

Тема 2: Создание ИИС на основе встраиваемых и модульных устройств

Содержание:

1. Виды и характеристики сигналов
2. Виды источников сигналов
3. Схемы входных цепей устройств сбора данных
4. Системы согласования сигналов
5. Платы и модули сбора данных
6. Модульные виртуальные приборы
7. ИС на основе персонального компьютера
8. ИС на основе промышленного компьютера
9. ИС на основе платформы PXI
10. ИС на основе платформы NI CompactRIO
11. Драйвера NI-DAQmx
12. Настройка приборов NI-DAQmx в MAX
13. Имитация измерительных приборов NI-DAQmx
14. Настройка сбора данных
15. Палитра функций DAQmx
16. Организация аналогового ввода-вывода

Виды сигналов

Состояние исследуемого объекта характеризуется набором физических величин различной природы, которые подлежат измерению. С помощью датчиков (или первичных измерительных преобразователей) эти физические величины преобразуются в измерительные сигналы.

Все сигналы делятся на **аналоговые** и **цифровые**.

Цифровой сигнал имеет лишь два возможных уровня – высокий и низкий.

Классификация цифровых сигналов сводится к двум видам:

- сигнал перехода от высокого (on) к низкому (off) уровню (или наоборот);
- сигнал в виде серии импульсов.

Аналоговый сигнал в отличие от цифрового содержит информацию в непрерывно изменяющейся во времени амплитуде.

Классификация аналоговых сигналов представлена тремя видами:

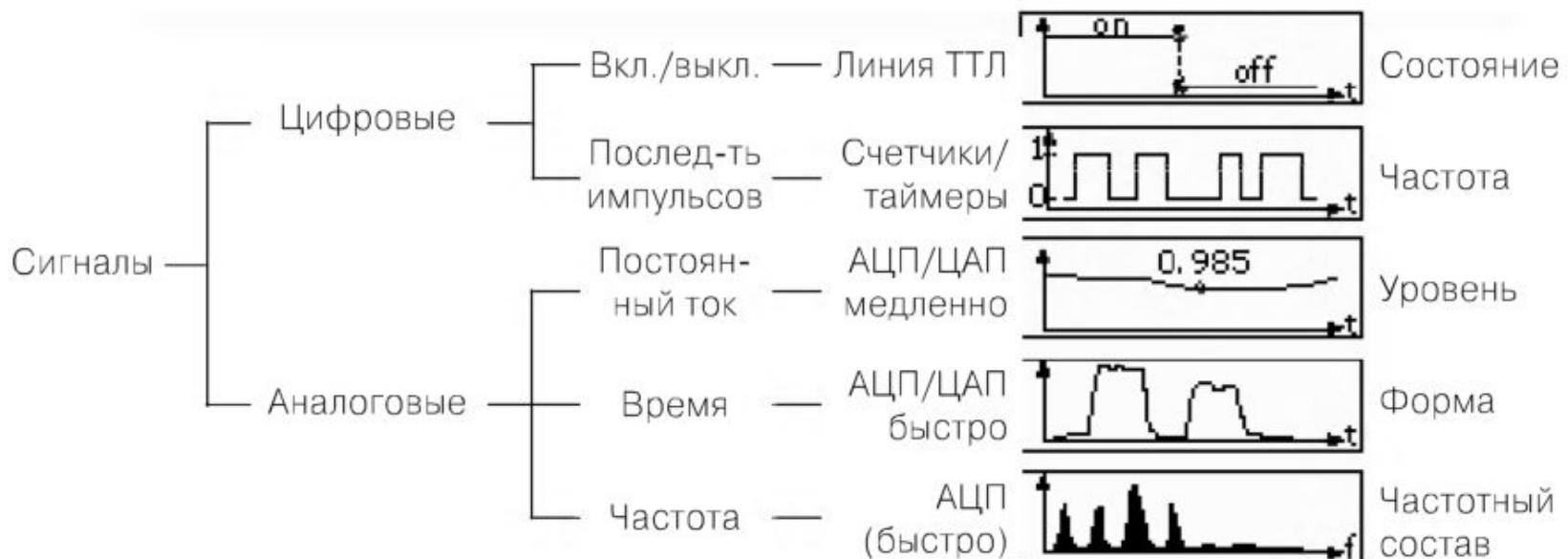
- постоянным сигналом;
- переменным сигналом во *временной области* (time domain);
- переменным сигналом в *частотной области* (frequency domain).

Виды измерительной информации

Все эти виды сигналов по-своему уникальны в плане передачи информации и соответствуют пяти основным видам измерительной информации, переносимой ими:

- 1- состояние;
- 2- частота;
- 3- уровень;
- 4- форма;
- 5- частотный состав (или спектр).

На рисунке приведена схема классификации сигналов.



Характеристики цифровых сигналов

Первым типом цифрового сигнала является сигнал *состояния* (включен-выключен), который передает информацию о цифровом уровне. Таким образом, необходимым прибором для измерения этого типа сигнала служит простой цифровой детектор. Выход транзисторно-транзисторной логической (TTL) схемы является примером цифрового сигнала состояния. ***Индикатором состояния может служить светодиод*** (горит/не горит).

Второй вид цифрового сигнала - это серия импульсов. Сигнал состоит из последовательности переходов из одного состояния в другое.

Информация может быть заключена:

- в количестве переходов;
- в скорости, с которой меняются состояния;
- во времени между одним или несколькими переходами из одного состояния в другое.

Характеристики аналоговых сигналов

1. Аналоговые уровневые сигналы

Аналоговыми уровневыми сигналами называются **статические или медленно меняющиеся** аналоговые сигналы. Наиболее важной характеристикой этого сигнала является **уровень или амплитуда**, которые несут информацию в данный момент времени. Поскольку аналоговый сигнал такого вида меняется медленно, то точность измеряемого уровня представляет больший интерес, чем время или скорость, с которой осуществляется измерение.

Система сбора данных должна обладать следующими характеристиками при измерении аналоговых уровневых сигналов:

- высокой точностью/разрешающей способностью - для точного измерения уровня сигнала;
- полосой пропускания в нижней части спектра - для измерения сигнала при низкой частоте выборки.

Характеристики аналоговых сигналов

2. Переменные аналоговые сигналы во временной области

Аналоговые сигналы во временной области отличаются от других сигналов тем, что их полезная информация заключена не только в уровне сигнала, но и в изменении этого сигнала во времени. При измерении сигнала подобного типа (его часто называют осциллограммой) интерес представляют такие характеристики его формы, как крутизна, местоположение и форма пиков и т. д.

Для измерения формы осциллограммы нужно использовать жестко синхронизированную по времени последовательность отдельных измерений мгновенных значений. Эти измерения должны быть сделаны с частотой, позволяющей адекватно воспроизвести форму осциллограммы. Кроме того, последовательность измерений надо начать в строго определенное время, чтобы гарантированно получить полезную часть сигнала.

Система сбора данных, применяемая для считывания осциллограмм, должна иметь следующие особенности:

- широкую полосу пропускания - для измерения сигнала при высокой частоте выборки;
- схему тактирования для измерения сигнала через точные интервалы времени;
- схему запуска для начала измерений в точно определенное время.

Характеристики аналоговых сигналов

3. Переменные сигналы в частотной области

Аналоговые сигналы в частотной области похожи на осциллограммы, поскольку они также несут информацию о том, как сигналы изменяются во времени. Однако информация, извлекаемая из такого сигнала, содержится в его частотной составляющей, в отличие от формы или изменяющейся во времени характеристики осциллограммы.

Так же как и при измерении осциллограммы, прибор, используемый для измерения частотного спектра сигнала, должен включать в себя аналого-цифровой преобразователь, таймер и триггер для своевременного захвата осциллограммы. Кроме того, прибор должен выделить информацию о частоте сигнала.

Система сбора данных, применяемая для получения сигналов в частотной области, должна иметь:

- широкую полосу пропускания для измерения сигнала при высокой частоте выборки;
- схему тактирования для измерения сигнала через определенные интервалы времени;
- схему запуска для начала измерений в определенное время;
- функции преобразования временной информации в частотную (вычисление спектра).

Виды источников сигналов

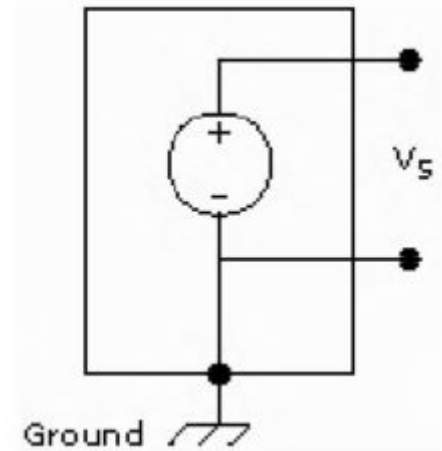
Все источники измерительных сигналов делятся на **заземленные** и «**плавающие**»

Заземленным источником является такой, сигналы которого отсчитываются относительно заземления прибора, представляющего собой потенциал земли или здания. В этом случае источники имеют общее заземление с платой ввода/вывода. Наиболее распространенными примерами заземленных источников являются приборы, такие как генераторы сигналов и источники напряжения, которые заземляются через систему электропитания здания.

Необходимо иметь в виду, что «земли» двух независимо заземленных источников сигнала в общем случае не обладают одним и тем же потенциалом.

Различие между потенциалами заземления двух приборов, присоединенных к одной системе заземления в здании, достигает обычно 10 - 200 мВ.

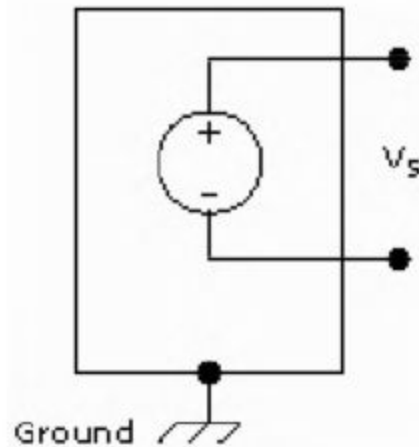
Разница может быть и больше, если разводки электроснабжения неправильно соединены. Это служит причиной явления, известного как **паразитный контур с замыканием через «землю»**.



