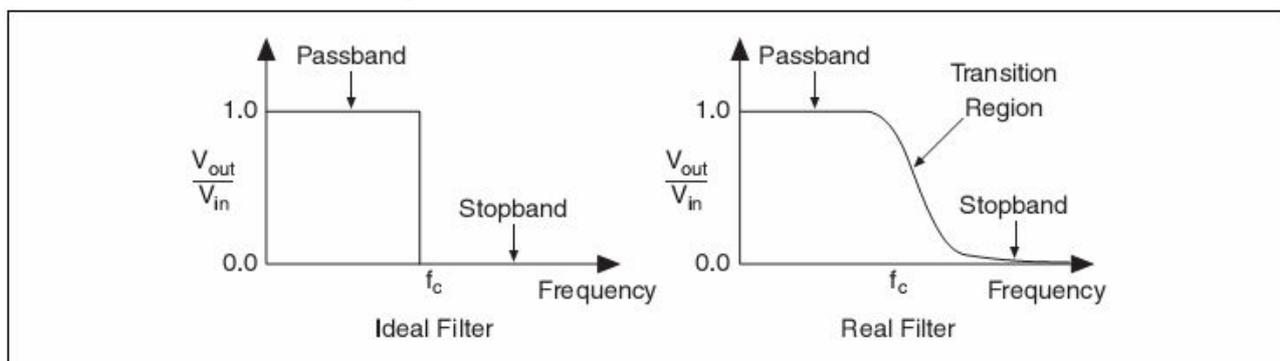


Рис. 13-3. Фильтр нижних частот

Ideal Filter – идеальный фильтр; Real Filter – реальный фильтр;
Passband – полоса пропускания; Stopband – полоса заграждения;
Transition Region – переходная область

Оптимальным является идеальный фильтр (рис. 13-4), который подавляет все частоты выше частоты Найквиста. Реальный фильтр можно реализовать с помощью фильтра Баттерворта. Полоса пропускания соответствует области частот, где отношение выходного сигнала ко входному $V_{out}/V_{in} \approx 1$, а полоса заграждения – области частот, где $V_{out}/V_{in} \approx 0$. В переходной области отношение V_{out}/V_{in} убывает от 1 до 0 и здесь происходит плавное ослабление высших частотных составляющих.

В блок-диаграмме на рис. 13-4 перед измерением частоты сигнал подвергается фильтрации.

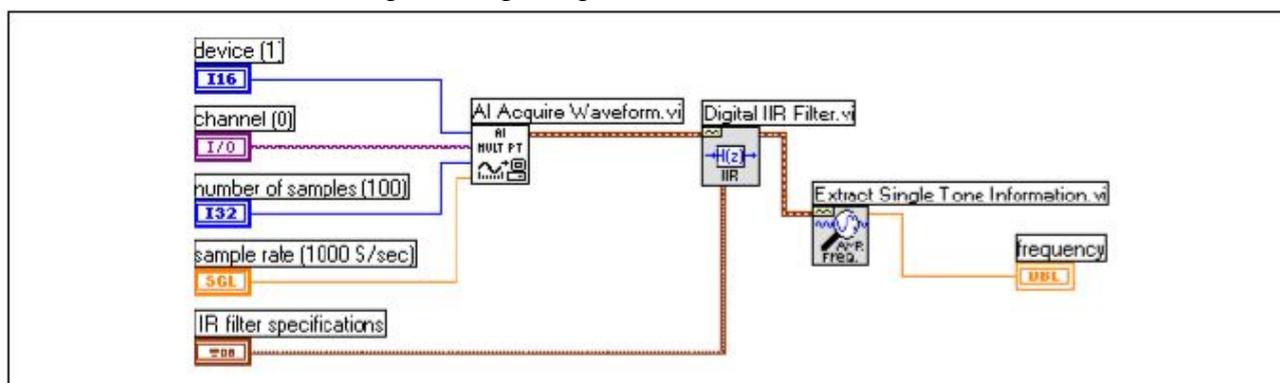


Рис. 13-4. Измерение частоты после фильтрации

Следует обратить внимание на VI Digital IIR Filter и элемент управления **IIR filter specifications** (рис. 13-5), с помощью которого устанавливаются рассчитанные предварительно параметры фильтра.

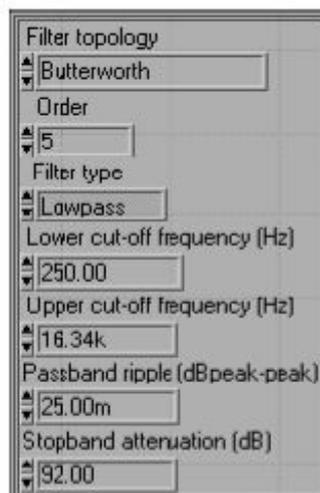


Рис. 13-5. Настройки фильтра Digital IIR Filter (фильтр с бесконечной импульсной характеристикой)

В рассматриваемом примере настройки соответствуют фильтру Баттерворта 5-го порядка с частотой среза 250 Гц. Порядок фильтра определяет крутизну переходной области. Чем выше порядок, тем больше крутизна. С другой стороны, при более низком порядке уменьшаются время и погрешности вычислений. В этом примере игнорируются такие параметры, как верхняя частота среза (**Upper cut-off frequency**), пульсации в полосе пропускания (**Passband ripple**) и ослабление в полосе заграждения (**Stopband attenuation**). Подробнее о фильтрации см. главу 4 *Digital Filtering (Цифровая фильтрация)* руководства *LabVIEW Analysis Concept Manual (Принципы обработки данных в LabVIEW)*.

14. Измерение длительности, периода и частоты цифрового импульсного сигнала

В главе 14 описывается, как можно измерить длительность, период и частоту импульсного цифрового сигнала с помощью счетчиков устройств сбора данных.

14.1. Общие сведения о счетчиках

Обычно счетчики работают с ТТЛ сигналами. Подробнее ТТЛ сигналы рассмотрены в разделе *Цифровой ввод-вывод* главы 4 *Основы измерений*.

Счетчики отслеживают состояние сигнала и переход сигнала из одного состояния в другое. Счетчики могут обнаруживать нарастающий (положительный) фронт, который представляет собой переход от низкого логического уровня к высокому, и ниспадающий (отрицательный) фронт – переход от высокого уровня к низкому. Длительность переключения от низкого уровня к высокому и от высокого уровня к низкому уровню называют временем нарастания и временем спада соответственно. Согласно спецификациям для ТТЛ сигнала, чтобы счетчик обнаружил переключение, длительность фронта не должна превышать 50 нс (рис. 14-1).

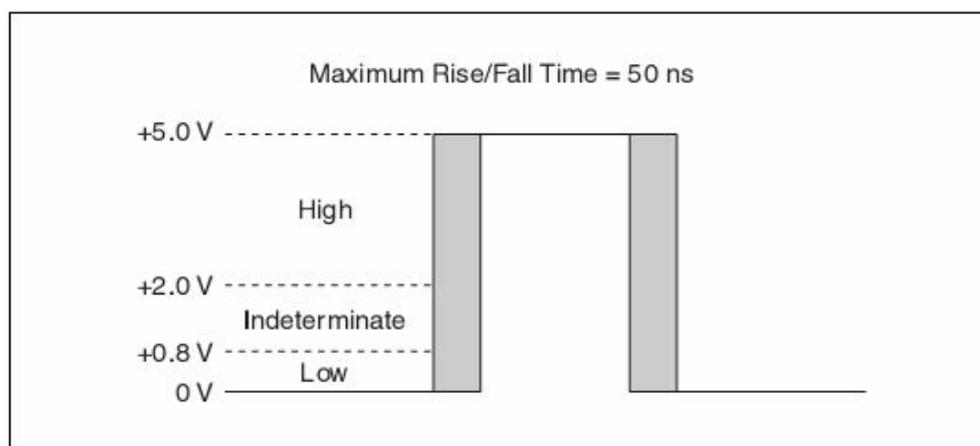


Рис. 14-1. Обнаружение фронтов
Maximum Rise/Fall Time – максимальная длительность положительного/отрицательного фронтов; High, Inderteminate, Low – области высокого, неопределенного и низкого логических уровней сигнала

14.1.1. Устройство счетчика

На рис. 14-2 показаны основные компоненты счетчика.

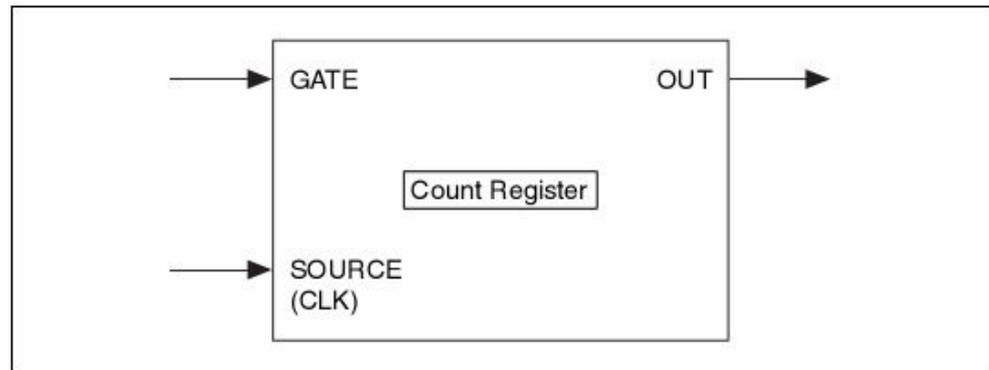


Рис 14-2. Устройство счетчика

GATE – вход разрешения счета (строб); SOURCE (CLK) – вход импульсов счета (синхроимпульсов); Count Register – регистр счета; OUT - выход

Вход GATE управляет разрешением счета – сигнал на этом входе запускает и останавливает счет.

К входу SOURCE (CLK) подключается источник импульсов, количество которых подлежит счету, или источник импульсов, определяющих временную базу при измерении временных интервалов (генератор образцовой частоты).

В регистре счета инкрементируется или декрементируется количество подсчитываемых переключений (фронтов). Если содержимое регистра счета декрементируется, то число в регистре уменьшается до нуля. Емкость регистра счета N определяется его разрядностью n (бит) и может быть подсчитано, как $N = 2^n$.

На выходе OUT может быть сформирован как одиночный импульс, так и последовательность импульсов.

14.2. Обзор методов измерения временных характеристик сигналов

С помощью счетчиков можно проводить измерения длительности некоторого события или временного интервала между двумя событиями. Например, можно использовать этот вид измерений для определения временного интервала между прохождениями двух коробок, движущихся по конвейерной ленте. За событие в этом случае принимается фронт цифрового сигнала, который формируется каждый раз, когда коробка проходит мимо определенной точки.

Измерение временных параметров – это измерение длительности, периода и частоты импульсов цифрового сигнала. При измерении длительности импульса измеряется временной интервал между положительным и отрицательным фронтами, или между отрицательным и положительным фронтами импульса. Измерение периода заключается в измерении интервала времени между двумя соседними положительными или отрицательными фронтами. Частота – это величина, обратная периоду. На рис. 14-3 показаны различия между измерениями периода и длительности импульсов.

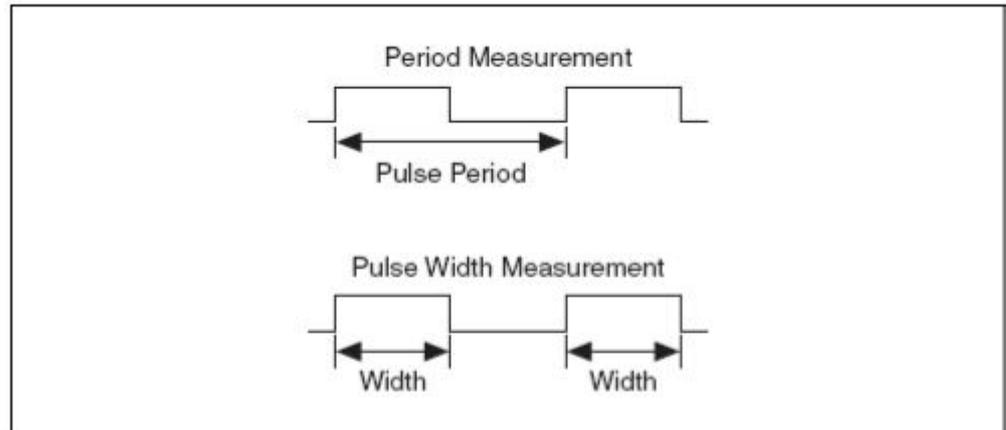


Рис. 14-3. Измерения периода и длительности импульса
 Period Measurement – измерение периода; Pulse Period – период импульсов;
 Pulse Width Measurement – измерение длительности импульса;
 Width – ширина (длительность импульса)

Для вычисления периода T и длительности τ используются следующие

$$\text{выражения: } T(s) = \frac{N}{f_0} \quad \text{и} \quad \tau(s) = \frac{N}{f_0},$$

где N – количество импульсов образцовой частоты f_0 , подсчитанных в течение периода T или длительности τ входного сигнала (в секундах).

Для определения частоты (в герцах), значение которой обратно

$$\text{периоду, используется выражение: } f(\text{Hz}) = \frac{f_0}{N}.$$

При известной образцовой частоте результаты можно получать как в единицах измерения частоты, так и в единицах измерения времени. Если частота счетных импульсов неизвестна, то можно определять только количество импульсов (Ticks). Такое случается, если в качестве временной базы используется внешний сигнал неизвестной частоты.

14.3. Погрешность квантования

Погрешность квантования обусловлена неопределенностью, возникающей из-за конечного разрешения при преобразовании аналогового сигнала в цифру (код). Погрешность квантования зависит от разрядности аналого-цифрового преобразователя, а также от его собственных погрешностей, нелинейности и шумов. Погрешности квантования появляются из-за сдвига фаз между входным сигналом и импульсами образцовой частоты и могут принимать различные значения в зависимости от частоты входного сигнала и используемого метода измерений.

На рис. 14-4 показаны три возможных результата измерения временного интервала с помощью счетчиков.

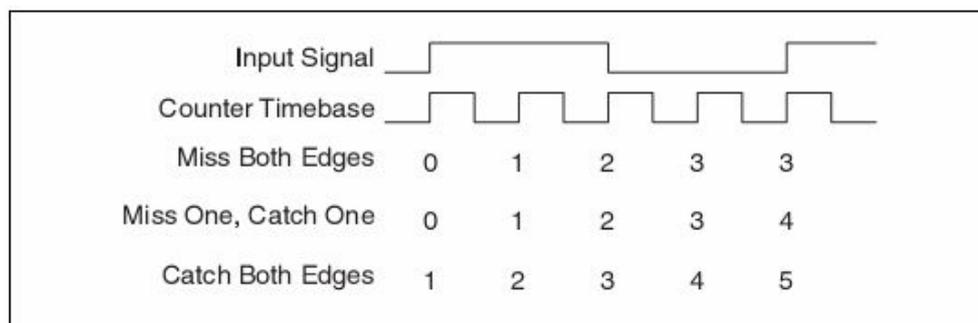


Рис. 14-4. Погрешность квантования при использовании счетчиков
 Input Signal – входной сигнал; Counter Timebase – импульсы образцовой частоты; Miss Both Edges – потеря обоих фронтов;
 Miss One, Catch One – потеря одного фронта, захват одного фронта;
 Catch Both Edges – захват обоих фронтов

Потеря обоих фронтов – счетчик пропускает первый и последний положительные фронты счетных импульсов. Это происходит, если входной сигнал переключается непосредственно после первого и перед последним положительными фронтами счетных импульсов. Следовательно, результат счета получается на единицу меньше ожидаемого значения.

Потеря одного фронта, захват другого – счетчик обнаруживает только первый или только последний положительный фронт счетных импульсов. В результате получается ожидаемая величина.

Захват обоих фронтов – счетчик реагирует и на первый, и на последний положительные фронты счетных импульсов. Результат счета получается на единицу больше ожидаемого.

Например, при частоте счетных импульсов 20 МГц и частоте входного сигнала 5 МГц с учетом ошибки квантования может быть подсчитано

3, 4 или 5 импульсов, и результат измерения частоты соответственно получится равным 6,67 МГц, 5 МГц или 4 МГц, при этом погрешность квантования может составить 33%.

14.3.1. Погрешность квантования при измерении интервалов времени с помощью счетчика

Для вычисления погрешности квантования δ_{Quant} при измерении временного интервала с помощью одного счетчика используется следующее выражение:

$$\delta_{\text{Quant}} = \frac{f_x}{f_0 - f_x}$$

где f_x – действительное значение измеряемой частоты, а f_0 – значение образцовой частоты (частоты счетных импульсов).

Погрешность квантования при измерении временных интервалов можно уменьшить, увеличив частоту счетных импульсов. В табл. 14-1 приведены погрешности квантования для различных частот счетных импульсов и входного сигнала.

Таблица 14-1. Погрешность квантования при измерении временных интервалов с помощью счетчика

| Действительная частота входного сигнала | Частота счетных импульсов | Погрешность квантования |
|---|---------------------------|-------------------------|
| 10 Гц | 100 кГц | 0.01% |
| 100 Гц | 100 кГц | 0.1% |
| 1 кГц | 100 кГц | 1.01% |
| 10 кГц | 20 МГц | 0.05% |
| 100 кГц | 20 МГц | 0.5% |
| 1 МГц | 20 МГц | 5.26% |

14.4. Метод измерения временных характеристик с помощью двух счетчиков

И период, и частоту можно измерять с использованием одного или двух счетчиков. Для большинства приложений достаточно одного счетчика, при этом задействуется меньше системных ресурсов. При исследовании высокочастотных или изменяющихся в широком диапазоне сигналов может потребоваться метод измерения с помощью двух счетчиков.

14.4.1. Метод измерения временных характеристик высокочастотных сигналов с помощью двух счетчиков

Этот метод следует использовать при цифровом измерении частоты или периода высокочастотного цифрового сигнала. Второй счетчик при реализации данного метода служит для формирования последовательности импульсов с известным периодом, называемым также "временем измерения".

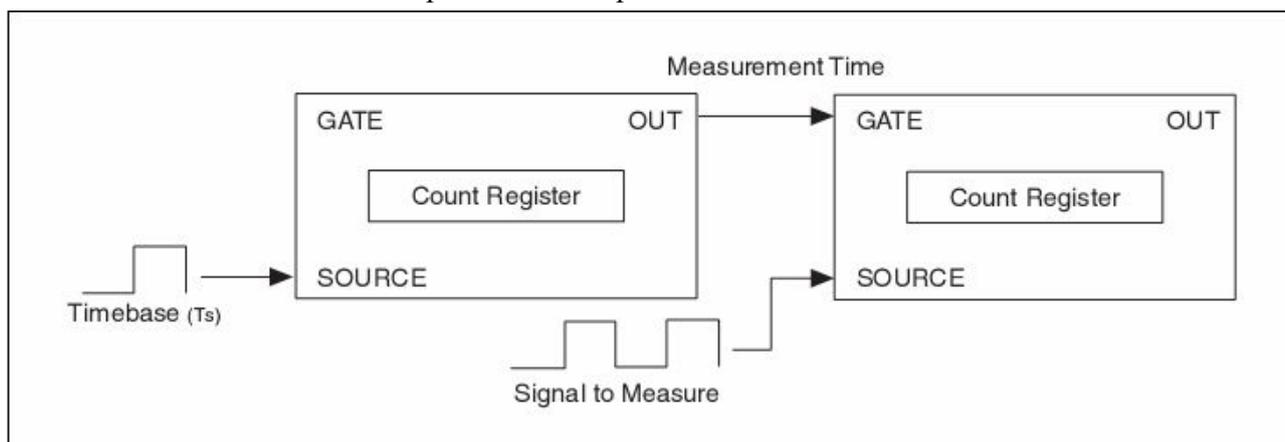


Рис. 14-5. Измерение с помощью двух счетчиков

Measurement Time – время измерения; Timebase (Ts) – импульсы образцовой частоты; Signal to Measure – измеряемый сигнал

Время измерения должно быть больше периода входного сигнала для уменьшения погрешности квантования, но достаточно малым, чтобы не допустить переполнения счетного регистра. Счетчик, в котором производится подсчет количества периодов входного сигнала за время измерения, усредняет результаты измерений и возвращает среднее значение для VI NI-DAQ Read.

Среднее значение периода и частоты определяют по следующим формулам:

$$T_x = \frac{T_m}{N_x} \quad \text{и} \quad f_x = \frac{N_x}{T_m},$$

где T_x и f_x – период и частота исследуемого сигнала, T_m – время измерения, N_x – количество подсчитанных импульсов.

Погрешность квантования при измерении характеристик высокочастотных сигналов методом двух счетчиков

Для вычисления погрешности квантования при измерении с помощью двух счетчиков используются следующие формулы:

$$\delta_{\text{Quant}} = \frac{T_x}{T_m} \quad \text{и} \quad \delta_{\text{Quant}} = \frac{1}{T_m \times f_x},$$

где δ_{Quant} – погрешность квантования; T_x и f_x – период и частота импульсов исследуемого сигнала; T_m - время измерения.

Погрешность квантования уменьшается при увеличении времени измерения и частоты входных сигналов. В табл. 4-2 приведены значения погрешности квантования для различных значений времени измерения и частоты входного сигнала. Следует обратить внимание, что при одном и том же времени измерения погрешность квантования уменьшается с увеличением частоты исследуемого сигнала.

Таблица 14-2. Погрешность квантования при измерении с помощью двух счетчиков

| Действительная частота входного сигнала | Время измерения | Погрешность квантования |
|---|-----------------|-------------------------|
| 10 кГц | 1 мс | 10.00% |
| 100 кГц | 1 мс | 1.00% |
| 1 МГц | 1 мс | 0.1% |
| 10 МГц | 1 мс | 0.01% |
| 10 кГц | 100 мс | 0.1% |
| 1 МГц | 100 мс | 0.001% |
| 10 МГц | 100 мс | 0.0001% |
| 10 кГц | 1 с | 0.010% |
| 100 кГц | 1 с | 0.0010% |
| 1 МГц | 1 с | 0.0001% |
| 10 МГц | 1 с | 0.00001% |

Реализация метода двух счетчиков с использованием VI NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 14-6 для измерения сигнала с частотой примерно 10 МГц используются VI NI-DAQmx. Вход **Starting Edge** (Фронт запуска) устанавливается в состояние *Rising* (положительный фронт), при этом измерение начинается с приходом первого положительного фронта. VI DAQmx Read возвращает результат измерения частоты (Гц).

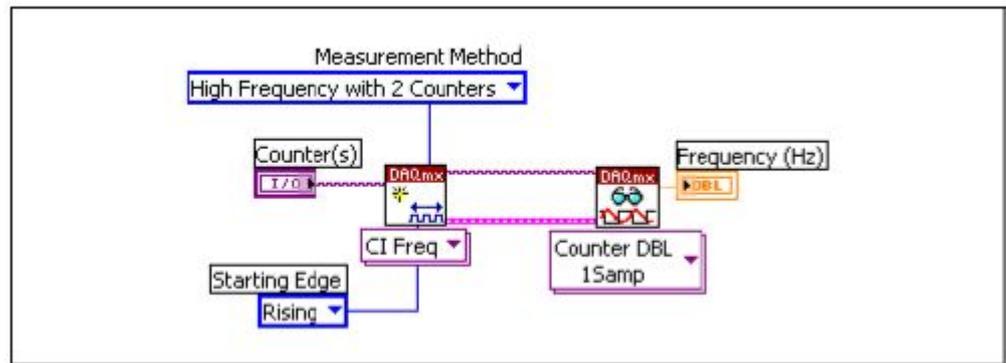


Рис. 14-6. Измерение частоты с помощью NI-DAQmx



Примечание: подробная информация о подключениях сигналов при измерении методом двух счетчиков приведена в справочной системе *NI-DAQmx Help*.

14.4.2. Применение метода двух счетчиков для расширения диапазона измерения

При измерении частоты или периода цифрового сигнала, изменяющихся в широком динамическом диапазоне, также может быть использован метод двух счетчиков. Этот метод эффективен, если необходимо проводить измерения с повышенной точностью в широком диапазоне значений частоты сигнала.

Конфигурация аппаратной части точно такая же, как при измерении высокочастотных сигналов методом двух счетчиков, однако в рассматриваемом случае второй счетчик с помощью свойства Divisor (делитель) настраивается на деление частоты входного сигнала. При этом происходит сдвиг диапазона измеряемых частот вверх, вследствие чего может произойти переполнение счетчика. Свойство Divisor масштабирует измеряемый период T_x (частоту f_x), и возвращаемый результат T_{Dx} (f_{Dx}) определяется в соответствии со следующими формулами:

$$T_{Dx} = \frac{T_x}{K_D} \quad \text{и} \quad f_{Dx} = K_D \times f_x$$

где K_D – коэффициент деления.

Например, если используются 24-разрядный счетчик и генератор образцовой частоты счетных импульсов 100 кГц, то при $K_D = 1$ (нет делителя) значения измеряемых частот могут находиться в диапазоне от 0.006 Гц до 50 кГц, поскольку

$$f_x = \left(\frac{f_0}{N_x} \right) \times K_D,$$

$$f_{x \min} = \left(\frac{f_0}{N_{x \max}} \right) \times K_D = \left(\frac{100 \text{kHz}}{2^{24}} \right) \times 1 = 0.006 \text{ Hz}$$

$$f_{x \max} = \left(\frac{f_0}{N_{x \min}} \right) \times K_D = \left(\frac{100 \text{kHz}}{2} \right) \times 1 = 50 \text{ kHz}$$

Однако, при значении делителя $K_D = 4$, диапазон измеряемых частот становится равным от 0.024 Гц до 200 кГц, поскольку

$$f_{x \min} = \left(\frac{f_0}{N_{x \max}} \right) \times K_D = \left(\frac{100 \text{kHz}}{2^{24}} \right) \times 4 = 0.024 \text{ Hz}$$

$$f_{x \max} = \left(\frac{f_0}{N_{x \min}} \right) \times K_D = \left(\frac{100 \text{kHz}}{2} \right) \times 4 = 200 \text{ kHz}$$

Погрешность квантования при использовании двух счетчиков для расширения диапазона измерения

При использовании метода двух счетчиков с целью расширения диапазона измерений погрешность квантования определяется по следующим формулам:

$$\delta_{\text{Quant}} = \frac{1}{K_D \times f_0 \times T_x - 1} \text{ - при измерении периода}$$

$$\delta_{\text{Quant}} = \frac{f_x}{K_D \times f_0 - f_x} \text{ - при измерении частоты}$$

Погрешность квантования уменьшается при увеличении коэффициента деления делителя, увеличения образцовой частоты, а также при уменьшении частоты входного сигнала. В табл. 14-3 приведены значения погрешности квантования для различных значений коэффициента деления делителей и частот входного сигнала при фиксированном значении образцовой частоты 20 МГц.

Таблица 14-3. Погрешность квантования при использовании двух счетчиков для расширения диапазона измерений

| Действительная частота входного сигнала | Делитель | Погрешность квантования |
|---|----------|-------------------------|
| 1 кГц | 4 | 0.00125 % |
| 10 кГц | 4 | 0.0125 % |
| 100 кГц | 4 | 0.125 % |
| 1 МГц | 4 | 1.25 % |
| 10 МГц | 4 | 12.5 % |
| 1 кГц | 10 | 0.0005 % |
| 10 кГц | 10 | 0.005 % |
| 100 кГц | 10 | 0.05 % |
| 1 МГц | 10 | 0.5 % |
| 10 МГц | 10 | 5.0 % |
| 1 кГц | 100 | 0.00005 % |
| 10 кГц | 100 | 0.0005 % |
| 100 кГц | 100 | 0.005 % |
| 1 МГц | 100 | 0.05 % |
| 10 МГц | 100 | 0.5 % |

Из таблицы видно, что делитель уменьшает погрешность квантования. Несмотря на то, что применение метода двух счетчиков для измерения на высоких частотах позволяет повысить точность в области высоких частот, применение этого же метода для расширения диапазона измерения позволяет достичь высокой точности во всем диапазоне при меньшем времени измерения. Если, например, частота входного сигнала изменяется в диапазоне от 1 кГц до 1 МГц и погрешность квантования не должна превышать 2% во всем диапазоне, метод двух счетчиков, используемый для измерений на высоких частотах, потребует время измерения 50 мс. При использовании метода двух счетчиков для расширения диапазона измерений и той же погрешности квантования время измерения составит 4 мс.

15. Генерация цифровых импульсных сигналов

В этой главе рассматриваются способы генерации цифровых импульсных сигналов с помощью встраиваемых устройств сбора данных и модулей FieldPoint.

15.1. Общие сведения о генерации цифровых импульсных сигналов

Некоторые измерительные приборы могут генерировать импульсный сигнал, используя встроенный счетчик/таймер. На рис. 15-1 показаны примеры отрицательного (0 В) и положительного (5 В) импульсов. Формируются импульсы на импульсном выходе счетчика.



Рис. 15-1. Положительный импульс (High Pulse) и отрицательный импульс (Low Pulse)

Одиночные импульсы и импульсные последовательности могут использоваться в качестве сигналов синхронизации, сигналов разрешения или стробирования, сигналов запуска измерений или генерации. Одиночный импульс известной длительности можно использовать для определения неизвестной частоты или для запуска процесса сбора данных, а импульсную последовательность известной частоты – для определения длительности некоторого сигнала.

На рис. 15-2 и 15-3 показано, из каких элементов состоит импульс и импульсная последовательность.