Виды источников сигналов

«Плавающим» источником является такой, в котором напряжение никак не соотносится с общим заземлением, создаваемым землей или зданием. Примерами таких источников являются аккумуляторы, термопары, трансформаторы и отдельные усилители.

На рисунке показано, что **ни один выходной терминал источника не подключен к заземляющему проводу**. Таким образом, ни один терминал не зависит от заземления.



Схемы входных цепей устройств сбора данных

Входные цепи большинства измерительных устройств строятся на основе инструментальных операционных усилителей с дифференциальными входными цепями.

Это позволяет реализовать три варианта схем подключения источника сигнала в входу измерительного устройства:

- дифференциальная (**Differential**);
- с общим заземленным проводом (**Referenced single-ended - RSE**);
- с общим незаземленным проводом (**Nonreferenced single-ended - NRSE**).

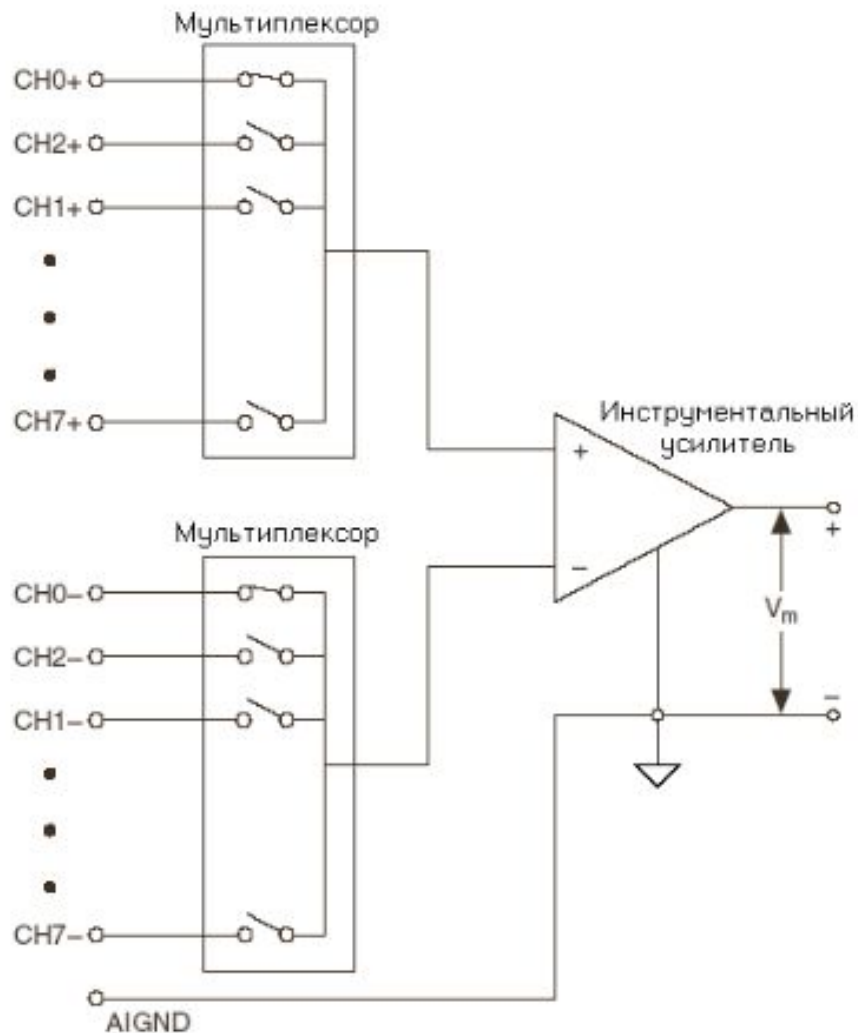
Дифференциальная схема измерений

В дифференциальной (независимой) схеме измерений ни один из входов не соединен с заземлением или общей шиной. Большинство плат ввода/вывода с измерительными усилителями можно сконфигурировать в соответствии с дифференциальной схемой измерения.

На рисунке изображена восьмиканальная дифференциальная схема, используемая в платах ввода/вывода от компании National Instruments.

Аналоговые мультиплексоры увеличивают число каналов измерения при использовании одного усилителя.

Контакт этой платы **AIGND** (заземление аналогового входа) является заземлением измерительной системы.



Дифференциальное и синфазное напряжение

Идеальная дифференциальная измерительная система реагирует только на разность потенциалов между двумя ее входами (терминалами) - положительным (+) и отрицательным (-). Такое напряжение называют **дифференциальным** и вычисляют по формуле:

$$V_{\text{дифф}} = (V^+ - V^-),$$

где V^+ и V^- - напряжение на неинвертирующем и инвертирующем входах измерительной системы по отношению к ее заземлению **AIGND**.

Напряжение, равное:

$$V_{\text{синф}} = (V^+ + V^-)/2,$$

называется синфазным.

Оно присутствует на каждом из входов дифференциальной схемы относительно ее заземления.

Для дифференциальных схем **всегда указывается максимальная величина синфазного напряжения**. Превышение этой величины на входах дифференциальной схемы может не только увеличить погрешность измерения из-за насыщения (ограничения) выходного сигнала измерительной схемы, но и привести к повреждению компонентов устройства.

Коэффициент ослабления синфазного сигнала

Идеальный дифференциальный усилитель не усиливает (подавляет) синфазное напряжение. Подавление синфазного напряжения полезно, поскольку нежелательные помехи и шумы воздействуют на вход дифференциальной схемы как синфазное напряжение.

Важным параметром дифференциального усилителя является **коэффициент ослабления синфазного сигнала** (КОСС), который равен отношению коэффициента передачи дифференциального сигнала ($K_{\text{дифф}}$) к коэффициенту передачи синфазного сигнала ($K_{\text{синф}}$):

$$\text{КОСС} = K_{\text{дифф}} / K_{\text{синф}}$$

Для практических схем на основе прецизионных операционных усилителей КОСС может достигать 100000 (100дБ).

Схема с общим заземленным проводом

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 называются системами с "однопроводным" подключением сигналов и заземленным общим проводом.

На рисунке показана 8-ми канальная измерительная система с несимметричным входом и заземленным общим проводом.

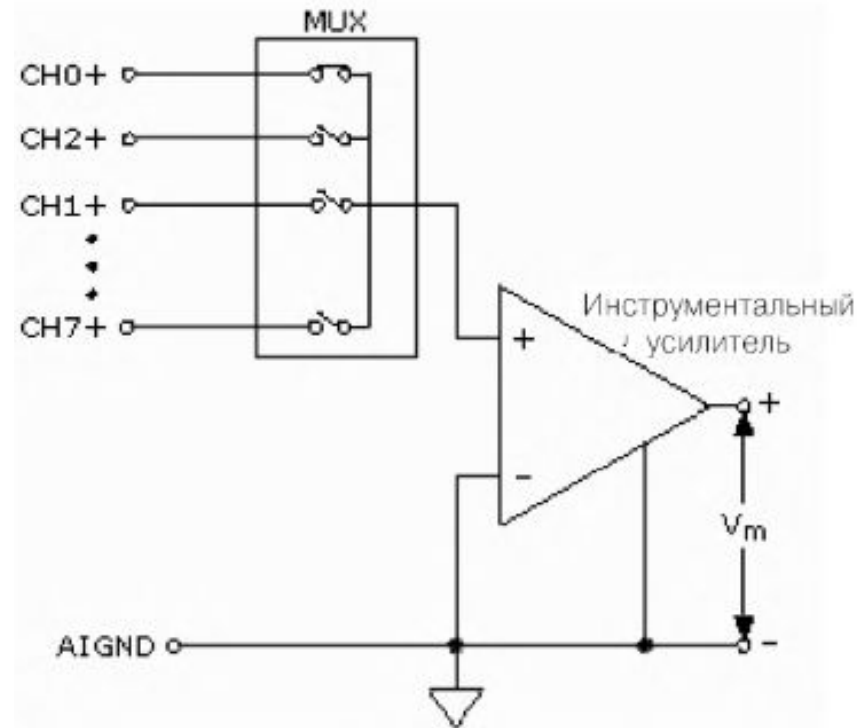
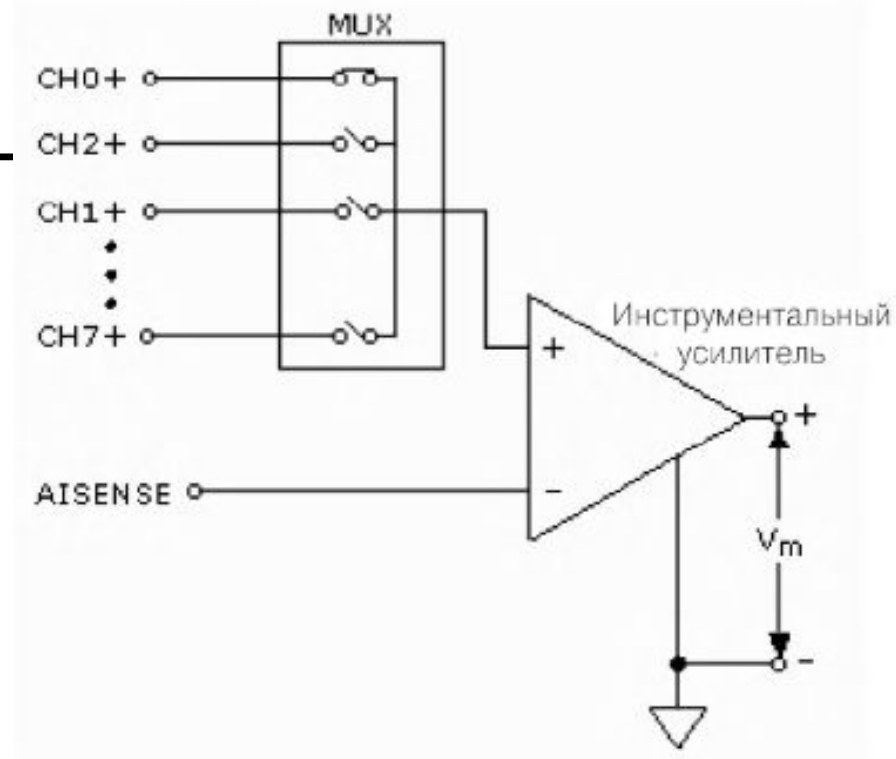


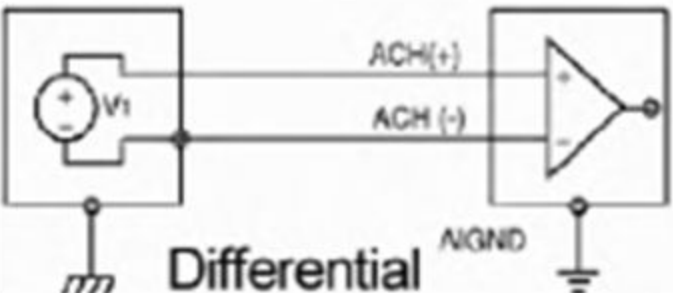

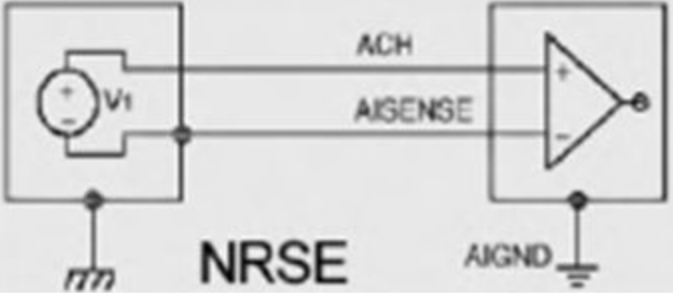
Схема с общим незаземленным проводом

При работе с платами ввода/вывода можно использовать вариант схемы измерения с общим проводом, известный как **схема с общим незаземленным проводом (Nonreferenced single-ended - NRSE)**. В этой схеме все измерения осуществляются относительно общего базового заземления, напряжение которого может меняться относительно заземления измерительной системы.

На рисунке изображена схема с общим незаземленным проводом, на которой контакт AISENSE представляет собой общий провод (опорное заземление) при измерениях, а контакт AIGND осуществляет заземление системы.



Подключение заземленного источника сигнала

 <p>Differential</p>	<p>Наилучший:</p> <ul style="list-style-type: none">+ компенсация синфазного напряжения- диапазон сигнала уменьшен в два раза
 <p>RSE</p>	<p>Не рекомендуется</p> <ul style="list-style-type: none">- разница напряжений между двумя заземлениями может повредить прибор- шумы суммируются с полезным сигналом
 <p>NRSE</p>	<p>Хороший</p> <ul style="list-style-type: none">+ диапазон сигнала используется полностью- нет компенсации синфазного напряжения

Режим RSE

На рисунке показано **неправильное использование заземленной измерительной системы** с опорным потенциалом - «землей» для измерения заземленного источника сигнала.

В этом случае измеренное напряжение, V_m , равно сумме напряжения сигнала V_g , и разности потенциалов ΔV_g , которая существует между землями источника сигнала и измерительной системы.

Эта разность потенциалов не всегда постоянна во времени. В итоге получается зашумленная система, в результатах измерения которой часто просматриваются компоненты на частоте источника питания (50 Гц).



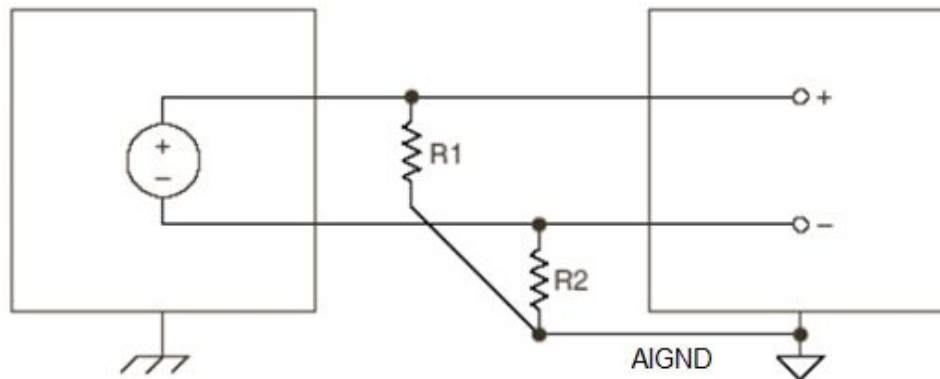
Подключение незаземленного источника сигнала

<p>Differential</p>	<p>Наилучший</p> <ul style="list-style-type: none">+ компенсация синфазного напряжения- диапазон сигнала уменьшен в два раза- требуются резисторы смещения
<p>RSE</p>	<p>Подходящий</p> <ul style="list-style-type: none">+ диапазон сигнала используется полностью+ не требуются резисторы смещения- нет компенсации синфазного напряжения
<p>NRSE</p>	<p>Хороший</p> <ul style="list-style-type: none">+ диапазон сигнала используется полностью- требуются резисторы смещения- нет компенсации синфазного напряжения

Особенность режима *DIFF*

В случае дифференциальной измерительной системы **полностью отсутствует привязка сигналов к общему проводу**. В результате, например, из-за входного тока смещения инструментального усилителя, может произойти сдвиг уровня источника сигнала за пределы рабочего диапазона напряжений входного каскада устройства сбора и **переход усилителя в режим насыщения**.

Чтобы привязать этот уровень к опорному потенциалу AIGND, используются резисторы. Эти резисторы смещения создают цепь постоянного тока от входов инструментального усилителя к его заземлению.



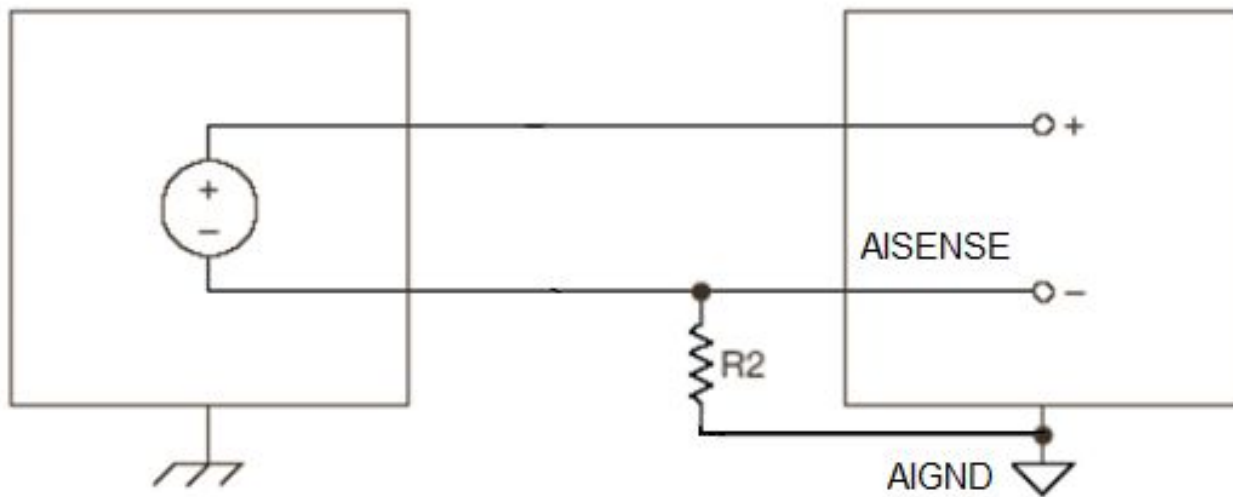
Для источников сигнала, связанных по постоянному току с усилителем, необходим только резистор R2 (между «-» и AIGND). Для источников сигналов, связанных по переменному току, нужны два резистора $R1 = R2$.

Сопротивление резисторов R1 и R2 обычно выбирают в диапазоне 100 кОм – 1 МОм.

Особенность режимов RSE и NRSE

В случае источника сигнала с «плавающей землей» в схемах с общим проводом можно использовать режим с заземлением (**RSE**) для входа системы. Здесь не возникнет никакого контура с замыканием через землю. Подключение резисторов не требуется.

Режим с общим незаземленным проводом (**NRSE**) более предпочтителен с точки зрения наводимых шумов. В такой конфигурации входа источники сигналов с «плавающей землей» требуют одного или двух резисторов смещения между входом общего провода (AISENSE) и заземлением измерительной системы (AIGND).



Типовые задачи согласования сигналов

В измерительных системах используется большое разнообразие датчиков с выходными сигналами, различными по виду, по амплитуде, динамическому диапазону, мощности и т. д. Уровень электрического сигнала, создаваемый датчиками, должен быть приведен к входному диапазону прибора сбора данных.



Нормализация сигналов

Нормализация - наиболее распространенный тип согласования сигналов. Например, для увеличения разрешения и уменьшения шума слабые сигналы от термопары следует усиливать. Для достижения наибольшей точности максимальный диапазон напряжения в усиленном сигнале должен равняться максимальному входному диапазону АЦП.

В соответствии с российскими стандартами (см. ГОСТ 9895-78, ГОСТ 14853-76) в качестве носителя информации в системах автоматизации используются электрические сигналы постоянного и переменного тока:

Уровни постоянного тока	(0...5) мА; (0...20) мА; (4 ...20) мА; (-0,5...5)мА; (-20 ...20) мА; (-100... 100) мА
Уровни постоянного напряжения	(0...+10) мВ; (0...+20) мВ; (0...+50) мВ; (0...+100) мВ; (0...+1) В; (0...+5) В; (0...+10) В; (-100...+200) мВ; (-1...+1) В; (-5...+5) В; (+1...+5) В; (-10...+10) В
Уровни напряжения переменного тока	(0... 1) В; (0...2) В на частотах 50 или 400 Гц
Частотные сигналы	(2 ...4) кГц; (4...8) кГц при амплитуде сигналов (60... 160) мВ; (160..600) мВ; (0,6...2,4)В;(2,4...12)В
Выходное сопротивление нормализующих преобразователей	250 Ом; 1 кОм; 2,5 кОм

Наиболее часто сигналы на выходе НИП представляются в виде постоянных напряжений диапазонов (0...+5) В, (-5...+5) В, (0...+10) В, (-10...+10) В.

Изоляция

Изоляция - еще один распространенный тип согласования.

Электрическая изоляция сигнала датчика от компьютера необходима по соображениям безопасности. В системе, в которой проводятся измерения, могут проходить высоковольтные переходные процессы, потенциально опасные для компьютера без модулей согласования.