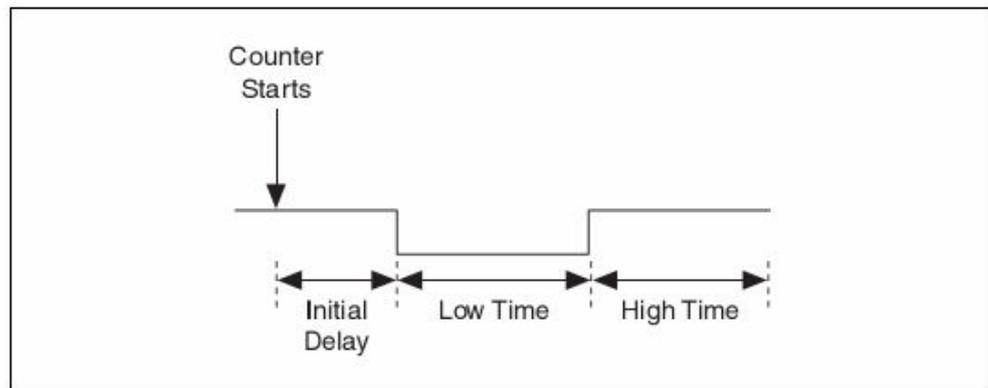


Рис. 15-2. Составные части импульса

Counter Starts – старт счетчика; Initial Delay – начальная задержка;
 Low Time (T_{low}) – длительность низкого уровня;
 High Time (T_{high}) – длительность высокого уровня

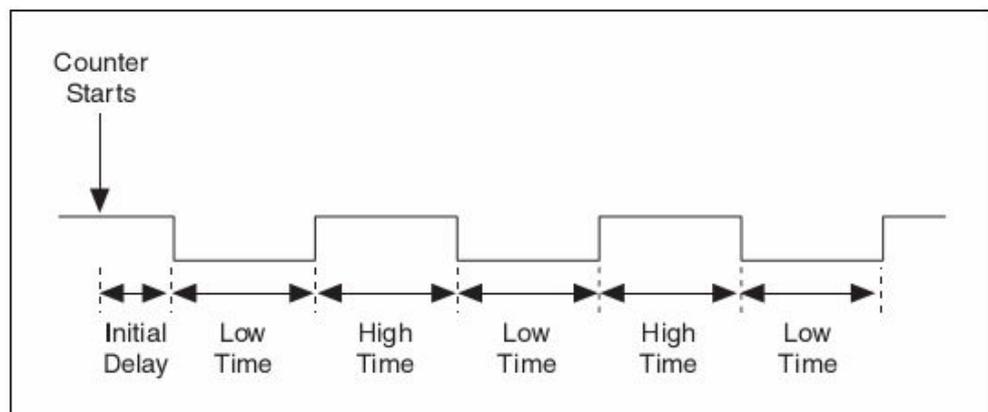


Рис. 15-3. Составные части последовательности импульсов

- Начальная задержка – это интервал времени, в течение которого выход сохраняет пассивное состояние перед генерацией импульса.
- Длительность высокого уровня T_{high} – время, в течение которого уровень сигнала равен 5 В.
- Длительность низкого уровня T_{low} – время, в течение которого уровень сигнала равен 0 В.

Период следования импульсов T равен сумме длительностей высокого и низкого уровней. Частота – это величина, обратная периоду.

Еще одной характеристикой импульсных сигналов является коэффициент заполнения (Duty Cycle) (рис. 15-4). Коэффициент заполнения k_{dc} импульсов с разными длительностями высокого и низкого уровней определяется по следующей формуле:

$$k_{dc} = T_{high} / T$$

Коэффициент заполнения принимает значения между 0 и 1 и часто выражается в процентах. Коэффициент заполнения импульса с

равными длительностями высокого и низкого уровня равен 0.5 или 50%. Коэффициент заполнения, больший 50 %, показывает, что длительность высокого уровня больше длительности низкого уровня, а коэффициент заполнения, меньший 50%, показывает, что, наоборот, длительность низкого уровня больше, чем длительность высокого уровня.

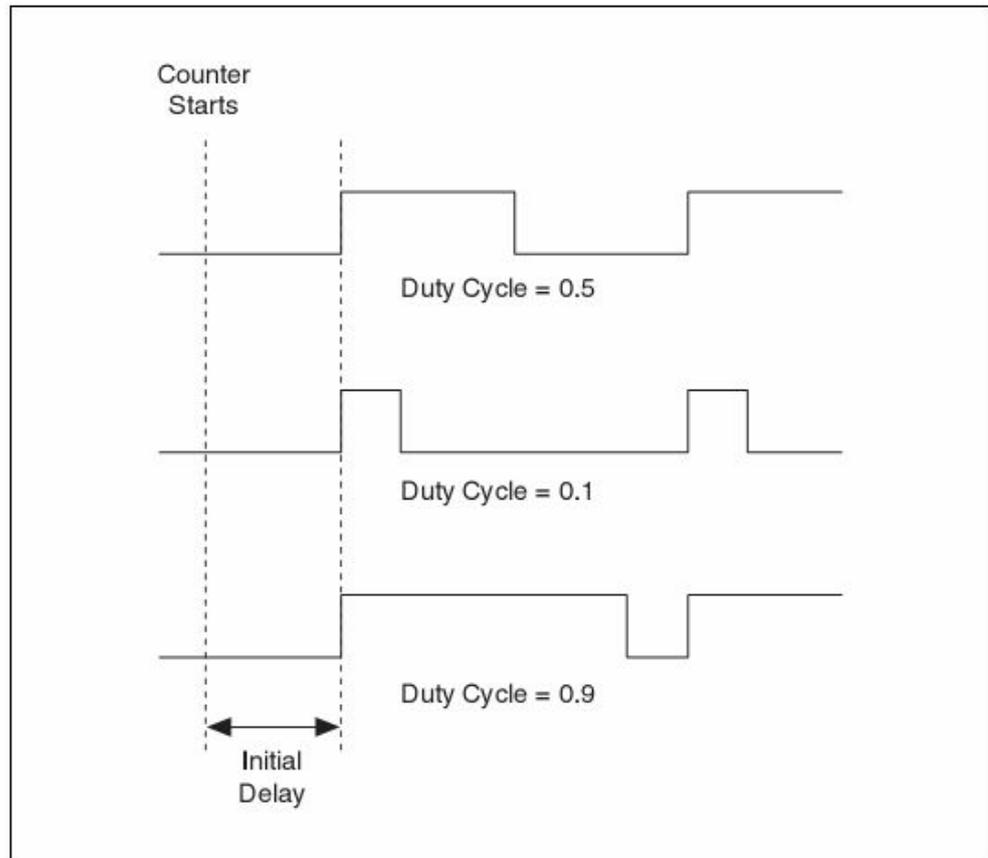


Рис. 15-4. Коэффициент заполнения импульса (Duty Cycle)

Прежде, чем генерировать импульсы, необходимо определить, какими должен быть вид и параметры выходного сигнала: импульс или последовательность импульсов, значения частоты или длительности импульса, требуемое количество импульсов опорной частоты. Если главным параметром является частота, нужно определить коэффициент заполнения. Если главный параметр – длительность, необходимо указать длительность высокого уровня, т.е. интервал времени, в течение которого уровень импульса равен 5 В, и длительность низкого уровня, т.е. интервал времени, в течение которого уровень импульса равен 0 В. Выходной сигнал счетчика будет соответствовать заданному режиму генерации.

Исходное состояние выхода определяет полярность формируемых импульсов. Если исходное состояние – низкий уровень, то после старта в течение времени начальной задержки на выходе удерживается этот

уровень, затем происходит переключение на высокий уровень, удерживаемый в течение времени T_{high} , по истечении которого происходит возврат на низкий уровень (рис. 15-5). Далее длительности высокого и низкого уровней повторяются для каждого импульса.

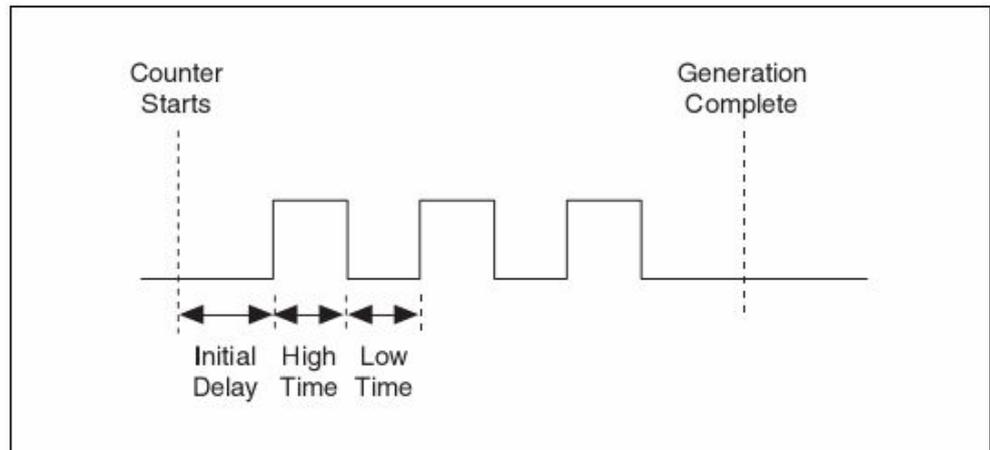


Рис. 15-5. Исходный низкий уровень
Generation Complete – генерация завершена

Если исходное состояние – высокий уровень, то после старта в течении времени начальной задержки на выходе удерживается высокий уровень, затем происходит переключение на низкий уровень, удерживаемый в течение времени T_{low} , по истечении которого происходит возврат на высокий уровень (рис. 15-6). В обоих случаях выход возвращается в исходное (после старта) состояние после окончания генерации импульсов.

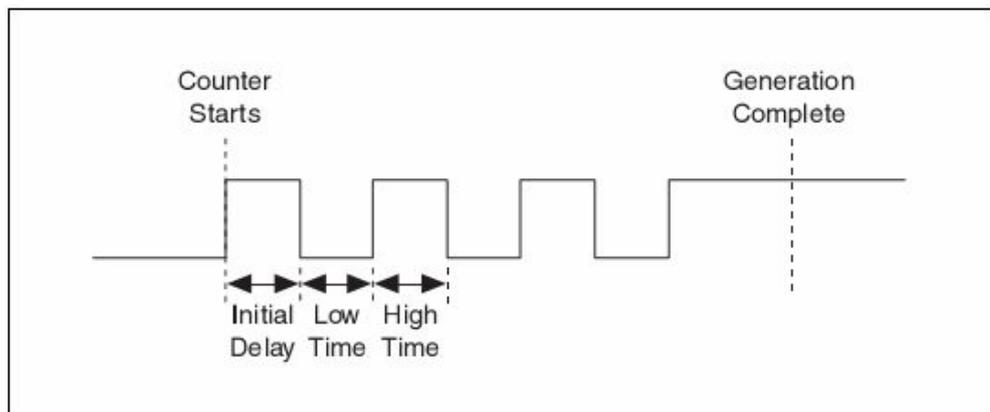


Рис. 15-6. Исходный уровень – высокий

Изменять длительности высокого и низкого уровня непрерывной последовательности импульсов можно в любой момент времени, даже при работающем приложении. Это полезно при решении задач широтно-импульсной модуляции (ШИМ), которая применяется в системах управления с контурами пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования (ПИД).

15.2. Генерация цифровых импульсных сигналов с использованием VI NI-DAQmx

В блок-диаграмме на рис. 15-7 для генерации последовательности импульсов используются VI NI-DAQmx. VI NI-DAQmx Create Channel определяет параметры последовательности импульсов: в исходном состоянии на выходе счетчика устанавливается низкий уровень, формируется импульс частотой 10 Гц с коэффициентом заполнения 50%. Это означает, что импульс начинается с положительного перепада, имеет высокий уровень в течение 50 мс, затем происходит переход к низкому уровню, который длится тоже 50 мс. VI DAQmx Timing настраивает счетчик на формирование 5 импульсов, после чего должен произойти останов. VI DAQmx Start активизирует счетчик и запускает генерацию импульсов. VI DAQmx Wait Until Done обеспечивает устойчивое выполнение задания при завершении приложения. Если не применять этот VI, то при нештатном завершении работы приложения могут быть сформированы не все заданные 5 импульсов.

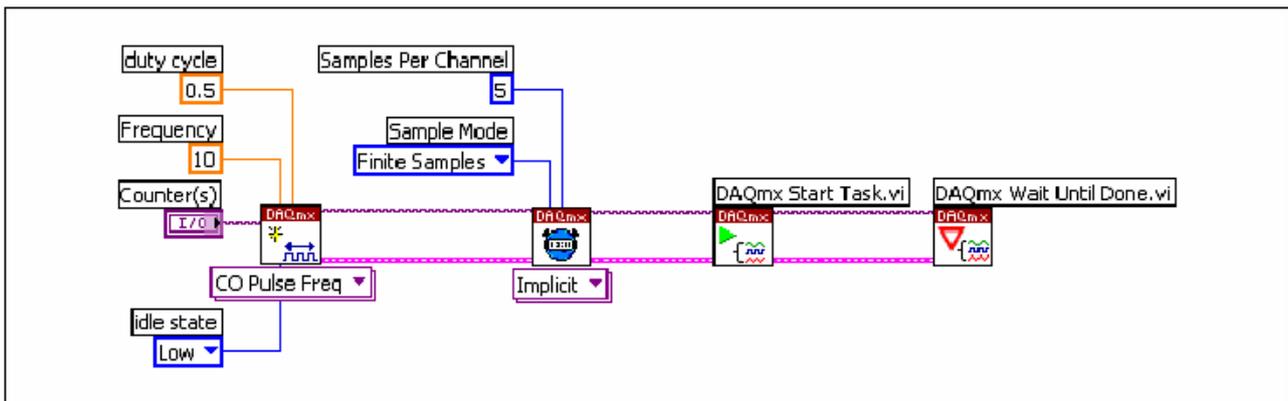


Рис. 15-7. Генерация импульсов с помощью VI NI-DAQmx

15.3. Генерация цифровых импульсных сигналов с помощью FieldPoint VI

В блок-диаграмме на рис. 15-8 для генерации импульсов с различными параметрами используются VI FieldPoint. В рассматриваемом примере элемент FieldPoint I/O Point подключен к модулю генератора импульсов cFP-PG-522, который непрерывно генерирует импульсы. Программа позволяет изменять режим генерации импульсов, длительности высокого и низкого уровня, разрешающую способность.

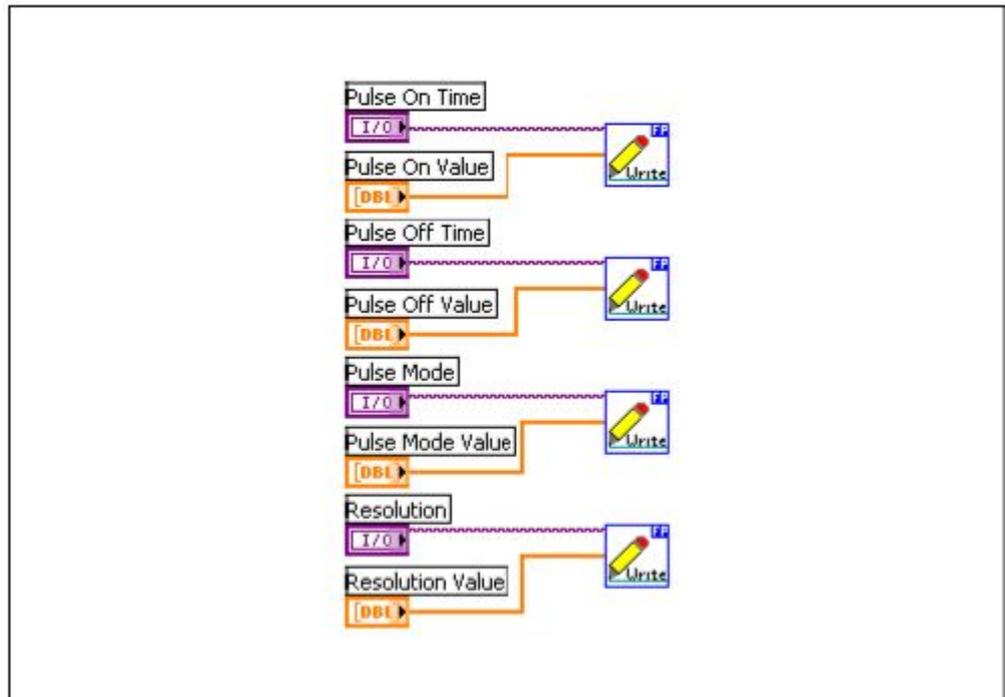


Рис. 15-8. Генерация импульсов с помощью VI FieldPoint

16. Управление автономными измерительными приборами с помощью LabVIEW

В настоящей главе описывается, как использовать драйверы и средства VISA для связи с автономными измерительными приборами.

16.1. Общие сведения о драйверах автономных измерительных приборов

Управление измерительными приборами осуществляется путем обмена командами и данными между прибором и компьютером. LabVIEW позволяет разрабатывать прикладные программы (VI) с использованием драйверов прибора или VISA функций.

Драйвер прибора представляет собой набор подпрограмм, которые управляют программируемым прибором. Каждая подпрограмма выполняет определенную операцию, например, конфигурирование прибора, считывание из прибора или запись в прибор, запуск прибора. Драйверы упрощают управление прибором и сокращают время разработки программ испытаний, не требуя при этом изучения программного протокола для каждого прибора. Библиотека драйверов LabVIEW Instrument Driver Library содержит драйверы различных программируемых приборов, в т.ч. поддерживающих протоколы GPIB, VXI и RS-232/422. VI драйверов содержат функции высокого уровня с интуитивно понятными лицевыми панелями, что позволяет оперативно протестировать возможности дистанционного управления прибором, не зная специфического для каждого устройства синтаксиса языка программирования. Становится возможным создавать приложения и системы для управления приборами путем программного связывания различных VI драйвера на блок-диаграмме.

Драйверы LabVIEW для взаимодействия с приборами обычно используют функции VISA. VISA определяет стандартный протокол общения с приборами. Функции VISA можно использовать для многих типов приборов, поддерживающих последовательный протокол обмена, GPIB, PXI и VXI. После изучения правил взаимодействия с

помощью VISA с прибором одного типа, не надо изучать иные способы коммуникаций для прибора другого типа. Достаточно только освоить определенный набор команд, обеспечивающих совместную работу двух приборов, способ же передачи и приема команд для всех приборов один.

16.1.1. Установка драйверов приборов

Драйверы приборов можно загрузить из сети Instrument Driver Network на ni.com/idnet.

Если для конкретного прибора драйвер отсутствует, попробуйте поступить следующим образом:

- Использовать драйвер похожего прибора. Часто похожие приборы от одного производителя имеют близкие, если не одинаковые, наборы команд.
- Использовать NI-VISA для разработки VI, которые смогут взаимодействовать с прибором. Для взаимодействия с прибором без драйвера можно также воспользоваться VI Instrument I/O Assistant Express.
- Разработать полнофункциональный драйвер. Информацию о разработке драйверов приборов National Instruments можно найти в сети Instrument Driver Network на ni.com/idnet.

Каталог драйверов приборов

Драйверы приборов размещены в подкаталоге каталога `labview\instr.lib`. Например, драйвер прибора HP34401A, поставляемый с LabVIEW, находится в подразделе каталога `labview\instr.lib\hp34401a`.

Драйвер прибора укомплектован файлами меню и библиотеками VI, которые размещены в этом же подразделе каталога. Библиотеки VI содержат VI драйверов, а файлы меню позволяют видеть эти VI в палитре **Functions**.

16.1.2. Организация драйверов приборов

На рис. 16-1 показано, как организован типовой драйвер автономного измерительного прибора.

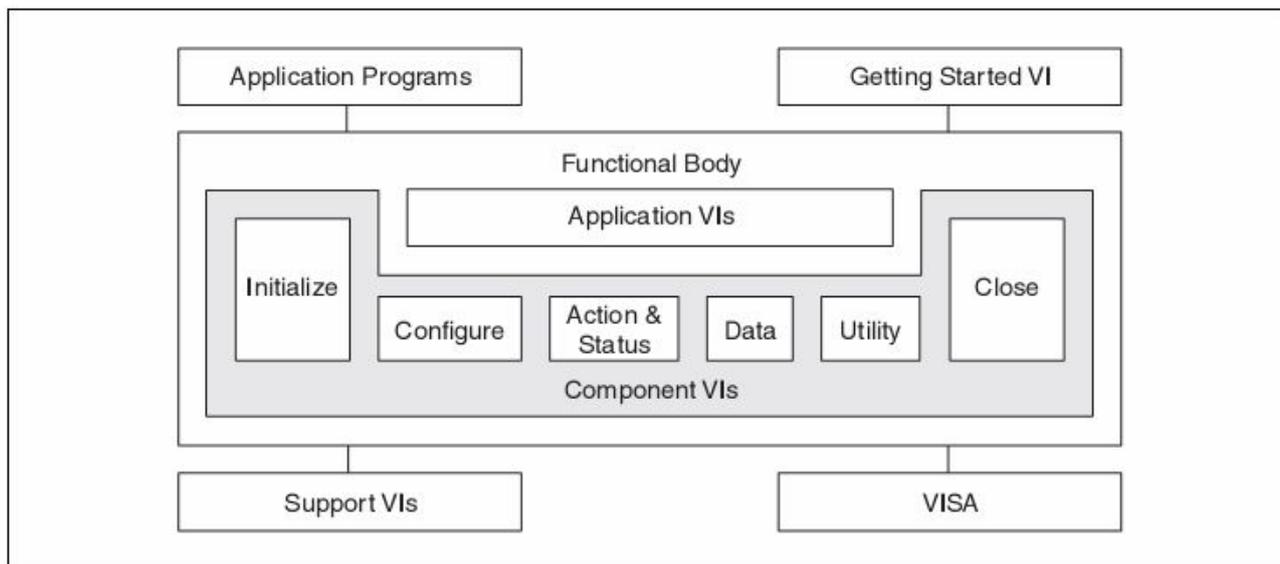


Рис. 16-1. Модель драйвера автономного прибора

Application Programs – прикладные программы;
 Getting Started VI – VI для начального запуска; Functional Body – функциональное ядро; Application VIs – VI приложения;
 Initialize – инициализация; Configure – конфигурирование; Action&Status – работа и состояние; Data – данные; Utility – утилиты; Close – закрытие;
 Component VIs – VI компонентов; Support VIs – VI поддержки;
 VISA - Virtual Instrument Software Architecture – архитектура программного обеспечения виртуальных измерительных приборов

Для проверки связи с прибором используют VI Getting Started, этот набор VI состоит из трех subVI: Initialize, Application и Close.

VI Application представляют собой высокоуровневые примеры компоновки функций низкого уровня для выполнения типовых операций программирования приборов. VI Application могут содержать VI для управления наиболее часто используемыми конфигурациями приборов и режимами измерений и служат примерами выполнения таких стандартных операций, так конфигурирование и запуск приборов, выполнение измерений.

Поскольку VI Application являются стандартными VI с пиктограммами и соединительными панелями, их можно вызывать из любого приложения высокого уровня для однократной связи с драйвером с целью проведения измерений. Для многих пользователей VI Application являются единственными VI драйверов, используемыми для управления приборами. Примером Application VI может служить HP34401A App. Example VI.

Вызываемый первым VI Initialize устанавливает связь с прибором, кроме того, он может выполнять некоторые необходимые действия по установке в исходное состояние при включении питания прибора или в иное специальное состояние. В общем случае VI Initialize необходимо вызывать только один раз в начале работы приложения.

VI Configuration представляют собой набор подпрограмм конфигурирования приборов для выполнения требуемой операции. В зависимости от типа прибора может существовать несколько VI Configuration. После вызова этих VI прибор готов к измерениям или формированию стимулирующих воздействий на систему.

VI Action запускают или завершают такие операции, как управление запуском и генерация стимулирующего воздействия. VI Action отличаются от VI Configuration тем, что они не изменяют настройки прибора, а дают команду на выполнение действия, предусмотренного текущей конфигурацией. VI Status читают текущее состояние прибора или выполняемой операции.

VI Data передают данные в прибор или из прибора. Примеры содержат VI для считывания измеренной величины или массива значений сигнала из измерительного прибора, а также VI для загрузки сигналов или цифровых последовательностей в генератор.

VI Utility выполняют разнообразные вспомогательные операции, необходимые для наиболее часто используемых VI драйверов. Эти VI содержат большинство шаблонных VI, таких, как сброс, самоконтроль, модификация, очередь ошибок и сообщение об ошибке. Кроме того, к этим VI относятся пользовательские VI, выполняющие калибровку, сохранение и восстановление настроек.

VI Close разрывает программное соединение с прибором и освобождает системные ресурсы. Обычно Close VI вызывается только один раз в конце приложения или при завершении связи с прибором. Во избежание излишнего расходования памяти необходимо проверять, используется ли Close VI после каждого успешного вызова VI Initialize.



Примечание. VI приложений (VI Application) не вызывают VI Initialize и VI Close. Перед запуском приложения в первую очередь необходимо запустить VI Initialize. VI Getting Started вызывают VI Initialize и Close.

16.1.3. Типы драйверов приборов

В LabVIEW для управления приборами применяют три стандартных типа драйверов. Различие заключается не в их использовании, а в их реализации. К стандартным типам драйверов приборов относятся:

- Драйверы LabVIEW Plug and Play
- Драйверы IVI
- Драйверы, поставляемые с прибором

Драйверы LabVIEW Plug and Play

Драйвер LabVIEW Plug and Play представляет собой набор VI для связи с программируемым измерительным прибором и управления им. Каждый VI соответствует некоторой операции программирования, например, конфигурирование, чтение, запись или запуск прибора. Драйверы данного типа включают в себя средства обработки ошибок, лицевые панели, блок-диаграммы, пиктограммы и оперативную справочную систему (online Help). Драйверы LabVIEW Plug and Play выполнены на основе общей архитектуры с унифицированным интерфейсом, поэтому с их помощью можно быстро устанавливать связь с приборами, организовывать взаимодействие с приборами, при этом разработка программного кода минимальна или не требуется вовсе.

Драйверы IVI

IVI драйверы более интеллектуально наполнены, взаимозаменяемы и могут быть использованы для моделирования. При работе с драйверами этого типа отпадает необходимость переписывать приложения, если производится замена прибора на другой прибор аналогичного типа. Например, можно разработать VI для осциллографов различных марок, даже если у них используются разные коммуникационные шины. Организация IVI Foundation, которая является разработчиком IVI стандартов, с целью обеспечения взаимозаменяемости определила спецификации для следующих классов приборов: цифровой мультиметр, осциллограф, генератор сигналов произвольной формы/функциональный генератор, источник питания постоянного тока, коммутатор, измеритель мощности, анализатор спектра, генератор радиочастотных сигналов.

IVI драйвера National Instruments предоставляют следующие дополнительные преимущества:

- Кэширование состояний прибора для улучшения производительности

- Многопоточное исполнение
- Доступ к атрибутам прибора

Драйверы, поставляемые с прибором

Драйверы этого типа поставляются с приборами "как есть" и обычно решают узкие задачи, не предоставляя возможностей полнофункционального драйвера. Они не поддерживаются NI или другими компаниями, не являющимися разработчиками этих драйверов.

16.2. VISA в LabVIEW

VISA представляет собой стандартные API функции ввода-вывода для программирования измерительной аппаратуры. С помощью VISA можно управлять приборами, поддерживающими интерфейс GPIB, последовательный интерфейс RS-232, Ethernet, приборы в стандартах PXI и VXI путем вызова драйверов, соответствующих типу используемого прибора.

16.2.1. Коммуникации с использованием ASCII сообщений и коммуникации на регистровом уровне

Для управления приборами, поддерживающими GPIB, последовательный интерфейс, Ethernet, а также некоторыми приборами в стандарте VXI, применяется связь, основанная на сообщениях высокого уровня, формируемых из строк ASCII символов. Прибор имеет специальный процессор, который анализирует командные строки и устанавливает соответствующие биты в регистрах для выполнения требуемых операций. Стандарт команд для программируемых приборов (Standard Commands for Programmable Instruments – SCPI) определяет команды, как ASCII строки, используемые при программировании. Однотипные приборы имеют однотипные команды. Вместо изучения различных командных сообщений для каждого типа приборов от каждого производителя необходимо изучить только один набор команд. Наиболее часто используются такие функции, основанные на сообщениях, как VISA Read, VISA Write, VISA Assert Trigger, VISA Clear и VISA Read STB.

В приборах, выполненных в стандарте PXI, и многих приборах стандарта VXI, связь с компьютером реализована на уровне регистров. Программирование таких приборов производится на низком уровне с использованием двоичных кодов, записываемых непосредственно в управляющие регистры прибора. Достоинством таких приборов является быстрое действие, поскольку в этом случае не нужно

анализировать командные строки и преобразовывать их в коды для управления регистрами. Приборы с непосредственным доступом к регистрам в прямом смысле взаимодействуют с компьютером на аппаратном уровне. Наиболее часто используемыми регистровыми функциями являются VISA In, VISA Out, VISA Move In и VISA Move Out.

Подробнее об использовании VISA см. раздел *Разработка VISA приложений* в этой главе.

16.3. Проверка связи с прибором

Выполнить проверку связи с прибором и тестирование типовых программных операций можно несколькими способами. Далее приведены характерные причины не выхода прибора на связь:

- Прибор неправильно подключен или неправильно сконфигурирован.
- Не установлен программный модуль NI-VISA. Если этот модуль не был установлен при инсталляции LabVIEW, необходимо, прежде, чем использовать функции LabVIEW для проверки связи с прибором, установить модуль NI-VISA.
- Неправильный адрес прибора. VI Getting Started требует правильной адресации прибора. Если адрес прибора неизвестен, его можно определить с помощью MAX или функции VISA Find Resource.
- Драйвер прибора не поддерживает конкретную модель прибора.

16.3.1. Проверка связи с помощью Instrument I/O Assistant

(Windows) Утилита Instrument I/O Assistant применяется для связи с приборами, поддерживающими GPIB, последовательный порт и Ethernet, а также для графического разбора ответов приборов. Instrument I/O Assistant организует связь с прибором в виде упорядоченной последовательности шагов. С помощью Instrument I/O Assistant можно послать прибору запрос для проверки связи.

Для работы с Instrument I/O Assistant необходимо поместить пиктограмму Instrument I/O Assistant Express VI на блок-диаграмму.

При проверке соединения используется шаг Query and Parse, с отправкой прибору команды идентификации (для большинства приборов *IDN?). Если прибор ответил, это означает, что связь с прибором установлена. Если возвращается ошибка таймаута, следует проверить, правильно ли прибор подключен к компьютеру, включено

ли его питание, правильно ли прибор сконфигурирован. Подробная информация о подключении и конфигурировании прибора содержится в документации на прибор.