Дополнительная причина, по которой стоит применять развязку сигналов, кроется в разности потенциалов «земли» и синфазных напряжений. Когда вход устройства СД и измеряемый сигнал измеряются относительно потенциала «земли», то при различии потенциалов этих двух «земель» будут возникать проблемы. Это приведет к эффекту паразитного контура с замыканием через землю, который может являться причиной некорректных измерений или даже поломки измерительной системы, если разница потенциалов слишком велика. Использование модулей согласования с развязкой сигнала устраняет контуры заземления и обеспечивает корректное измерение сигнала.

Фильтрация

Фильтрация - смысл этой операции заключается в удалении ненужных составляющих из измеряемого сигнала. Шумовой фильтр используется для квазипостоянных сигналов, таких как температура, для устранения высокочастотных составляющих, которые уменьшают точность измерений.

В общем случае существуют следующие виды фильтров:

- низкочастотные,
- высокочастотные,
- полосовые.

Для переменных сигналов, таких как вибрации, следует применять другой тип фильтров, а именно антиалиазинговые фильтры (фильтр защиты от наложения спектров). Подобно шумовым фильтрам, антиалиазинговые фильтры являются фильтрами низких частот, однако они **обладают очень резкими границами в спектральном представлении**, что позволяет полностью убрать все частоты в сигнале, которые больше входной полосы частот прибора. Если эти составляющие не удалять, то они дадут ложный сигнал в полосе пропускания прибора.

Питание датчиков

Модули согласования также обеспечивают питание для некоторых типов датчиков, таких как:

- **датчики деформаций,**
- **термисторы**
- **терморезисторы.**

При измерениях с помощью терморезисторов, как правило, необходим источник тока, который преобразует изменения сопротивления в измеряемое напряжение.

Датчики деформации имеют очень маленькое сопротивление и обычно используются в конфигурации **моста Уитстона** и в сочетании с источником напряжения для питания.

Линеаризация

Линеаризация - еще один способ согласования сигнала.

Линеаризация характеристик датчиков — нелинейное преобразование выходной величины датчика или величины (аналоговой или цифровой), ей пропорциональной, посредством которого достигается линейная зависимость между измеряемой и представляющей ее величинами.

Многие датчики, такие как термопары, имеют нелинейный отклик на изменения измеряемой физической величины. Программные продукты компании National Instruments NI-DAQ, LabVIEW и Measurement Studio содержат стандартные процедуры для линеаризации термопар, датчиков деформации и терморезисторов.

Система SCXI

SCXI (Signal Conditioning eXtension for Instrumentation) — это высокопроизводительная многоканальная система нормализации и коммутации сигналов, отличающаяся многофункциональностью, способностью к изменению конфигурации и гибкостью. Модули SCXI в зависимости от своего типа осуществляют:

- нормализацию сигналов с различных датчиков (термопар, термометров сопротивления, термисторов, тензодатчиков, акселерометров и т. д.),
- коммутацию сигналов,
- программируемое усиление сигналов,
- гальваническую развязку,
- Фильтрацию,
- питание датчиков.

Система SCXI



Шасси SCXI



Измерительные модули SCXI

Модуль NI SCXI-1112

Модуль NI SCXI-1112 предназначен для измерения температуры с помощью 8 термопар с индивидуальными усилителем и фильтром нижних частот (с полосой пропускания 2 Гц) в каждом из каналов и калибровкой датчиков.

Модуль производит компенсацию температуры свободных концов и предназначен для подключения к платам сбора данных М-серии компании National Instruments.



Портативная система согласования SCC

SCC предоставляет возможность поканальной конфигурации каналов ввода-вывода с использованием одно- и двухканальных модулей, устанавливаемых в компактный экранированный корпус, вмещающий до 20 модулей.

Имеются модули: аналогового и цифрового ввода и вывода, аналогового и цифрового ввода-вывода.

Аналоговые модули ввода и вывода имеют гальваническую развязку, а цифровые линии ввода-вывода - оптическую развязку.

SCC работает с устройствами сбора данных М, Е и В серии



Шасси SCC



Модули SCC

Портативная система согласования 5В

5В - серия содержит малогабаритные одноканальные модули аналогового ввода и позволяет организовать до 16 каналов сбора данных с изоляцией до 1500 V.

Сигналы на вход модулей могут подаваться от термопар, термосопротивлений, источников напряжений уровня нескольких милливольт и источником импульсных последовательностей, частота которых связана со значением измеряемой физической величины. Диапазон выходного напряжения-(0...+5) В.



Шасси серии 5В

Измерительные задачи

При создании ИИС должны быть реализованы следующие измерительные задачи:

- **аналоговый ввод;**
- **аналоговый вывод;**
- **ввод цифровых кодов;**
- **вывод цифровых кодов;**
- **формирование импульсных последовательностей;**
- **подсчет событий;**
- **измерение временных интервалов и др.**

Для решения этих задач на рынке представлен обширный набор измерительных модулей. Такие модули делятся на специальные и многофункциональные. Широкое распространение получили многофункциональные платы.

Внешний вид плат сбора данных



Платы сбора данных серии M
(конструктив: PCI и PXI)

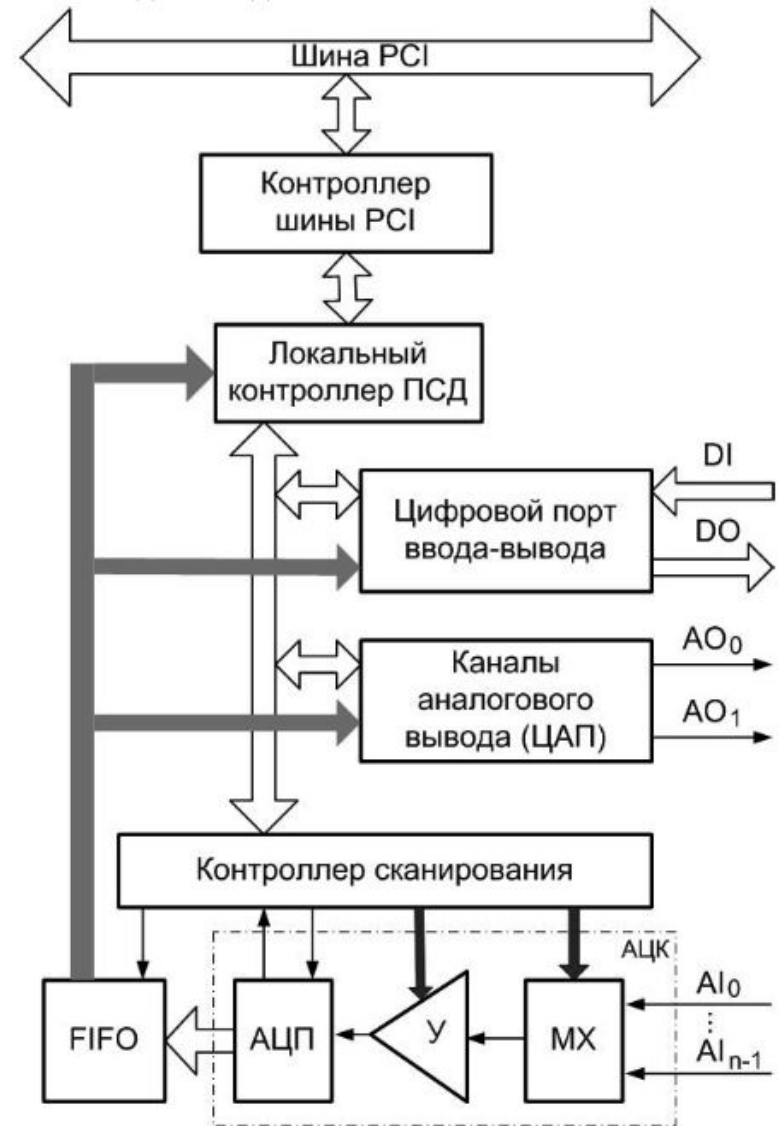


Платы сбора данных серии E
(конструктив: PCI)

Структурная схема ПСД

Многофункциональные ПСД содержат:

- каналы аналогового ввода, включающие аналоговый мультиплексор МХ, инструментальный усилитель У и АЦП;
- каналы аналогового вывода, содержащие цифроаналоговые преобразователи (ЦАП);
- порты цифрового ввода и вывода;
- счетчики-таймеры;
- буферную память (типа FIFO);
- локальный контроллер ПСД;
- контроллер интерфейса или контроллер шины;
- контроллер управления АЦК, называемый также контроллером сканирования.



Подсистемы ПСД

Каналы аналогового ввода

Большое число аналоговых входов $A_0...A_n$ в ПСД ($n=16...32$) достигается благодаря применению аналогового мультиплексора MUX при одном усилителе входного аналогового сигнала и АЦП.

При измерении параметров нескольких сигналов производят сканирование нужных аналоговых входов в определенной последовательности, что задается программированием контроллера сканирования. Кроме того, контроллер сканирования устанавливает нужный коэффициент усиления усилителя, устанавливая тем самым и рабочий диапазон входных напряжений, а также управляет работой АЦП.

Оцифрованные данные с выхода АЦП могут записываться в память FIFO до тех пор, пока не наберется массив нужной размерности, который затем считывается в оперативную память ПК для последующей обработки программой пользователя.

Подсистемы ПСД (продолжение)

Каналы аналогового вывода

В состав ПСД обычно входят два канала аналогового вывода, содержащие цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), с помощью которых при необходимости можно формировать два различных измерительных сигнала на выходах АО0 и АО1.

Для непрерывной генерации измерительных сигналов каналы аналогового вывода также могут оснащаться **памятью с циклической организацией**, в которую записываются значения отсчетов выходных сигналов.

Благодаря имеющейся аппаратной поддержке программа пользователя не нужно осуществлять постоянное управление генерацией сигналов. Она осуществляет предварительное конфигурирование режимов работы ЦАП и следит за изменениями режимов их работы в соответствии с алгоритмом работы системы.

Подсистемы ПСД (продолжение)

Цифровой порт ввода-вывода

С помощью цифрового порта ввода-вывода осуществляется обмен данными с внешним устройством или устройствами. Число цифровых входов в шине DI и выходов в шине DO в различных платах составляет от 8 до 64.

Каждая линия цифрового порта ввода-вывода может быть настроена либо на ввод, либо на вывод.

Локальный контроллер

Локальный контроллер осуществляет управление и синхронизацию аппаратных средств ПСД. В составе локального контроллера обязательно имеется кварцевый генератор и таймер-счетчик, позволяющие вырабатывать сигналы для задания определенной частоты дискретизации при аналоговом вводе-выводе.

В некоторых ПСД имеются также **счетчики-таймеры** для счета количества импульсов внешних сигналов или определения их периода.

Связь с шиной ПК осуществляется при помощи **контроллера шины** (в данном случае - шины PCI).

Характеристики аналогового ввода

		Серия М	Серия Е
Аналоговый ввод	Число каналов	16 или 32	16 или 64
	Частота оцифровки	До 1.25 МГц (16 бит)	До 1.25 МГц (12 бит)
	Разрешение	16 или 18 бит	12 или 16-бит
	Метод калибровки	NI-MCal (во всех диапазонах)	Линейная, по 2 точкам (один диапазон)
	Программируемые входные фильтры низких частот	Да	Нет

Технология NI-MCal использует методику широтно-импульсной модуляции совместно с высокоточным стабилизированным источником питания.

Контролируя скважность импульсов на выходе широтно-импульсного модулятора, NI-MCal управляет величиной опорного напряжения на выходе калибровочного источника питания, что позволяет осуществлять калибровку устройства по многим точкам.

В результате полученные калибровочные константы сохраняются в ПЗУ, расположенном на плате сбора данных, и используются для учета нелинейности отклика АЦП и корректировки результатов измерений.

Характеристики аналогового вывода

		Серия М	Серия Е
Аналоговый вывод	Число каналов	0, 2 или 4	0 или 2
	Частота оцифровки	До 2.8 МГц, 16 бит	До 333 кГц, 16 бит
	Разрешение	16 бит	12 или 16 бит
	Диапазон	Программируемый на канал	± 10 В
	Смещение	Программируемое на канал	0

Характеристики цифрового ввода-вывода

		Серия М	Серия Е
Цифровой ввод-вывод	Число входов- выходов	24 или 48	8 или 32
	Частота тактирования	10 МГц, аппаратно- тактируемый ввод- вывод	Статические линии, программно-тактируе- мый ввод-вывод
	Коррелированный ввод/вывод	Да	Нет
	Защита	Да	Нет

Характеристики таймеров и системы

		Серия М	Серия Е
Счетчики-таймеры	Число счетчиков-таймеров	2	2
	Разрешение	32-бит	24-бит
	Опорная частота	80 МГц	20 МГц
	Фильтры скачков сигнала	Программируемые на канал	Нет
Система	Синхронизация	PLL, RTSI	RTSI
	Число каналов DMA	6	1 или 3
	Тип разъема	VHDCI (высокой плотности)	SCSI II

PLL (phase-locked loop: фазовая синхронизация), умножитель частоты — аналого-цифровой блок, генерирующий такты внутренней синхронизации путем умножения опорной частоты на задаваемый множитель.

RTSI - внутренняя шина синхронизации, используемая для совместного доступа и обмена тактирующими и управляющими сигналами среди нескольких плат сбора данных.

Многофункциональные модули сбора данных

Среди многофункциональных модулей сбора данных наиболее широко распространены модули, имеющие интерфейс USB. Их преимущество состоит от отсутствия отдельного источника питания для этого устройства, так как питание осуществляется от порта USB.

Параметр	DAQPad-6015	DAQPad-6016	USB6008	USB6009
Количество аналоговых входов	16	16	8	8
Разрядность АЦП	16 бит	16 бит	12 бит	14 бит
Максимальная частота дискретизации АЦП	200 кГц	200 кГц	10 кГц	48 кГц
Количество аналоговых выходов	2	2	2	2
Разрядность ЦАП	16 бит	16 бит	12 бит	12 бит
Частота обновления ЦАП	300 Гц	300 Гц	150 Гц	150 Гц
Диапазон напряжений выходных сигналов	± 10 В	± 10 В	0...+5 В	0...+5 В
Количество цифровых линий ввода-вывода	8	32	24	24
Частота работы 32-битного счетчика	2, 2 МГц	2, 2 МГц	5 МГц	5 МГц

Модульные виртуальные приборы

Технология модульных виртуальных приборов объединяет в себе высокоточное высокоскоростное измерительное оборудование и программное обеспечение, оптимизированное для сбора и анализа результатов измерений. Платформа модульных приборов основана на использовании компактного оборудования, функционального программного обеспечения и встроенных систем синхронизации и тактирования, обеспечивающих проведение гибких, точных и высокопроизводительных измерений и тестов.

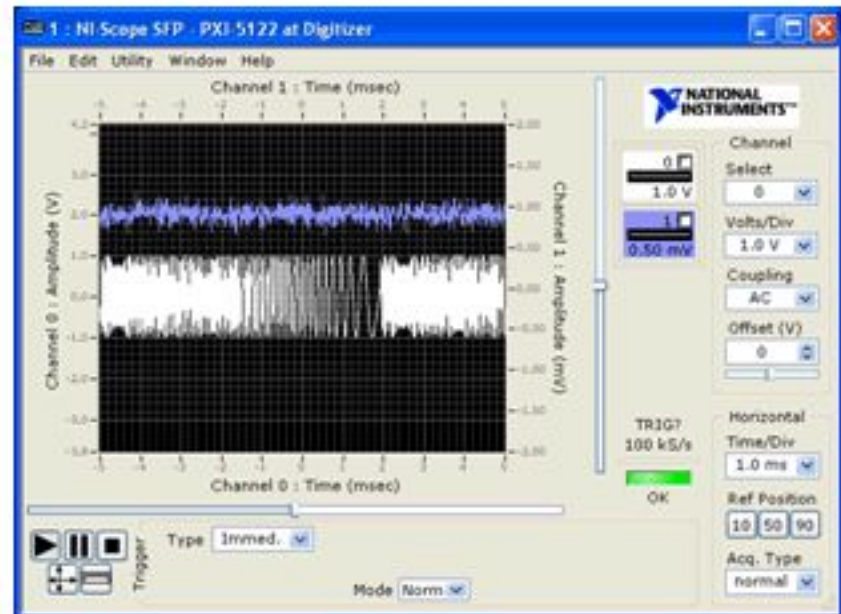
Компания National Instruments выпускает модульные приборы, оснащенные интерфейсами PXI, PCI, PCMCIA и USB и работающие в диапазоне частот сигналов от постоянного тока до радиочастот. Предлагаемые технологии базируются на совместном использовании модулями системных устройств запуска, синхронизации и тактирования, что обеспечивает наиболее точное и гибкое взаимодействие всех компонентов системы.

Используя модульные приборы, разработчик может создавать гибкие, полнофункциональные, реконфигурируемые тестовые *измерительные системы на основе одного компьютера*. Иногда такие системы называют *виртуальными измерительными лабораториями*. Данные ИС могут полностью отвечать насущным потребностям пользователей, а в случае необходимости функциональность системы может меняться путем изменения программного обеспечения.

Виртуальный осциллограф NI 5102-PCI

Виртуальный цифровой осциллограф NI 5102-PCI имеет следующие характеристики:

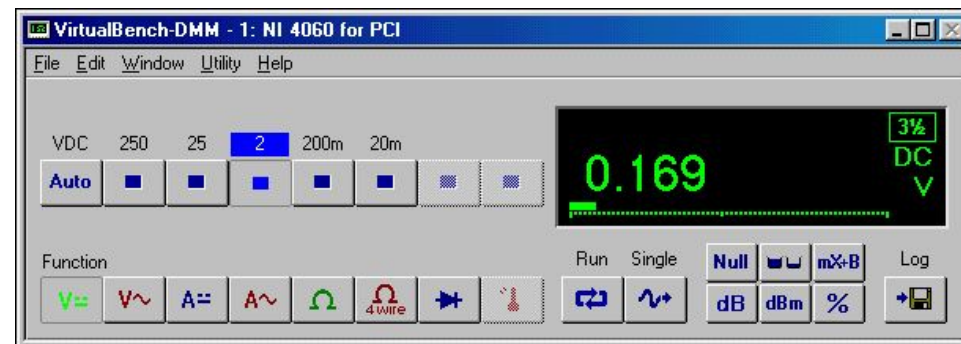
- шина PCI; -два независимых канала с 8-ми битным разрешением;
- частота дискретизации на один канал до 20 МГц в режиме реального времени;
- частота дискретизации в стробоскопическом режиме 1 ГГц;
- полоса пропускания 15 МГц;
- диапазон входного напряжения исследуемого сигнала от ± 50 мВ до ± 5 В;
- память 663000 точек отсчета.



Виртуальный мультиметр NI 4060-PCI

Виртуальный мультиметр NI 4060-PCI имеет следующие характеристики:

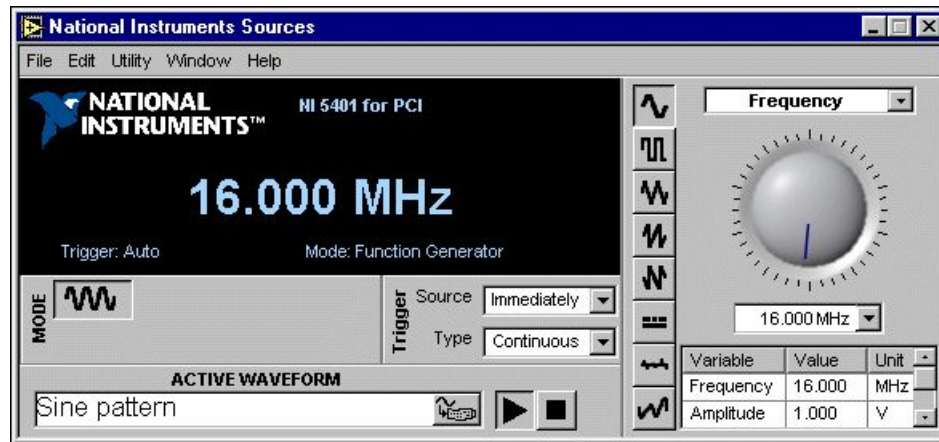
- шина PCI;
- 5,5-знаковый цифровой отсчет;
- диапазон измерений напряжений на постоянном и переменном токе от 20,0000 мВ до 250,000 В;
- диапазон измерений силы токов на постоянном и переменном токе от 20,0000 мА до 10,0000 А;
- измерение сопротивлений до 200 МОм;
- двух- и четырехпроводная схемы измерения сопротивлений;
- производительность 60 измерений в секунду;
- возможность калибровки нуля и автоматическое определение выхода за пределы измерения.