16.3.2. Проверка связи с помощью функций VISA

Если VISA VI или драйверы приборов при работе в LabVIEW недоступны, можно воспользоваться функцией VISA Find Resource. Эта функция запускается без каких-либо других VISA VI или функций на блок-диаграмме. Если функция VISA Find Resource выдает ошибки, скорее всего, установлена неправильная версия VISA либо сам модуль VISA инсталлирован некорректно. Если функция VISA Find Resource выполняется без ошибок, это является признаком того, что LabVIEW правильно взаимодействует с драйвером VISA. В этом случае необходимо определить последовательность VI, которая порождает ошибку в LabVIEW.

Если ошибку порождает простая последовательность событий, можно попробовать выполнить ту же самую последовательность в интерактивном режиме с использованием утилиты VISA Interactive Control (VISAIC). (**Windows**) Запуск данной утилиты производится из главного меню операционной системы **Start»National Instruments»VISA»VISA Interactive Control** или из меню **MAX Tools»VISA»VISA Interactive Control**.

Если утилита VISAIC выполняется в интерактивном режиме успешно, а та же самая последовательность в LabVIEW не работает, это означает, что могут быть проблемы взаимодействия LabVIEW с VISA драйвером. Если проблемы с последовательностью проявляются и в интерактивном режиме, и в утилите VISAIC, возможно, причина заключается в каком-либо вызове VISA драйвера.

16.3.3. Проверка связи с помощью Getting Started VI

Getting Started VI может осуществлять проверку связи с прибором и тестировать стандартные операции программирования прибора. После запуска этого VI необходимо проверить и установить каждый элемент управления. При первом запуске обычно достаточно использовать состояния большинства элементов управления, установленные по умолчанию, за исключением адресного поля. (**Windows**) Если адрес прибора неизвестен, используют MAX.

После запуска VI необходимо убедиться, что он возвращает данные, соответствующие ожидаемым, и что в кластере ошибок не появляется сообщений об ошибках.

Настройка Getting Started VI для проведения измерений

После использования Getting Started VI для проверки базовых коммуникационных функций, этот VI можно редактировать в соответствии с требуемыми задачами управления прибором. Прежде чем редактировать VI, необходимо сохранить его копию командой меню **File»Save As**. Чтобы измененные значения элементов лицевой панели сохранились, как значения по умолчанию, следует для каждого элемента выполнить команду **Operate»Make Current Values Default**. Изменения блок-диаграммы могут заключаться в изменении констант, подсоединенных к VI Application или другим subVI.

16.4. Общие входы и выходы VI драйверов приборов

Поскольку все драйверы приборов используют общий набор функций, они имеют также и общие входы и выходы.

Имя ресурса/Дескриптор прибора

При инициализации прибора с помощью функции Initialize Instrument Driver VI, нужно знать имя ресурса или дескриптор прибора. Имя ресурса – это псевдоним VISA или логическое имя IVI. Дескриптор прибора – это точное имя и местоположение ресурса. Дескриптор имеет следующий формат:

```
Interface Type[board index]::Address::INSTR
```

Например, дескриптор GPIB0::2::INSTR описывает прибор с адресом 2, связь с которым реализована через первую плату (контроллер) GPIB.

(Windows) Для определения доступных ресурсов и адресов приборов может быть использована утилита MAX. Подробная информация об использовании псевдонимов VISA приведена в разделе *Конфигурирование устройств VISA и логических имен IVI* главы 3 *Конфигурирование измерительной аппаратуры*.

Кластеры ошибок Error In/Error Out

Обработка ошибок в VI драйверов приборов выполняется аналогично обработке ошибок в других VI ввода-вывода в LabVIEW. Каждый VI драйвера прибора содержит вход **error in** и выход **error out** для прохождения кластера ошибок от одного VI к другому. Кластер ошибок содержит флаг типа Boolean, который устанавливается при возникновении ошибки, код ошибки и строку с указанием VI, в котором возникла ошибка.

16.5. Разработка VISA приложений

Для большинства простых приложений, реализуемых на основе автономных приборов, достаточно двух VISA функций: VISA Write и VISA Read (рис. 16-2).

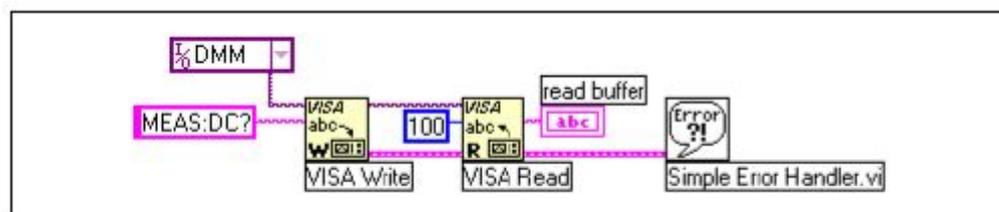


Рис. 16-2. Пример применения функций VISA

Константа с именем VISA ресурса указывает, какой прибор используется. Функция VISA Write определяет, имеется ли ссылка на специфицированный прибор. Если ссылка отсутствует, она открывается автоматически и VI VISA Write посылает в прибор строку MEAS : DC ?

Выход **VISA resource name** функции VISA Write может быть соединен с функцией VISA Read, тем самым определяется прибор, из которого будет производиться чтение. Возвращаемые функцией VISA Read сообщения можно обрабатывать и отображать в соответствии с требуемым алгоритмом измерений. VI Simple Error Handler производит простейшую обработку ошибок, возникающих при выполнении функций VISA.

16.5.1. Использование свойств VISA

VISA ресурсы имеют разнообразные свойства (атрибуты), значения которых могут быть считаны или установлены с помощью узла Property Node.

После размещения этого узла на блок-диаграмме необходимо соединить VISA Session со входом **reference** узла Property Node. Если

соединить VISA Session со входом **Session** узла Property Node, LabVIEW ставит VISA Class в соответствие классу, связанному с данной сессией.

Для произвольного изменения VISA класса необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по узлу Property Node и выбрать из контекстного меню пункт **Select Class»VISA»I/O Session**. По умолчанию установлен класс INSTR, который охватывает все свойства VISA. Набор отображаемых в контекстном меню свойств для других классов ограничивается теми свойствами, которые имеют отношение к выбранному классу.

Существуют два основных типа VISA свойств: глобальные и локальные. Глобальные свойства определены для ресурса, а локальные – для сессии. Глобальное свойство применимо ко всем сессиям, открытым для этого ресурса. Локальное свойство может различаться для отдельных сессий специфицированного ресурса.

Краткое описание отдельных свойств можно найти, открыв окно контекстной справки **Context Help**. Подробная информация об использовании свойств VISA содержится в справочной системе *LabVIEW Help*, запуск которой осуществляется из меню **Help»VI, Function, & How-To Help**.

16.5.2. Использование VISA событий

Событие – в VISA это средство, используемое при коммуникациях между ресурсом и его приложениями, с помощью которого ресурс извещает приложение, что выполнилось некоторое условие и требуется какое-то действие со стороны приложения.

Пример обработки GPIB SRQ событий

В блок-диаграмме на рис. 16-3 VISA используется для обработки событий, ассоциируемых с появлением запроса на обслуживание – GPIB Service Request (SRQ).

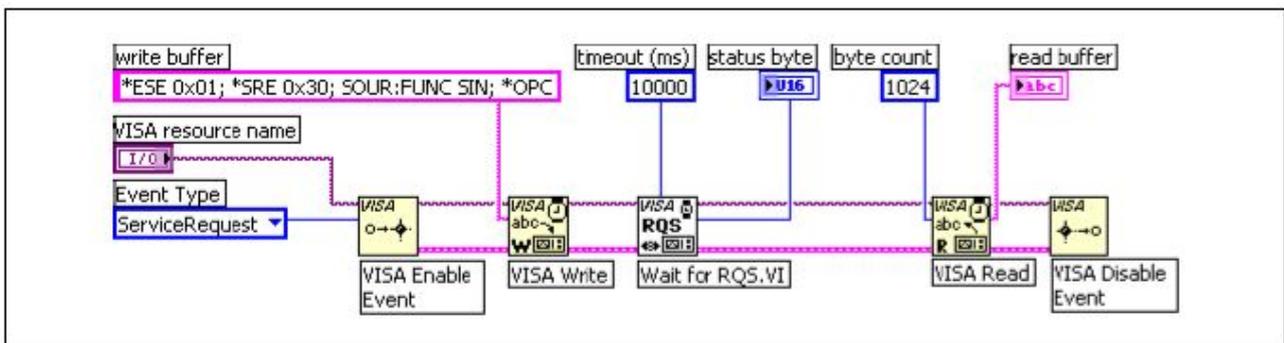


Рис. 16-3. Пример обработки GPIB событий

VI на рис. 16-3 разрешают реагировать на события, связанные с запросами на обслуживание и записывают командную строку в прибор. Затем формируется интервал времени ожидания ответа от специфицированного прибора, пока тот обрабатывает командную строку. VI Wait for RQS в течение 10 секунд ожидает появления запроса на обслуживание SRQ. После появления SRQ функция VISA Read считывает байт состояния прибора и отображает его. VI должен считать байт состояния после появления события GPIB SRQ, иначе он не сможет правильно воспринимать последующие события (запросы).

16.5.3. Использование VISA VI с расширенными возможностями

При разработке VISA VI с расширенными возможностями применяют VI из палитры **Advanced VISA**. Примеры применения VISA VI этой группы содержатся в библиотеке `\examples\instr\visa.llb`.

16.6. Приемы работы с данными и строками

Взаимодействие с приборами состоит из передачи данных в прибор и приема данных из прибора. При использовании драйверов редко возникает необходимость форматировать передаваемые или принимаемые данные, поскольку обычно такое форматирование производится внутри драйверов. Тем не менее, форматирование данных может потребоваться при разработке VI для связи с приборами.

Чтобы прибор правильно отвечал или выполнял соответствующие действия, взаимодействие с прибором, поддерживающим обмен сообщениями, должно быть организовано с помощью корректно скомпонованных и отформатированных командных строк.

Для приборов, взаимодействие с которыми осуществляется на регистровом уровне, стандартов не существует. Каждое устройство работает по-разному и техническая документация на прибор – это лучший источник для обучения программированию прибора.

Обычно командная строка или запрос являются комбинацией текстовых символов и чисел. Некоторые приборы воспринимают только текстовые командные строки, поэтому числа необходимо преобразовывать в текст и присоединять их к командной строке. Аналогично, для использования данных, возвращаемых прибором в LabVIEW, необходимо преобразовать их в формат, воспринимаемый VI, функцией или индикатором.

16.6.1. Манипулирование данными с помощью Instrument I/O Assistant

(Windows) Для передачи запросов прибору и форматирования данных, возвращаемых прибором, можно использовать Instrument I/O Assistant, пиктограмму которого необходимо поместить на блок-диаграмму.

16.6.2. Команды форматирования строк

Для построения командных строк, посылаемых в прибор, применяют функцию Format Into String. Эту функцию можно использовать для того, чтобы к некоторой исходной строке присоединять другие строки или числовые данные.

В блок-диаграмме на рис. 16-4 текстовые и числовые данные форматируются и компонуются в командную строку.

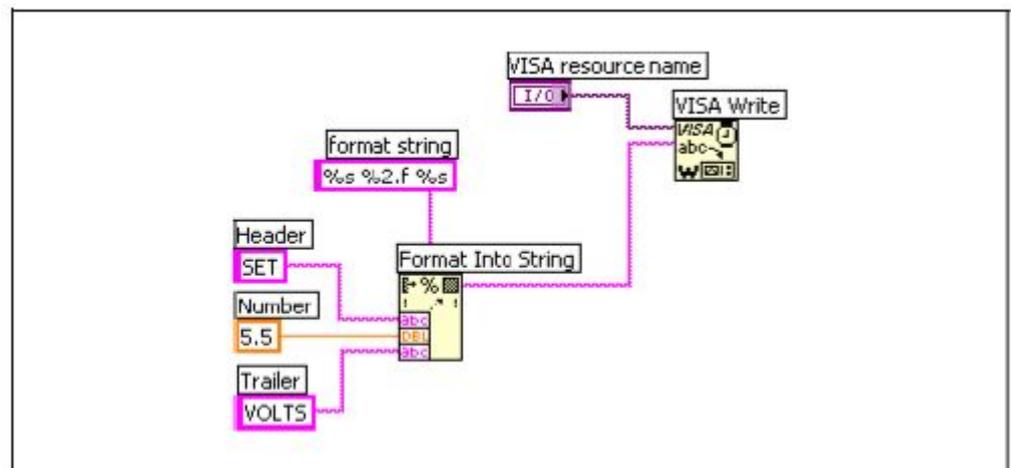


Рис. 16-4. Команды форматирования строк

Функция Format Into String создает строку SET 5.50 VOLTS, которую VI VISA Write воспринимает, как команду для прибора сгенерировать напряжение 5.5 В. SET является заголовком, а VOLTS – завершающей частью командной строки (концевиком).

16.6.3. Форматирование данных, полученных от прибора

Равно как командные строки, отправляемые в прибор, содержат заголовки и концевики, так и большинство приборов возвращают данные с заголовками и/или концевиками. Обычно заголовок ответа содержит такую информацию, как число возвращаемых отсчетов или настройки прибора. А в завершающей части командной строки после данных обычно размещаются единицы измерения или другие настройки прибора. В документации на прибор должно быть описано, какую заголовочную и концевую информацию следует ожидать с

каждой посылкой данных. Прежде, чем отображать или обрабатывать принятые данные в LabVIEW, необходимо удалить заголовочную и завершающую часть строки.

В блок-диаграмме на рис. 16-5 в прибор посылается команда для считывания результата измерения напряжения. Функция VISA Read возвращает отсчет в виде строки. В данном примере предполагается, что прибор возвращает строку `VOLTS:DC 12.3456789 V`. Две функции String Subset выделяют заголовочную и конечную информацию в строке и отображают их в строковых индикаторах. Функция Scan From String извлекает данные (число) из строки. Константа со значением 9, подключенная ко входу `offset` функции Scan From String, удаляет заголовок из строки. Различные приборы по-разному реагируют на команды. На рис. 16-5 приведен один из примеров.

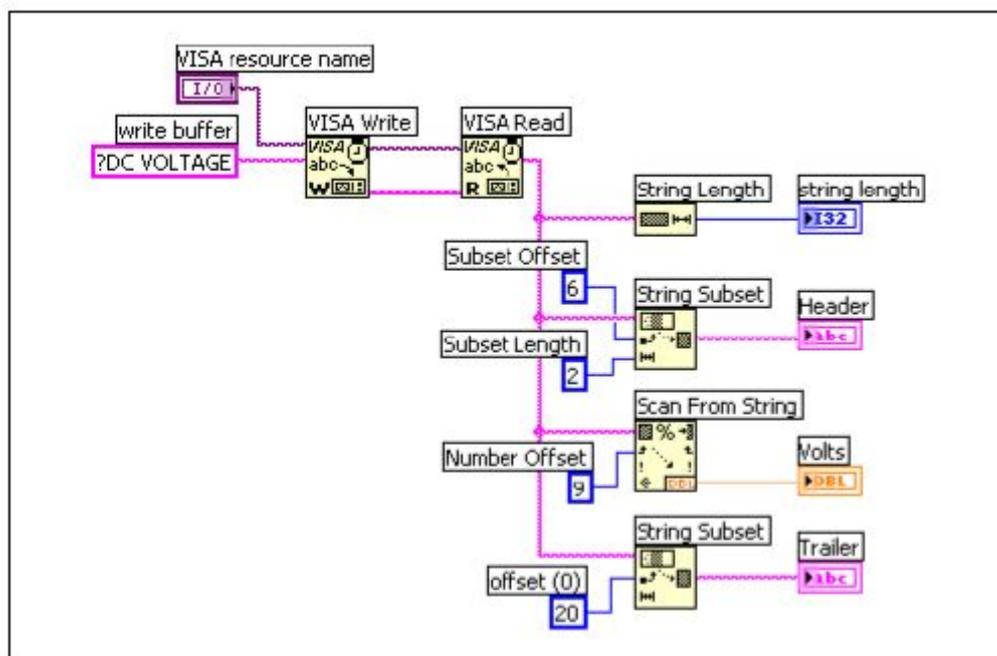


Рис. 16-5. Форматирование данных, принятых с прибора

Пересылка данных в формате Waveform

Приборы могут возвращать данные в других форматах, таких как ASCII, 1-байтовый двоичный и 2-байтовых двоичный. В документации на прибор описываются доступные форматы и способы их преобразования в удобный формат данных.

Сигналы в ASCII формате

Если прибор возвращает данные в формате ASCII, то их можно просматривать в виде строки символов. Однако, если нужно

обрабатывать данные в числовом формате или отображать их на графике, то строковые данные должны быть преобразованы в числовые. В качестве примера рассмотрим сигнал из 1024 отсчетов, значения которых лежат в диапазоне от 0 до 255. При ASCII кодировании потребуется максимум 4 байта для представления каждого отсчета (максимум 3 байта на значение и 1 байт на разделитель, такой, как запятая). Всего для представления сигнала в формате ASCII строки требуется максимум 4096 байт (4 байта × 1024) плюс заголовочный и концевой байты.

В блок-диаграмме на рис. 16-6 для преобразования ASCII строки, возвращаемой функцией VISA Read, в числовой массив используется VI Extract Numbers. Этот VI ищет все числа в строке и возвращает массив чисел одинарной точности. VI Extract Numbers игнорирует любые (текстовые) символы в начале строки, поэтому нет необходимости удалять заголовок.

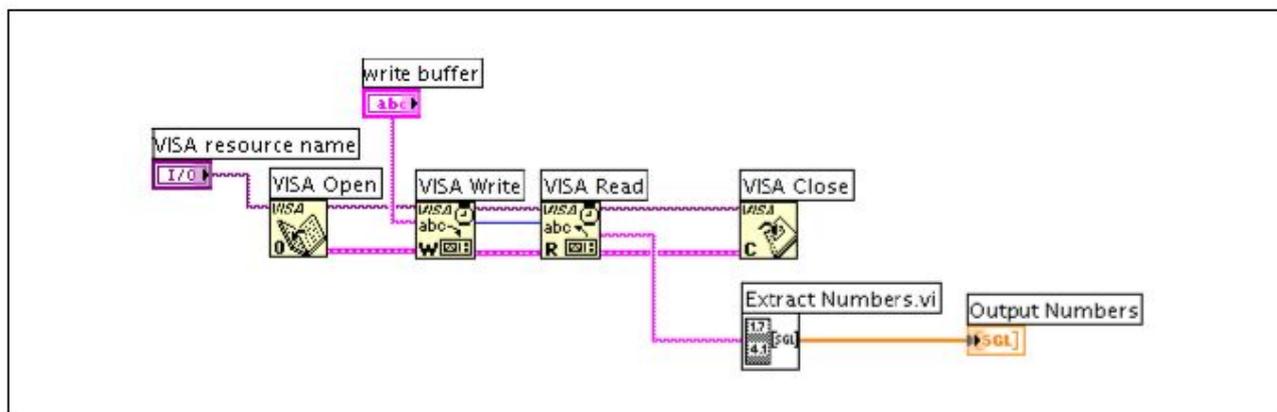


Рис. 16-6. Сигналы в формате ASCII

Сигналы в 1-байтовом двоичном формате

Некоторые приборы не поддерживают передачу данных в ASCII формате или передают все данные об измеряемом сигнале в двоичном формате. Поскольку не существует стандарта для данных в двоичном формате, следует обратиться к документации на прибор, чтобы точно определить, в каком формате хранятся данные в памяти прибора. Одним из распространенных двоичных форматов является 1-байтовый двоичный формат. При таком способе кодирования прибор преобразует каждую порцию данных в 8-разрядный код прежде, чем передавать их в компьютер.

При считывании с интерфейсной шины 1-байтовых двоичных данных необходимо учитывать, что прибор возвращает их в формате символьной строки. Однако вид принимаемых символов не соответствует ожидаемым данным, т.к. двоичные числа интерпретируются и отображаются как ASCII символы. Например,

если отправлен код 65, как значение числа, то с шины будет считан символ А. Или, например – для числа 13 не существует печатаемого ASCII символа, поскольку этому значению кода соответствует невидимый (служебный) символ возврата каретки.

Невидимые символы можно отобразить на строковом индикаторе путем нажатия правой кнопки мыши на индикаторе и выбора из контекстного меню пункта '**Codes Display**'. Символ возврата каретки отображается на строковом индикаторе, как \r.

Чтобы использовать числовые данные, переданные строкой в формате ASCII, в VI для отображения их на графике или диаграмме, строка данных, представленных байтами, должна быть преобразована в числовой массив. Если прибор передает строку из 1024-х двоично закодированных байт, пересылаться сигнал будет только 1024 байтами плюс некоторый заголовок. При использовании двоичного кодирования нужен только 1 байт для представления каждого элемента данных, при условии, что каждое значение есть беззнаковое 8-разрядное целое число.

При преобразовании двоичной строки в числовой массив в первую очередь необходимо воспользоваться функцией String Subset для удаления всей заголовочной и завершающей информации. Затем можно использовать функцию String To Byte Array, как показано на рис. 16-7, для преобразования оставшейся строки данных в массив целых чисел.

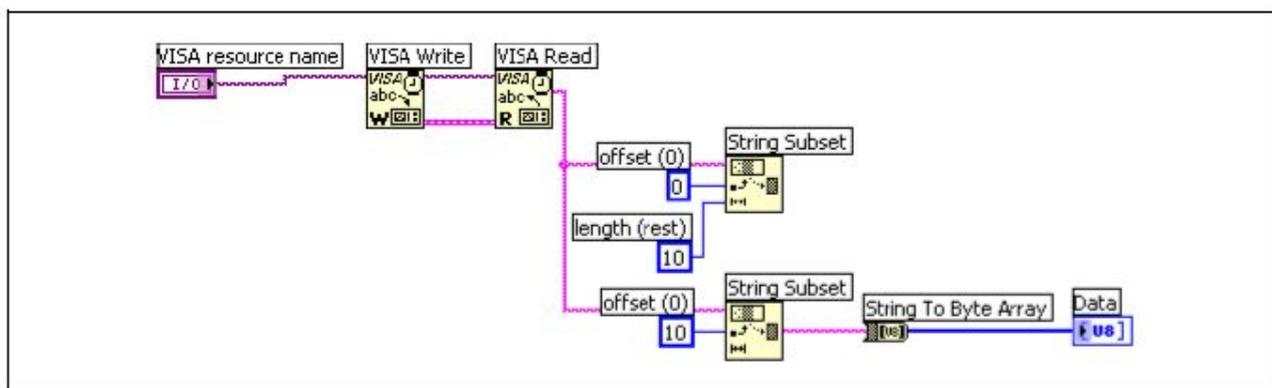


Рис. 16-7. Сигналы в 1-байтовом двоичном формате



Примечание. Рассматриваемый метод пересылки двоичных данных реализуется на основании размера массива данных и определить размер массива нужно раньше поиска первого символа завершающей части сообщения, чтобы этот символ не был воспринят, как двоичное число.

Сигналы в 2-байтовом двоичном формате

При кодировании данных в 2-байтовом двоичном формате они передаются в виде ASCII символов аналогично 1-байтовому двоичному формату. Однако каждый элемент данных представляется 16-ю битами или 2-мя ASCII символами. Несмотря на то, что данный формат требует в два раза больший объем памяти по сравнению с 1-байтовым форматом, он более эффективно упаковывает данные, чем ASCII формат.

В качестве примера рассмотрим осциллограф, который передает сигнал в двоичном коде. Примем, что сигнал состоит из 1024 отсчетов, причем каждый отсчет представлен 2-байтовым целым числом со знаком. Следовательно, для пересылки всего сигнала потребуется 2048 байт плюс 5-байтовый заголовок и 2 байтовый концевик. После отбрасывания 5-байтового заголовка используется функция `Type Cast` для преобразования сигнала из строкового формата в массив 16-разрядных чисел.

Порядок байтов

Если принимаются данные, передаваемые в 2-байтовом двоичном формате, важно знать порядок следования байтов. 2-байтовой комбинации qN соответствует целое число 29000, а при изменении порядка байт (комбинация Nq) можно получить число 18545.



Примечание. Существуют приборы, в которых предусмотрена возможность задания порядка следования байт, и приборы, в которых этот порядок изменить нельзя. Информация о порядке следования байт содержится в документации на прибор.

Если старший байт принимается первым, необходимо поменять байты местами перед преобразованием их в целое число.

17. Приложение 1. Типы приборов

При создании автоматизированных измерительных или тестовых систем на базе персонального компьютера нет ограничений в выборе типа измерительных приборов. Равно возможно объединение в систему как однотипных, так и различных приборов, в том числе – модульных, а также приборов, поддерживающих последовательный интерфейс, стандарты GPIB и PXI.

Но для того, чтобы применить персональный компьютер для управления системой, необходима следующая информация о приборе:

- Тип разъема (коннектора) и назначение выводов
- Тип кабеля (нуль-модемный, используемое число контактов, тип контактов - вилка/розетка)
- Соответствующие электрические свойства (уровни сигнала, заземление, ограничения на длину кабеля)
- Используемые протоколы связи (ASCII команды, двоичные команды, формат данных)
- Доступные версии программных драйверов

В настоящем приложении кратко описаны наиболее распространенные категории приборов. Другие типы приборов, включая приборы для захвата изображения, управления движением, поддерживающие параллельный порт, Ethernet, CAMAC, CAN, FieldBus и др., в данном приложении не рассматриваются.

Приборы с интерфейсом GPIB

В распоряжении инженеров, занимающихся испытаниями и производством, имеется широчайший выбор поставщиков, выпускающих приборы общего назначения с интерфейсом GPIB, специально созданных для вертикального рынка тестовых приложений. GPIB приборы часто применяются как автономные настольные приборы при неавтоматизированных измерениях. Организация управления автономными приборами с помощью

персонального компьютера позволяет автоматизировать процесс измерений.

Контроллеры, передатчики и приемники

Для определения, какой прибор захватил управление шиной, GPIB протокол подразделяет приборы на контроллеры, передатчики и приемники. Каждый прибор имеет свой уникальный первичный адрес от 0 до 30. Контроллер устанавливает соединения, обслуживает запросы приборов, посылает GPIB команды, передает управление шиной другому устройству или принимает управление на себя. Контроллер дает команды передатчикам на вывод данных в шину. В любой момент времени передачу может выполнять только один прибор. Контроллер отправляет команду чтения данных с шины приемникам, причем эта команда может быть адресована нескольким приборам одновременно.

Характеристики аппаратных средств

Интерфейс GPIB основан на цифровой 24-проводной параллельной шине, которая состоит из 8 линий данных (DIO 1-8), 5 линий управления (EOI, IFC, SRQ, ATN, REN), 3 линий для квитирования обмена данными (рукопожатия) (DAV, NRFD, NDAC) и 8 линий для цепи "Общий". В GPIB используется 8-разрядный параллельный, байт-последовательный асинхронный протокол передачи данных. Все байты передаются по шине последовательно, со скоростью самого медленного участника обмена данными, каждый байт квитируется. Поскольку единицей данных в данном протоколе является байт (8 бит), передаваемые сообщения часто кодируются в виде строк ASCII символов.

Интерфейс GPIB обеспечивает обмен данными на максимальной скорости 1 МБайт/с при соблюдении следующих характеристик линий связи:

- Максимальное расстояние между любыми двумя приборами – 4 м, среднее расстояние между приборами по всей шине – 2 м.
- Максимальная (общая) длина кабеля – 20 м.
- К каждой шине подключается максимум 15 приборов, причем не менее двух третей из них должны быть включены.

Можно использовать дополнительные аппаратные средства для увеличения длины шинных кабелей или допустимого на шине количества приборов.

Возможен обмен данными на больших скоростях при использовании приборов и контроллеров стандарта HS488, который, являясь расширением стандарта GPIB, поддерживается большинством контроллеров NI.

Связь с использованием последовательного порта

При обмене информацией через последовательный порт данные передаются между компьютером и периферийным устройством, например, программируемым прибором или другим компьютером, побитно через однопроводную линию связи. Этот метод применяют при малых скоростях передачи или если требуется передавать данные на большие расстояния. Поскольку большинство компьютеров имеют один и более последовательных портов, нет необходимости использовать какое-либо дополнительное оборудование, кроме кабеля для подсоединения прибора к компьютеру или соединения между собой двух компьютеров.

Для обмена данными через последовательной порт должны быть заданы четыре параметра: скорость передачи в бодах, число битов данных для кодирования одного символа, способ интерпретации дополнительного бита четности и число стоп-битов. Каждый передаваемый кадр данных содержит один старт-бит, за которым следуют биты данных.

Скорость в бодах показывает, насколько быстро данные передаются между приборами с последовательным интерфейсом.

Биты данных передаются в инверсной логике, начиная от младшего и заканчивая старшим значащим битом. Для интерпретации битов данных их считывают справа налево, принимая за "1" отрицательное напряжение, а за "0" – положительное напряжение.

Необязательный бит четности следует в символьном кадре после битов данных. Бит четности тоже передается в инверсной логике. Этот бит используется как средство проверки наличия ошибок, причем можно заранее назначить, что будет контролироваться – четность или нечетность количества единиц в кадре. Если для контрольного бита задано, что его состояние должно отражать нечетность количества единиц в кадре, то этот бит устанавливается таким образом, чтобы общее число единиц в кадре, включая бит четности, было нечетным.

Завершается кадр 1, 1.5 или 2 стоп-битами, которые всегда передаются отрицательным напряжением. Если передача символов прекращена, на линии сохраняется отрицательный уровень напряжения (MARK).

Передача следующего символического кадра в любом случае начинается со старт-бита, которому соответствует положительный уровень напряжения (SPACE).

Скорость передачи данных

При заданных настройках последовательного порта можно вычислить максимальную скорость передачи в символах/с, разделив скорость передачи в бодах на число бит в одном кадре.