Виртуальный генератор NI 5401-PCI

Виртуальный генератор произвольной формы NI 5401-PCI имеет следующие характеристики:

- шина PCI;
- 1 канал;
- максимальная частота синусоиды 16 МГц;
- максимальная частота прямоугольных импульсов 1 МГц;
- максимальная частота треугольных импульсов 9,31 МГц;
- разрешение по амплитуде 12-бит;
- внутренняя развертка по частоте;
- четыре линии синхронизации;
- 16 Кбайт память для генерации сигнала произвольной формы.



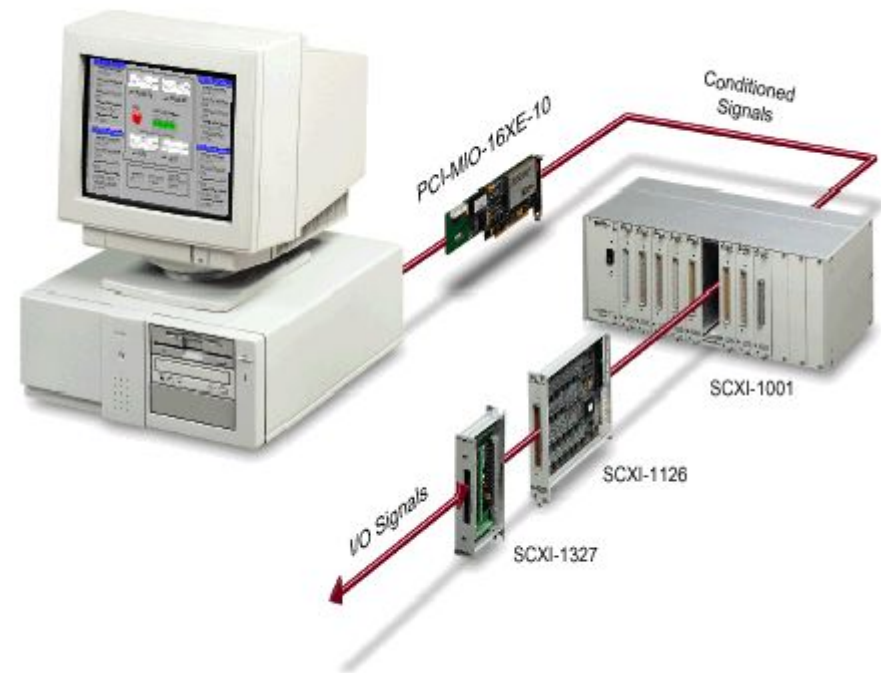
ИС на основе персонального компьютера

Измерительные системы на основе персонального компьютера наиболее часто встречаются при проведении научно-исследовательских работ и в учебном процессе. Такие системы сравнительно просты.

К системам на основе ПК относится система SCXI. В шасси устанавливаются модули нормализации сигналов нужного состава и количества, а в системный блок компьютера - ПСД.

К входам модулей нормализации подключаются датчики. Выходы шасси SCXI подключаются к входам ПСД.

На ПК устанавливается либо готовое программное обеспечение, либо программное обеспечение создается путем программирования на высоком уровне (например, в среде LabVIEW). При функционировании системы ПСД производит сбор измерительной информации. В компьютере измерительная информация соответствующим образом обрабатывается, а результаты обработки отображаются на экране монитора ПК



ИС на основе промышленного компьютера

При использовании термина «промышленный компьютер» обычно имеют в виду универсальное высокопроизводительное аппаратное средство, содержащее в своем составе набор устройств, характерных для персонального компьютера. Понятие «промышленный» означает, что данное изделие:

- может работать в широком диапазоне рабочих температур (от 0° до +60 °С в некоторых случаях - от -60 °С до +85 °С);
- устойчиво к высокой влажности (5...95)%;
- имеет гарантированную устойчивость к вибрациям и ударам до 0,25g в диапазоне (5... 15) Гц, до 2,5g в диапазоне (15...500) Гц.
- обладает высокой надежностью;
- способно подавлять помехи, проникающие по цепям питания;
- имеет защиту от воздействия атмосферы и электромагнитных полей;
- имеет пониженное потребление;
- рассчитано на долгие сроки непрерывной эксплуатации.

ИС на основе промышленного компьютера

В промышленных компьютерах из-за соображений повышения надежности материнские платы используются редко, хотя материнские платы промышленного исполнения существуют.

Основу промышленных компьютеров и производительных контроллеров составляют **процессорные и периферийные платы расширения**, которые устанавливаются для построения системы на *пассивную объединительную плату (кросс-плату)*, отличающуюся высокой прочностью. Такое конструкторское решение большей гибкостью при ремонте и модернизации, чем использование обычной материнской платы в офисном компьютере. Количество плат расширения большое - до 20 штук.



Промышленный системный блок **iROBO 4U/19"**



Промышленный монитор (Advantech AWS-825)

ИС на основе платформы PXI

Платформа PXI (*PCI eXtension for Instrumentation*) основана на широко распространенном стандарте CompactPCI и обеспечивает эффективное взаимодействие с тысячами модулей CompactPCI.

PXI представляет собой надежную платформу с фронтальной установкой модулей в кейт и встроенными возможностями синхронизации и тактирования отдельных устройств, специально разработанными для решения задач тестирования и измерений.

PXI является международным стандартом, поддерживаемым более чем 60 производителями оборудования, в рамках которого разработано свыше 1200 различных продуктов. Высокая производительность и малый размер основанных на технологии PXI систем сделали эту платформу одной из наиболее быстро развивающихся в технологии тестирования и измерений.



Модули PXI

Измерительные модули позволяют выполнять с высокой точностью измерения сигналов с частотами до 2,7 ГГц. Для высокоточного 24-битного преобразования используются дельта-сигма АЦП.

Семейство модулей PXI содержит:

- высокоточные осциллографы (сигналы: до 200 МГц с разрешением до 24 бит; до 5 ГГц с разрешением 8 бит);
- генераторы сигналов (до 200 МГц с разрешением до 16 бит);
- цифровые генераторы и анализаторы (до 400 Мбит/с);
- цифровые мультиметры (до 7-8 знаков);
- генераторы и анализаторы высокочастотных сигналов (до 2,7 ГГц);
- анализаторы динамических сигналов (до 200 кГц с разрешением до 24 бит);
- коммутаторы (мультиплексоры, матричные и универсальные модули реле)



Модули PXI (продолжение)



Контроллер:

- Процессор Intel Core i7-3610QE, частота 2,3 ГГц (3,3 ГГц в режиме Turbo Boost)
- Полоса пропускания шины – до 8 ГБ/с
- Объем ОЗУ 16 ГБ DDR3 RAM 1600 MHz
- 2 порта USB 3.0, 4 порта USB 2.0, 2 порта Ethernet 1 Гбит, 1 порт GPIB
- поддержка ОС реального времени LabVIEW RT.



Генератор сигналов произвольной формы:

- 2 выходных канала
- Разрядность ЦАП 16 бит
- Аппаратная синхронизация
- Частота дискретизации 400 МГц
- Объем памяти для записи сигнала 2ГБ
- Максимальное выходное напряжение 2,5 В
- Диапазон частот выходного сигнала 1 мГц – 145 МГц
- Форма сигнала: стандартные функции, произвольная форма, стандартные виды модуляции (AM, ЧМ, ФМ, ИМ, квадратурная)

Модули PXI (продолжение)



Цифровой осциллограф 3 ГГц:

- 2 входных канала
- Разрешение 8 бит
- Частота дискретизации 12,5 ГГц
- Полоса пропускания 3 ГГц
- Входное сопротивление: 50 Ом
- Объем встроенной памяти 512 МБ на каждый канал
- Максимальное входное напряжение 0,5 В



Цифровой осциллограф 6 МГц:

- 2 входных канала
- Разрешение 24 бита
- Частота дискретизации 15 МГц
- Полоса пропускания 6 МГц
- Входное сопротивление: 50 Ом, 1 Мом
- Объем встроенной памяти 1 ГБ
- Максимальное входное напряжение 42 В
- Чувствительность 0,5 мВ

Модули PXI (продолжение)



Многофункциональный модуль аналогового и цифрового ввода-вывода:

Аналоговый ввод:

- 80 однополярных/40 дифференциальных входов
- Разрешение 16 бит
- Частота дискретизации до 1,25 МГц
- Диапазон входных сигналов ± 10 В

Аналоговый вывод:

- 2 выходных канала
- Разрешение 16 бит
- Частота дискретизации до 2,86 МГц
- Диапазон входных сигналов ± 10 В

Цифровой ввод-вывод

- 24 двунаправленных канала
- Логические уровни ТТЛ
- Максимальная тактовая частота 10 МГц

Модуль ввода-вывода цифровых сигналов:

- 96 цифровых двунаправленных каналов
- Логические уровни ТТЛ/КМОП
- Частота переключения 10 МГц
- Выходной ток ± 24 мА



ИС на основе платформы NI CompactRIO

Аппаратная платформа *NI CompactRIO* позволяет строить более простые и малогабаритные системы измерения и управления реального времени, которые требуют меньших вычислительных ресурсов, чем VXI и PXI системы. Однако платформа обеспечивает высокую производительность и надежность. Открытая встраиваемая архитектура, компактность, исключительная механическая прочность и возможности быстрого подключения модулей ввода-вывода делают NI CompactRIO прекрасным решением промышленных и учебных задач.

Технология реконфигурируемого ввода-вывода (*reconfigurable input/output - RIO*) предоставляет возможность создания на аппаратном уровне измерительной системы, используя программируемые логические интегральные схемы (*ПЛИС, FPGA*) и средства среды графического программирования LabVIEW.