Общая характеристика аппаратных средств последовательного интерфейса

Ниже приведены примеры наиболее часто рекомендуемых стандартов последовательного интерфейса:

- RS-232 (Стандарт ANSI/EIA-232) – широко применяется, например, для подключения мыши, принтера или модема, а также в промышленной измерительной технике. Указанные в стандарте характеристики длины линий и скорости передачи данных во многих приложениях могут быть значительно улучшены благодаря применению усовершенствованных драйверов и кабелей. Однако применение RS-232 ограничивается типом соединений "точка-точка" между последовательным портом компьютера и приборами.
- RS-422 (Стандарт AIA RS-422A) – в отличие от RS-232, где используются однопроводные (несимметричные) линии связи с общим проводом, здесь используются дифференциальные линии и сигналы. Дифференциальная передача данных, при которой используются две линии, каждая из которых передает и принимает сигналы, дает лучшую помехозащищенность и возможность передачи данных на большие расстояния.
- RS-485 (Стандарт EIA-485) является разновидностью RS-422, которая позволяет подключать до 32 приборов к одному порту, обеспечивая необходимые уровни сигналов и другие характеристики при максимальной нагрузке. Достоинство многоточечного соединения в том, что позволяет создавать сети приборов, подключенных к одному последовательному порту RS-485. В сочетании с помехозащищенностью это делает RS-485 привлекательным для промышленных приложений, требующих создания распределенных сетей, состоящих из большого числа устройств, персонального компьютера или какого-либо другого контроллера сбора данных.

Подключение прибора с последовательным интерфейсом

Для подключения прибора с последовательным интерфейсом к компьютеру, в первую очередь, необходимо знать схему расположения выводов прибора и выбрать соответствующий кабель. Необходимо также определить, является прибор устройством передачи данных (DCE) или терминалом (DTE), а также его настройки: скорость передачи в бодах, число битов данных, стоп-битов, способы контроля четности и управления обменом данными (рукопожатия).

Модульные измерительные системы стандарта PXI

Высокопроизводительные модульные измерительные системы строятся на основе стандарта PXI и персонального компьютера.

Стандарт PXI полностью совместим со стандартом CompactPCI, однако PXI расширен возможностями точной синхронизации и запуска. Стандарт PXI, сочетая промышленные стандарты Windows, PCI и CompactPCI, заполняет нишу между недорогими решениями на основе персональных компьютеров и дорогостоящими – на основе стандартов VXI и GPIB.

Проектирование PXI системы осуществляется путем выбора контроллера (компьютер класса Embedded Pentium и выше с периферийными устройствами), шасси и модулей. Модули PXI могут выполнять функции аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования, цифрового ввода-вывода, многофункциональных плат ввода-вывода для захвата изображения и управления движением, а также таких приборов, как осциллограф, мультиметр, анализаторов последовательных данных и других специализированных устройств.

Модульные измерительные приборы

Модульные измерительные приборы выпускаются на различных платформах, включая PCMCIA (ноутбуки), PCI (настольные компьютеры) и PXI.

Модульные приборы являются примером виртуальных приборов, которые состоят из измерительного модуля, совместимого с компьютером, самого компьютера и прикладного программного обеспечения.

Модульный прибор использует расширенную память, возможности отображения, связь с Интернет и процессор персонального компьютера, и служит для измерения напряжения, тока и

сопротивления. Прикладное программное обеспечение позволяет расширить возможности виртуального измерительного прибора путем создания регистратора или анализатора собираемых данных, генерации отчетов и т.п. В процессе измерений возможна обработка и представление данных для оперативного принятия решений.

Прикладное программное обеспечение позволяет адаптировать виртуальный прибор для решения многих сложных задач тестирования. Применение измерительных систем, основанных на технологиях персонального компьютера, существенно экономнее, чем приобретение специализированных автономных приборов, и создает предпосылки для повышения производительности систем.

18. Приложение 2. Техническая поддержка и профессиональное обслуживание

Профессиональное обслуживание и техническая поддержка предоставляются на следующих разделах сайта ni.com корпорации National Instruments:

- **Support** – ресурсы постоянной технической поддержки (Online):
 - **Self-Help Resources** (ресурсы "помоги себе сам") – для быстрого получения ответов и решений рекомендуется посетить расширенную библиотеку ресурсов технической поддержки по адресу ni.com/support, которая доступна на английском, японском и испанском языках. Эти ресурсы бесплатны для зарегистрированных пользователей по большинству продуктов и включают программные драйверы и обновления, базу знаний, руководства, мастера пошаговой диагностики, документы соответствия стандартам, примеры программ, учебники и примеры приложений, драйверы приборов, глоссарий по измерительной технике и т.д.
 - **Assisted Support Options** (поддержка специалистов) – с инженерами и другими специалистами по автоматике и вычислительной технике можно связаться, посетив этот же раздел сайта – ni.com/support. Online система поможет в реальном времени сформулировать вопрос и связаться с экспертами по телефону, через дискуссионный форум или E-mail.
- **Training** (обучение) – в разделе ni.com/custed организован доступ к самоучителям, видеофильмам и интерактивным CD. Здесь же можно зарегистрироваться для прохождения практических курсов (Hands-On) под руководством инструктора в любой стране мира.
- **System Integration** (Системная интеграция) – в случае ограничения во времени, недостатка технических ресурсов или иных проблем в реализации проекта, помощь могут оказать члены альянса NI Alliance Program. Подробнее об этом сервисе можно узнать, позвонив по телефону в местное представительство NI или посетив раздел ni.com/alliance.

Если не удастся найти ответы на свои вопросы на сайте ni.com, следует обратиться в местное представительство или штаб-квартиру National Instruments. Номера телефонов главных офисов в различных странах мира приведены на титульном листе руководства *LabVIEW Measurements Manual*. Кроме того, можно посетить раздел Worldwide Offices на ni.com/niglobal для доступа к сайтам местных отделений, на которых опубликованы обновленная контактная информация, номера телефонов поддержки, адреса E-mail и текущие новости.

19. Глоссарий

| Символ | Префикс | Значение |
|--------|---------------|-----------|
| n | нано (nano) | 10^{-9} |
| μ | микро (micro) | 10^{-6} |
| m | мили (milli) | 10^{-3} |
| k | кило (kilo) | 10^3 |
| M | Мега (mega) | 10^6 |

| А | |
|---|---|
| A/D (Analog-to-digital) | Аналогово-цифровой; аналоговый/цифровой. |
| ADC (Analog-to-digital converter) | Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) – электронное устройство, как правило, интегральная микросхема, которое преобразует аналоговое напряжение в цифровой код (число). |
| AI (Analog input) | Аналоговый вход (контакт) или функция аналогового ввода. |
| AIGND | Контакт заземления для аналогового входа в устройстве ввода-вывода. |
| alias | Ложная низкочастотная спектральная составляющая, которая появляется в дискретизированных данных при частоте дискретизации, слишком малой по сравнению с частотой Найквиста. |
| amplification | Усиление сигнала – часто используется для повышения точности измерения сигналов с малой амплитудой. |
| analog trigger | Аналоговый запуск. Производится по заданному пользователем уровню напряжения и наклону (фронту) аналогового сигнала. |
| ANSI (American National Standards Institute) | Американский национальный институт стандартов. |
| AO (Analog output) | Аналоговый выход (контакт) или функция аналогового вывода. |
| Application Programming Interface (API) | Прикладной программный интерфейс – библиотека функций, классов или VI (виртуальных приборов), атрибутов и свойств для создания приложений, работающих с устройствами. |

| | |
|----------------------------|---|
| В | |
| Butterworth filter | Фильтр Баттерворта – фильтр с маленькими пульсациями. |
| С | |
| channel | <p>Канал</p> <p>1. Физический – вывод или контакт, на который можно подать измеряемый или генерируемый аналоговый или цифровой сигнал. Один физический канал может иметь более одного контакта, например, канал аналогового дифференциального ввода или канал цифрового порта из 8 линий. Исключением является название, используемое для физического канала счетчика, поскольку название этого канала не совпадает с названием вывода счетчика, на который подается цифровой сигнал.</p> <p>2. Виртуальный – набор установок свойств, который может включать в себя имя, физический канал, подключения входных контактов, тип измерений или генерации, данные о масштабировании. Виртуальные каналы NI-DAQmx можно создать и настроить за пределами задачи (глобальные) и внутри задачи (локальные). Конфигурирование виртуальных каналов является необязательным для Traditional NI-DAQ и более ранних версий, но является неотъемлемой частью любых измерений с помощью NI-DAQmx. В Traditional NI-DAQ виртуальные каналы конфигурируются с помощью MAX.</p> |
| clock | Синхронизация – аппаратная функция, которая управляет временной диаграммой чтения или записи групп сигналов. |
| cold-junction compensation | <p>Компенсация холодного спая</p> <p>1. Метод компенсации погрешностей в схемах включения термопар.</p> <p>2. Элементы для создания уровня напряжения, с помощью которого компенсируют влияние изменения температуры окружающей среды в схемах измерения с помощью термопар. Интегральные датчики температуры обладают линейной характеристикой с чувствительностью, выражаемой в мВ/°С. Например, датчик с чувствительностью 10 мВ/°С выдает напряжение 250 мВ при температуре 25 °С. В то же время, характеристика термисторов нелинейна и оценивается приращением выходного напряжения при определенном изменении температуры ("x" В при 50 °С к "y" В при 0 °С).</p> |
| common-mode voltage | Напряжение синфазного сигнала – напряжение на входах измерительного усилителя относительно цепи "Общий" усилителя. |

| | |
|---------------------------------------|---|
| configuration utility | Утилита-конфигуратор: в Windows – это Measurement & Automation Explorer, в Macintosh – NI-DAQ Configuration Utility. |
| coupling | Соединение – способ передачи сигнала из одного места в другое. |
| CMRR (Common-mode rejection ratio) | <p>Коэффициент подавления синфазного сигнала – мера способности прибором подавлять сигнал, поступающий на оба входных контакта. Например, при измерениях с помощью термопары в условиях воздействия внешних помех эти помехи наводятся на оба входных проводника. Поэтому такая помеха проявляется, как синфазный сигнал, подавление которого определяется значением коэффициента CMRR прибора, вычисляемого по следующей формуле:</p> $\text{CMRR} = 20 \log (\text{Коэффициент усиления дифференциального сигнала}) / (\text{Коэффициент усиления синфазного сигнала})$ <p>Эта весьма важная характеристика прибора позволяет оценить допустимый для измерений уровень синфазного сигнала. Значение CMRR зависит от частоты и должно быть указано в виде функции от частоты. Ниже следует эквивалентное выражение для CMRR:</p> $\text{CMRR} = 20 \text{ Log} (\text{Результат измерения синфазного напряжения}) / (\text{Синфазное напряжение, поданное на вход прибора})$ |
| counter | Счетчик – схема, которая подсчитывает импульсы или периоды сигналов синхронизации. Обычно счетчики и таймеры имеют разрядность от 16 до 48 бит (иногда и более). Емкость счетчика – максимально возможное число счетных импульсов, равно 2^N , где N – разрядность счетчика. Если подсчитывается количество импульсов, поступающих от тактового генератора, то при известной частоте импульсов можно определять длительность временных интервалов. |
| curve fitting | Аппроксимация кривой – способ описания массива данных с помощью функции, параметры или коэффициенты которой определяются из этого массива данных. |
| D | |
| D/A (Digital-to-analog) | Цифро-аналоговый |
| DAC (Digital-to-analog converter) | Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – электронное устройство, как правило, интегральная микросхема, которое преобразует цифровой код (число) в соответствующее аналоговое напряжение или ток. |
| DAQ | См. <i>data acquisition</i> |
| DAQ Assistant | Ассистент (помощник) при работе с устройствами сбора данных – графический интерфейс для конфигурирования измерительных задач, каналов и шкал. |

| | |
|---------------------------------|--|
| DAQ device | Устройство измерения или генерации сигналов (данных), может быть многоканальным и содержать много преобразователей. К ним относятся встраиваемые модули, карты PCMCIA, устройства DAQPad, подключаемые к компьютеру через порт USB или 1394 (FireWire). К устройствам сбора данных относятся также и модули кондиционирования SCXI. |
| data acquisition (DAQ) | Сбор данных 1. Выборка и измерение аналоговых и цифровых электрических сигналов с датчиков, измерительных преобразователей, тестовых пробников и зажимов. 2. Генерация аналоговых и цифровых электрических сигналов. |
| dB | дБ – децибелы. |
| device | Измерительный прибор или контроллер, с помощью которого можно получить доступ к отдельным свойствам реального объекта, наблюдаемым или управляемым через физические точки ввода-вывода. Часто устройство подключают к управляющему компьютеру с помощью некоторой коммуникационной сети. См. также <i>DAQ device</i> и <i>measurement device</i> . |
| device number | Номер слота или идентификационный номер платы, который присваивается устройству при конфигурировании. |
| DFT | См. <i>Discrete Fourier Transform</i> . |
| differential measurement system | Система для измерения дифференциальным методом. В системе, сконфигурированной таким образом, нет необходимости подключать каждый входной сигнал относительно общей цепи, например, заземления здания. |
| digital trigger | Цифровой запуск – ТТЛ сигнал, который можно использовать для запуска и останова буферизированного аналогового ввода или буферизированного аналогового вывода. |
| Discrete Fourier Transform | Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). |
| DMA (Direct Memory Access) | Прямой доступ к памяти (ПДП) – способ обмена данными между устройством и памятью компьютера, осуществляемый непосредственно через шину компьютера без участия процессора. DMA – самый быстрый способ обмена большими объемами данных. |
| driver | Драйвер – специальная программа обслуживания конкретного устройства или устройств определенного типа, которая оперирует набором команд, воспринимаемых устройством. |
| duty cycle | Коэффициент заполнения – отношение длительности сигнала к его периоду. |

| | |
|---|--|
| E | |
| EEPROM (Electrically erased programmable read-only Memory) | Программируемое постоянное запоминающее устройство с электрическим стиранием (ЭСППЗУ) – постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), содержимое которого можно стирать или изменять (перепрограммировать) с помощью электрического сигнала. |
| F | |
| fall time | Время спада – время, в течение которого уровень сигнала уменьшается от 90% до 10 %. |
| Fast Fourier Transform | Быстрое преобразование Фурье (БПФ) – эффективный математический алгоритм, применяемый при спектральном анализе. |
| FFT | См. <i>Fast Fourier Transform</i> . |
| FieldPoint | Семейство модулей ввода-вывода промышленного назначения производства National Instruments. |
| filtering | Фильтрация – разновидность обработки (кондиционирования) сигналов, которая позволяет исключить нежелательные компоненты из измеряемых сигналов. |
| floating signal sources | Плавающие источники сигналов – источники, выходные напряжения которых не привязаны к общей цепи или заземлению системы. Наиболее распространенными примерами таких источников являются батареи, трансформаторы и термодпары. Плавающие источники называют также источниками сигналов без общей точки (nonreferenced signal sources). |
| Fourier Transform | Преобразование Фурье – математический прием, который заключается в разложении заданного сигнала на сумму синусоид и косинусоид. Широко используемая разновидность – быстрое преобразование Фурье – является основным инструментом для спектрального анализа. |
| frequency | Частота f – основная мера интенсивности, измеряемая в количестве событий или колебаний в секунду с помощью цифрового частотомера или анализатора спектра. Частота является величиной, обратной периоду сигнала. |
| frequency response | Частотная характеристика (ЧХ) – амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики схемы или другого тестируемого устройства в интересующем диапазоне частот. Несмотря на то, что формально под ЧХ понимают и АЧХ, и ФЧХ, обычно термин ЧХ относится только к АЧХ. АЧХ определяется как инверсное преобразование Фурье от импульсной характеристики системы. |

| | |
|-------------------------------|--|
| G | |
| gain | Усиление или ослабление сигнала. |
| GATE input pin | Входной контакт счетчика, на который подается сигнал управления счетом. |
| General Purpose Interface Bus | GPIB (синоним – HP-IB) – стандартная шина, предназначенная для управления электронными измерительными приборами с помощью компьютера. Ее также называют IEEE 488, поскольку ее характеристики определяются стандартами ANSI/IEEE 488-1978, 488.1-1987, 488.2-1992. |
| GPIB | См. <i>General Purpose Interface Bus</i> . |
| grounded signal sources | Заземленные источники сигнала – источники, выходные напряжения которых привязаны к общей цепи системы, например, к заземлению здания. Называют также источниками с общим проводом. |
| H | |
| handshaking | Квитирование (рукопожатие) – тип протокола, который позволяет двум устройствам синхронизировать операции. |
| Hz | Гц – количество периодов в секунду. |
| I | |
| Input range | <p>Диапазон входного сигнала – разность между максимальным и минимальным напряжениями для канала аналогового ввода, которая может быть измерена при единичном коэффициенте усиления. Диапазон входного сигнала является скалярной величиной, а не парой величин. Сам по себе диапазон не определяет верхнего и нижнего предела по напряжению. Диапазон входного напряжения 10В может означать верхний предел +10В и нижний предел 0В, или верхний предел +5В и нижний предел -5В.</p> <p>Сочетание входного диапазона, полярности и коэффициента усиления определяет предельные значения сигнала для канала аналогового ввода. В некоторых изделиях для установки входного диапазона и полярности используются переключки, в то время как в других изделиях эти параметры задаются программно. Во многих устройствах программно можно задать и коэффициент усиления. Например, при использовании устройств кондиционирования SCXI коэффициенты усиления необходимы для установки пределов входного напряжения.</p> |
| instrument driver | Драйвер прибора – набор функций высокого уровня, с помощью которых в системе устанавливается связь с аппаратными средствами измерительного прибора и управляют ими. |

| | |
|--|--|
| interrupt | Прерывание – сигнал, который предписывает центральному процессору приостановить выполнение текущего задания для обслуживания другого указанного задания. |
| I/O (Input/Output) | Ввод-вывод – обмен данными в компьютерной системе, содержащей коммуникационные каналы, операторские пульта и/или устройства сбора данных и управления. |
| isolation | Развязка – разновидность кондиционирования сигналов, гальваническая развязка измерительного преобразователя и компьютера с целью обеспечения надежности. Развязка защищает оператора и компьютер от больших бросков напряжения и гарантирует независимость результатов измерений от разности потенциалов в контуре заземления. |
| IVI (Interchangeable Virtual Instruments) | Унифицированные (взаимозаменяемые) виртуальные приборы – стандарт программного обеспечения для разработки как общих функций API, так и для создания контрольно-измерительных приборов общего назначения. |
| IVI driver | Драйвер, написанный в соответствии со стандартом IVI. Унифицированный (и настраиваемый) драйвер для класса приборов (например, вольтметров) называют драйвером класса, в то время, как драйвер для конкретного прибора конкретного производителя называют специализированным (аппаратно зависимым) драйвером. |
| К | |
| kH | кГц – килогерц. |
| L | |
| Legacy MIO device | Традиционные MIO устройства, например AT-MIO-16 – обычно конфигурируются с помощью перемычек и переключателей и не поддерживают технологию Plug and Play. В них установлен счетчик/таймер типа 9513. |
| limit settings | Пределы – максимальные и минимальные значения измеряемых и генерируемых аналоговых сигналов. |
| linearization | Линеаризация – разновидность кондиционирования сигнала. Функции LabVIEW, с помощью которых уровни напряжения с измерительных преобразователей преобразуются таким образом, чтобы результаты измерения напряжения можно было масштабировать в единицах измерения физической величины. |
| LSB (Least Significant Bit) | Младший значащий разряд (бит). |

| | |
|---|--|
| low-pass filter | Фильтр нижних частот (ФНЧ) – схема, которая подавляет высокочастотные составляющие аналогового сигнала и пропускает только низкочастотные составляющие. При обработке изображений ФНЧ удаляет незначимые детали и корректирует размытость (нерезкость). |
| M | |
| mA | мА – миллиампер. |
| MAX (Measurement & Automation Explorer) | Управляемая централизованная программная среда для конфигурирования устройств производства National Instruments. |
| MB | Мбайт. 1Мбайт = 1024 Кбайт. |
| measurement device | Измерительное устройство – устройство сбора данных, например, многофункциональные устройства ввода-вывода (МІО) Е серии, модули кондиционирования сигнала SCXI и коммутаторы. |
| MHz | МГц – мегагерц. |
| module | Модуль – смонтированная печатная плата, с конструкционными элементами, передней панелью, экранами и т.д. Модуль содержит все необходимое для того, чтобы занять один или более слотов в стойке. К модулям относятся устройства PXI и SCXI. |
| multithreading | Многопоточность – принцип организации операционной системы, обеспечивающий одновременное исполнение множества малых задач (потоків). |
| N | |
| NI-DAQ | Программное обеспечение – драйвера, поставляемые со всеми измерительными устройствами производства NI. NI-DAQ является полной библиотекой VI и функций, которые можно вызывать из среды разработки приложений, например, LabVIEW, чтобы реализовать все возможности измерительного устройства, связанные с конфигурацией, сбором и генерацией данных, а также пересылкой данных. |
| NI-DAQ 7.0 | Включает в себя два драйвера NI-DAQ – Traditional NI-DAQ и NI-DAQmx – каждый из них со своим прикладным программным интерфейсом API, конфигурацией аппаратных и программных средств. |

| | |
|--|---|
| NI-DAQmx | Последняя версия NI-DAQ драйвера с новыми VI, функциями и средствами разработки для управления измерительными устройствами. Преимущества NI-DAQmx по сравнению с более ранними версиями NI-DAQ: введен DAQ Assistant для конфигурирования измерительных каналов и задач, который упрощает программирование устройств в среде LabVIEW, LabWindows/CVI и Measurement Studio; повышена производительность при одноточечном аналоговом вводе-выводе; упрощен API интерфейс для создания приложений сбора данных с использованием меньшего количества функций и VI, чем в более ранних версиях NI-DAQ. |
| NIST (National Institute of Standards and Technology) | Национальный институт стандартов и технологий – федеральное агентство, которое разрабатывает и внедряет средства измерений, стандарты и технологии. |
| Non-referenced single-ended (NRSE) measurement system | Незаземленная однопроводная измерительная система – все измерения выполняются относительно общей точки, однако потенциал этой точки может изменяться относительно заземления системы. |
| ns | нс – наносекунды. |
| Nyquist frequency | Частота Найквиста. При дискретизации аналогового сигнала с частотой в два раза большей, чем его высшая спектральная компонента, сигнал можно корректно восстановить из частотного спектра. Эта частота дискретизации называется частотой Найквиста. |
| Nyquist Theorem | Теорема Найквиста – положение теории дискретизации, согласно которому, если непрерывный сигнал с ограниченной полосой частот не содержит составляющих выше половины частоты дискретизации, он может быть восстановлен без искажений. Если частота дискретизации слишком мала, возникает эффект наложения спектра. |
| O | |
| OUT output pin | Выходной контакт счетчика, на котором счетчик может формировать различные импульсные TTL сигналы. |
| P | |
| PCI (Peripheral Component Interconnect) | Стандартная высокоскоростная шина данных промышленного назначения. |

| | |
|--|--|
| period | Период сигнала – очень часто измеряется между одинаковыми переходами сигнала через ноль. Период является величиной, обратной частоте (Гц), и обозначается буквой T. |
| physical channel | См. <i>channel</i> . |
| Poisson's Ratio | Коэффициент Пуассона – отношение поперечной деформации к продольной деформации, берется с отрицательным знаком. |
| Property Node | Узел для задания или определения свойства VI или приложения. |
| pulse | Импульс – сигнал, амплитуда которого отклоняется от нуля на короткий период времени. |
| pulse train | Последовательность импульсов. |
| pulse width | Длительность импульса – интервал времени между положительным и отрицательным фронтами импульса (на уровне 50% от амплитуды). |
| PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) | Модульная компьютерная платформа для измерительной техники. |
| Q | |
| quantization error | Погрешность квантования – методическая неопределенность оцифровки аналоговой величины из-за конечного разрешения процесса преобразования. Погрешность квантования зависит от разрядности преобразователя, которому свойственны также его инструментальная погрешность, шум и нелинейность. |
| R | |
| R | Сопротивление. |
| referenced single-ended (RSE) measurement system | Заземленная однопроводная измерительная система – все измерения выполняются относительно общей точки или заземления. |
| rise time | Время нарастания сигнала от 10% до 90% от амплитудного значения сигнала. |
| RMS (Root Mean Square) | Среднеквадратическое значение. |
| RTD (Resistance temperature detector) | Терморезистивный датчик – металлический датчик, с помощью которого измеряют температуру, характеризуется температурным коэффициентом сопротивления. |

| | |
|--|--|
| RTSI (Real-Time System Integration bus) | Шина National Instruments, предназначенная для точной синхронизации работы устройств сбора данных. Непосредственное подключение устройств к шине производится через разъемы, расположенные в верхней части устройств. |
| S | |
| S (Sample) | Отсчет. |
| sampling period | Период дискретизации – интервал времени между отсчетами в системах контроля с равномерной дискретизацией во времени. |
| scan | Считывание выборки – один или более аналоговых или цифровых отсчетов. Обычно число входных отсчетов в выборке соответствует количеству каналов ввода в группе. Например, за один такт считывания выборки получают по одному новому отсчету с каждого канала аналогового ввода в группе. |
| scan clock | Синхроимпульс считывания выборки – задает временной интервал между выборками в Traditional NI-DAQ. В изделиях с поддержкой интервальной выборки (например, E-серии) синхронизация канала включается и отключается вентилем синхроимпульсов. В изделиях с одновременной выборкой (например, S-серии), этот импульс задает частоту преобразования по всем каналам. |
| scan rate | Частота выборки – количество выборок в секунду, выполняемых LabVIEW при сборе данных с каналов. Например, при частоте выборки 10 Гц LabVIEW опрашивает каждый канал группы 10 раз в секунду. |
| SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) | Расширение стандарта IEEE 488.2, которое определяет стандартный набор команд для программирования измерительных приборов и их синтаксис для аппаратно-зависимых операций. |
| SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) | Семейство изделий National Instruments для кондиционирования низкоуровневых сигналов. Модули SCXI устанавливаются во внешнее шасси около датчиков. Поэтому на платы сбора данных поступают усиленные сигналы, свободные от помех, наводимых в окружающей среде. |
| sec | Секунды. |
| sensor | Сенсор (датчик) – устройство, которое выдает на выходе напряжение или ток, представляющие измеряемую физическую величину, например, скорость, температуру или расход. |
| setting time | Время установления – время, за которое напряжение достигает установившегося значения с заданной погрешностью. |

| | |
|---|---|
| signal conditioning | Кондиционирование сигналов – предварительное преобразование сигналов для подготовки их к оцифровке. |
| signal-to-noise ratio | Отношение сигнал/помеха (дБ), определяемое по формуле: $20\log\left(\frac{\text{Действующее значение сигнала}}{\text{Действующее значение помехи}}\right)$. Чем это отношение больше, тем лучше. Вместо действующего может использоваться амплитудное или пиковое значение, которое адекватно характеризует сигналы. |
| SOURCE input pin | Входной контакт счетчика, на который подаются подсчитываемые счетчиком переключения сигнала. |
| SNR | См. <i>signal-to-noise ratio</i> . |
| strain gage | Датчик деформации – тонкий проводник, который приклеивается к материалу для определения нагрузки или вибрации этого материала. |
| T | |
| task | Задача – набор из одного или нескольких каналов, параметров запуска, синхронизации и других свойств в NI-DAQmx. С помощью задачи представляются требования к процессу измерения или генерации. |
| ticks | Время в мс, необходимое для всех вычислений. |
| Traditional NI-DAQ | Обновленная версия NI-DAQ. Traditional NI-DAQ имеет те же VI и функции и работает так же, как NI-DAQ 6.9.x. На одном и том же компьютере можно использовать одновременно Traditional NI-DAQ и NI-DAQmx, драйвер NI-DAQ 6.9.x этого не допускает. |
| transducer excitation | Стимуляция датчика – разновидность кондиционирования сигналов, использует внешние напряжения и токи для запитки (возбуждения) измерительных схем системы кондиционирования при измерении физических величин. |
| trigger | Запуск – событие, которое инициализирует некоторую операцию с данными. |
| TTL (Transistor-Transistor Logic) | Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ) – цифровая схема из соединенных определенным образом биполярных транзисторов. |
| U | |
| update | Обновление данных – вывод одного или более аналоговых или цифровых отсчетов. Обычно число выводимых отсчетов равно количеству каналов вывода группы. Например, один тактовый импульс формирует новые значения выходных сигналов на всех аналоговых выходах группы. |

| | |
|---|---|
| update rate | Частота обновления данных – количество обновлений выходов в секунду. |
| V | |
| V | В – Вольт. |
| VAC (Volts, Alternating Current) | Напряжение переменного тока, В. |
| VDC (Volts, Direct Current) | Напряжение постоянного тока, В. |
| virtual channel | См. <i>channel</i> . |
| Virtual Instrument Software Architecture | Унифицированная библиотека интерфейсных функций для управления измерительными приборами, поддерживающими GPIB, VXI, RS-232 и др. интерфейсы. |
| virtual instrumentation | Виртуальная измерительная техника – сочетание элементов аппаратных средств и/или программного обеспечения, как правило, используемых на персональных компьютерах. Обладает функциональными возможностями классического автономного измерительного прибора. |
| VISA | См. <i>Virtual Instrument Software Architecture</i> . |
| VXI (VME eXtensions for Instrumentation) | Расширение стандарта VME для измерительной техники. |
| W | |
| waveform | Сигнал – совокупность отсчетов напряжения, полученных с определенной частотой дискретизации. |
| Wheatstone bridge | Мост Уитстоуна – схема для измерения изменений напряжения или сопротивления. Измеряется напряжение между средними точками двух параллельных делителей напряжения. Для сведения этого напряжения к нулю (уравновешивания моста), регулируется значение сопротивления одного из резисторов. Если в качестве одного из элементов моста используется резистивный преобразователь, изменение сопротивления изменяет напряжение на выходе моста, и это напряжение измеряют. Резистор, включенный параллельно датчику, уменьшает температурную чувствительность. |

| | |
|--------|--|
| window | <p>Окно – способ выбора и масштабирования блока измеряемых данных таким образом, чтобы положение начала и конца блока в определенном смысле оптимизировали результат измерений. Клиновидное (треугольное) окно используется с целью минимизации краевого эффекта, который может привести к утечкам спектра (снижению спектрального разрешения). В технике обработки данных применяют окна Блэкмана, Блэкмана-Харриса, косинусное, точное блэкмановское, экспоненциальное, окно с плоской вершиной, усиленное Хэмминга, Хэннинга, Кайзера – Бесселя и треугольное. Наиболее часто используется окно Хэннинга.</p> |
|--------|--|