Основной составной частью системы CompactRIO является высокопроизводительный контроллер реального времени. Эти контроллеры, встраиваемые в шасси, разработаны специально для задач, требующих высокий уровень надежности, прочности и низкого энергопотребления исполнительных систем, питаются от внешнего источника питания с постоянным напряжением от 9 В до 35 В и способны работать при температурах от -40 °С до +70 °С

Модули NI CompactRIO



Шасси с контроллером NI cRIO-9082 RT:

- Процессор 1.33 GHz dual-core Intel Core i7
- Полоса пропускания шины – до 8 ГБ/с- Объем ОЗУ 2 ГБ DDR3 RAM 800 MHz
- 32 Гб энергонезависимой памяти;
- 4 порта USB 3.0, 4 порта USB 2.0, 2 порта Ethernet 2 Гбит, 2 порта RS-232
- поддержка ОС реального времени LabVIEW RT

Модули NI CompactRIO



Источник питания:

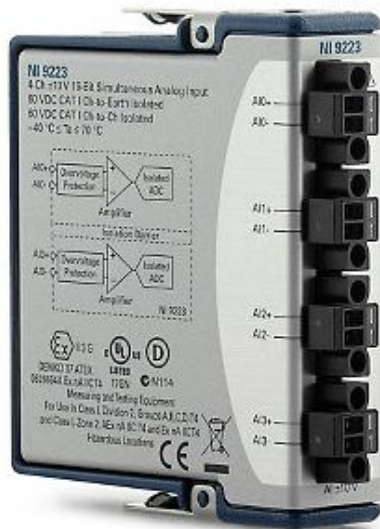
- 24 VDC, 5 A, 100-120/200-240 VAC Input



Модуль ввода напряжения :

- 4 канала
- Программируемые диапазоны входных напряжений ± 200 mV, ± 1 V, ± 5 V, and ± 10 V;
- 16 разрядов АЦП,
- Частота дискретизации 250 кГц ;
- Изоляция 600 V постоянного тока

Модули NI CompactRIO



Модуль высокоскоростного ввода напряжения :

- 4 канала
- Диапазон входных напряжений ± 10 V;
- 16 разрядов АЦП,
- Частота дискретизации 1 МГц на канал ;
- Изоляция 60 V постоянного тока



Модуль ввода тока:

- 8 входных каналов;
- диапазон входных сигналов - ± 20 mA, 0 to 20 mA
- 16- разрядный АЦП;
- частота дискретизации - 200 кГц

Модули NI CompactRIO



Модуль ввода сигналов с термопары :

- 4 термопарных входа или входа напряжений ± 80 mV ;
- 24-разрядный АЦП;
- Фильтрация сетевых помех 50/60 Гц.



Модуль ввода сигналов с акселерометров и микрофонов:

- 4 входа ± 5 V;
- Частота дискретизации 51.2 кГц;
- 24-разрядный АЦП с динамическим диапазоном 102 dB;
- антиаласинговый фильтр.

Модули NI CompactRIO



Модуль ввода-вывода цифровых сигналов:

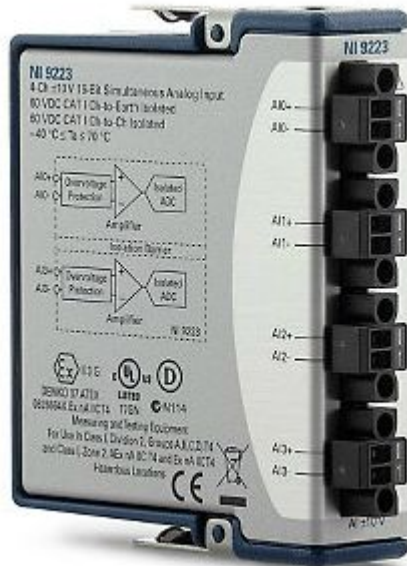
- 8 программируемых входов-выходов;
- ТТЛ уровни;
- Минимальный тактовый период -100 ns.



Модуль вывода на реле:

- 8 твердотельных реле;
- Коммутируемые напряжения до 60 В постоянного тока и до 30 В переменного тока;
- Коммутируемый ток до 750 мА.

Модули NI CompactRIO



Модуль ввода сигналов с термосопротивлений:

- 4 канала;
- 100 Ω RTD;
- 24-разрядный АЦП;
- Фильтр помех 50/60 Hz;
- Трех и четырех проводное подключение;
- Частота дискретизации до 400 Гц.



Модуль мостовых измерений:

- 4 канала одновременного ввода;
- Входной диапазон ± 25 mV/V;
- 24-разрядный АЦП;
- Частота дискретизации 50 кГц.

Драйвера NI-DAQmx

Все аппаратные средства поставляемые компанией National Instrument имеют *драйвера*, то есть низкоуровневый программный код, обеспечивающий взаимодействие прикладного программного обеспечения, разработанного в среде LabVIEW с аппаратурой. Эти драйвера собраны в единый пакет, имеющий название NI-DAQmx. Драйвера NI-DAQmx устанавливаются по умолчанию в процессе установки LabVIEW.

Между NI-DAQmx и LabVIEW функционирует связывающая программа, называемая MAX (**M**eaurement and **A**utomation **E**xplorer) программа анализа измерений и автоматизации), рис. 10.26. MAX является программным интерфейсом Windows, который дает возможность доступа ко всем устройствам сбора данных, установленным в системный блок или подключенным к ПК через стандартный интерфейс (GPIB, RS-232, USB).

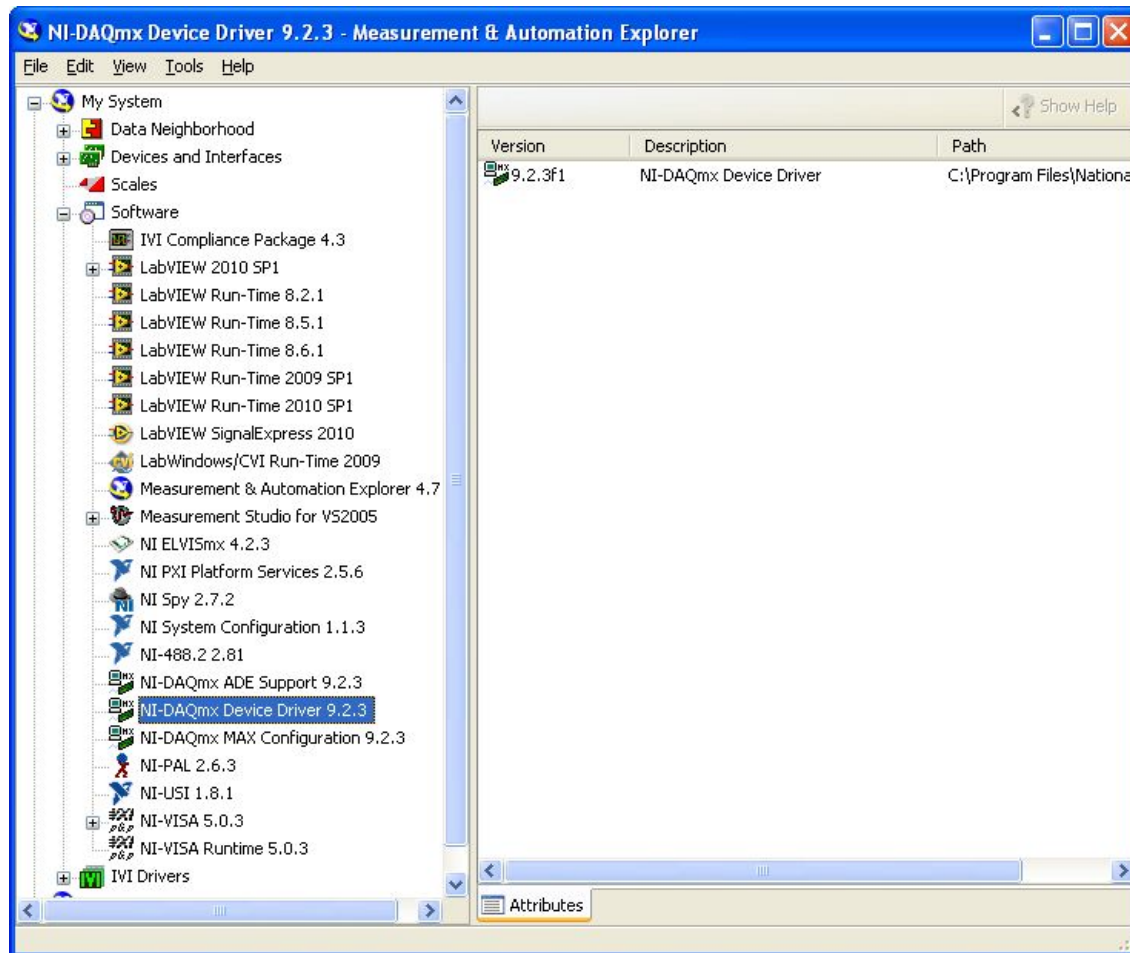
MAX используется в основном для конфигурации и тестирования аппаратной части. Это необходимо сделать перед тем, как использовать устройство в LabVIEW. MAX устанавливается по умолчанию во время установки LabVIEW. После установки на Рабочем столе Windows появляется иконка MAX



Measurement
& Automation

Настройка приборов NI-DAQmx в MAX

С помощью MAX легко проверить наличие драйверов NI-DAQmx в компьютере. В окне настройки MAX выберите пункт My System » Software » NI-DAQmx. В правом окне свойств будет версия NI-DAQmx. В разделе **Software** показаны все установленные программные продукты NI

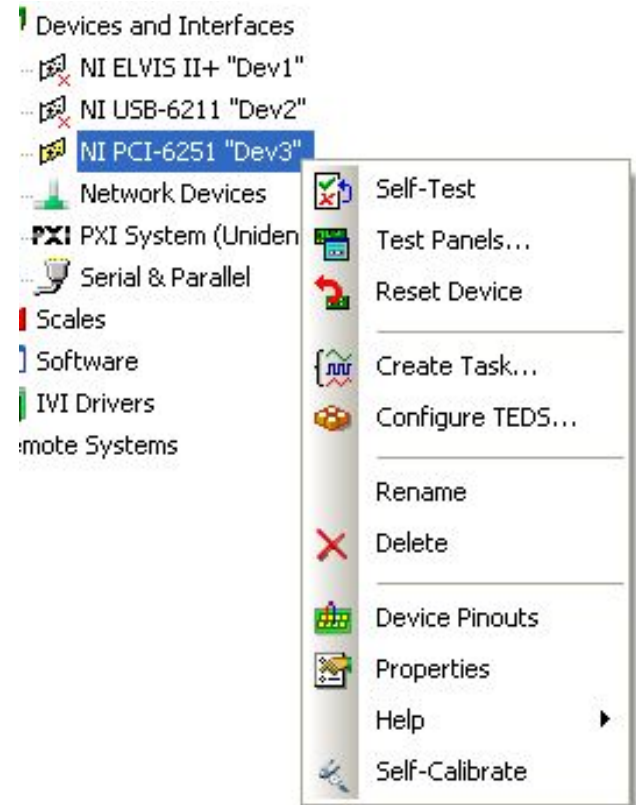


Контекстное меню NI-DAQmx прибора

В контекстном меню NI-DAQmx прибора есть следующие опции:

- **Self-Test** автоматическая проверка, запускает краткий тест ресурсов прибора и в конце отображает результаты теста.
- **Test Panels** - панели настройки каналов аналогового и цифрового ввода/вывода, счетчика прибора сбора данных. Это очень мощное средство отладки прибора, потому что оно позволяет проверить его функциональность напрямую через MAX.

Если прибор не работает в панели настройки, то он работать не будет ни в какой программе LabVIEW. Если в LabVIEW возникает неизвестная ошибка, связанная с каким-либо прибором, следует проверить его работу с помощью панелей настройки.



Контекстное меню NI-DAQmx прибора

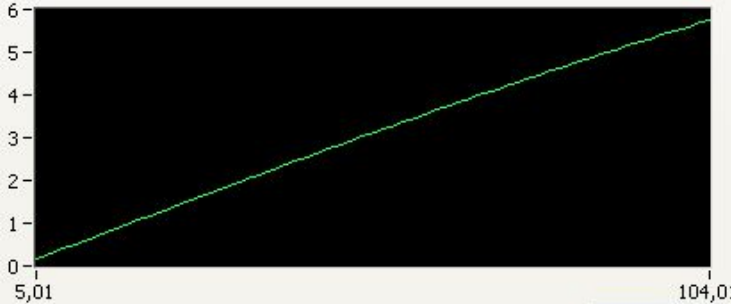
Вкладки Analog Input и Analog Output

Test Panels : NI PCI-6251: "Dev3"

Analog Input Analog Output Digital I/O Counter I/O

Channel Name: Dev3/ai0 Max Input Limit: 10 Rate (Hz): 1000
Mode: On Demand Min Input Limit: -10 Samples To Read: 1000
Input Configuration: Differential

Amplitude vs. Samples Chart Auto-scale chart




Value: 5,75

Test Panels : NI PCI-6251: "Dev3"

Analog Input Analog Output Digital I/O Counter I/O

Channel Name: Dev3/ao0 Max Output Limit: 10 Rate (Hz): 1000
Mode: Sinewave Generation Min Output Limit: -10
Transfer Mechanism: <Default>

Sinewave Amplitude: 1



Frequency (Hz): 1,00000

Контекстное меню NI-DAQmx прибора

Вкладки Digital I/O и Counter I/O

Test Panels : NI PCI-6251: "Dev3"

Analog Input Analog Output **Digital I/O** Counter I/O

1. Select Port

Port Name
port0

2. Select Direction

Port/Line Direction
port0/line0:7

Input (1) port0/line0:7
Output (0)

All Input All Output

port0 Direction
11111111
7 0

3. Select State

Port/Line State
port0/line0:7

High (1)
Low (0)

All High All Low

port0 State
00110110
7 0

Start Stop

Help Close

Test Panels : NI PCI-6251: "Dev3"

Analog Input Analog Output **Digital I/O** Counter I/O

Channel Name
Dev3/ctr0

Frequency
1000

Mode
Pulse Train Generation

Duty Cycle
50

Pulse Terminal
/Dev3/PFI12

Pulse Specification

Time (sec)

Start Stop

Help Close

Контекстное меню NI-DAQmx прибора

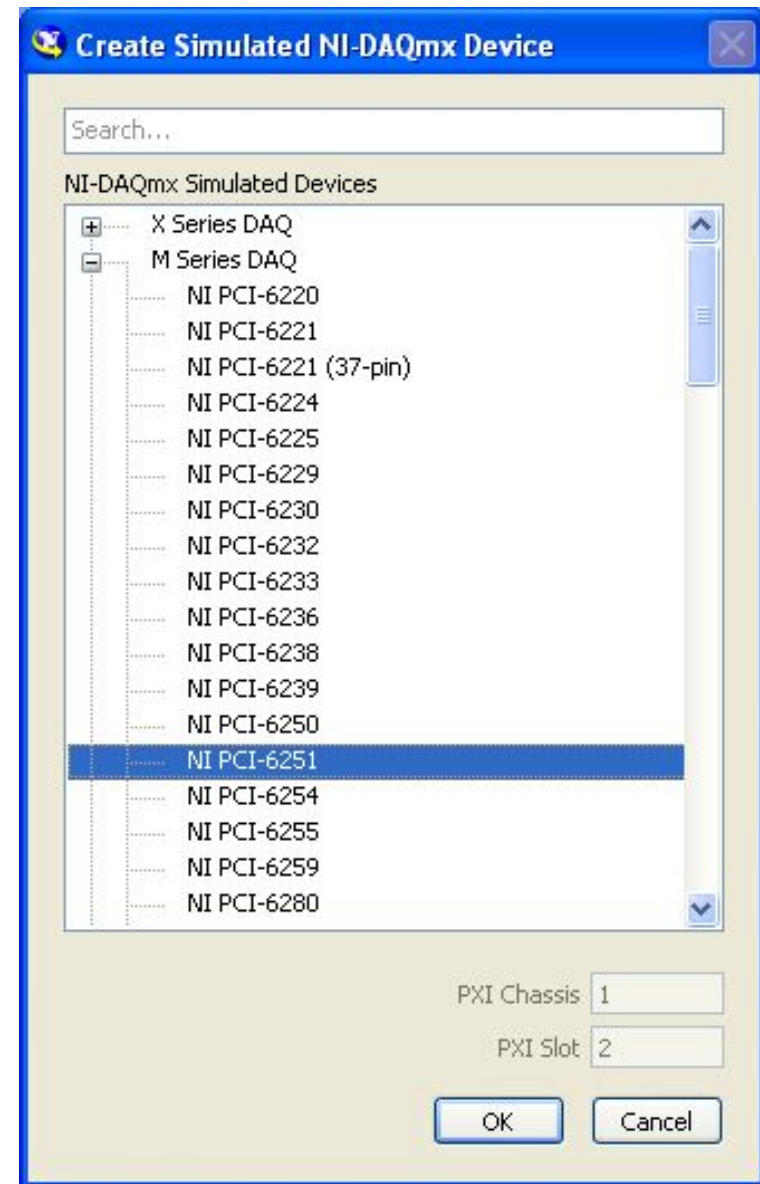
- **Reset Device** - перезагрузить прибор, выполняет программную перезагрузку прибора, что останавливает все текущие задачи и восстанавливает настройки прибора.
- **Create Task** - создать задачу, создает задачу NI-DAQmx.
- **Configure TEDS** - настройка параметров датчиков TEDS, соединенных с прибором сбора данных. TEDS это стандарт IEEE I451.4 для определенных датчиков, которые хранят свои данные калибровки и могут обмениваться этой информацией с компьютером, который проводит измерения.
- **Rename** - переименовать, позволяет вам изменить имя прибора, которое будет определять его в LabVIEW. Имена по умолчанию: «Dev1», «Dev2» и т. д.
- **Delete** - удалить, эта опция активна только для виртуальных, но не для реальных приборов сбора данных.
- **Device Pinouts** - контакты прибора, открывается окно справки NI-DAQmx Device Terminal с номерами контактов прибора.
- **Properties** - свойства, позволяет настроить параметры, уникальные для данного прибора: состояния, параметры RTSI и т. д.
- **Sell-Calibrate** - запускает процедуру самокалибровки на приборах, поддерживающих калибровку.

Имитация измерительных приборов NI-DAQmx

Если в наличии нет требуемого прибора сбора данных, то с помощью MAX можно имитировать прибор сбора данных, настраивать его параметры и считывать с него данные в LabVIEW, совсем как с настоящего. После приобретения требуемого прибора, можно легко перенести MAX-настройки имитированного прибора на реальный.

Чтобы создать имитированный прибор NI-DAQmx, выполните следующие действия.

1. В контекстном меню **Devices and Interfaces** выберите пункт **Create New...**
2. В открывшемся окне выберите пункт **Simulated NI-DAQmx Device or Modular Instrument** и нажмите кнопку **Finish**.
3. В окне выбора прибора, раскрыв группу **M Series DAQ**, выберите NI PCI-6251 и нажмите **OK**.



Настройка сбора данных

Для выполнения почти любого измерения необходимо выполнить три ключевых пункта настройки прибора сбора данных:

- масштабы;
- виртуальные каналы;
- задачи.

Масштабы NI-DAQm.

Масштабы (Scales) задаются для имеющихся виртуальных измерительных каналов. Эта опция иногда необходима для датчиков с не линейными характеристиками. Также она полезна в случаях, когда нужно напрямую измерять величину в действительных единицах измерения (например, температуру), вместо того чтобы преобразовывать напряжение или ток к нужной единице. У каждого масштаба есть свое имя и описание.

Масштаб может быть задан в одном из четырех видов:

- **Линейный (linear)** - масштаб, определяемый формулой $y = mx + b$.
- **В заданном диапазоне (Map ranges)** - пользователь задает две пары координат X, Y вместо указания коэффициентов линейного масштаба.
- **Полиномиальный (polynomial)** - масштаб, определяемый формулой $y = a_0 + a_1*x_1 + a_2*x_2 + \dots + a_n*x_n$.
- **Табличный (table)** - масштаб, заданный в формате таблицы.

Виртуальные каналы NI-DAQmx

Виртуальный канал - это совокупность настроек физического измерительного канала системы. При создании виртуального канала можно задать:

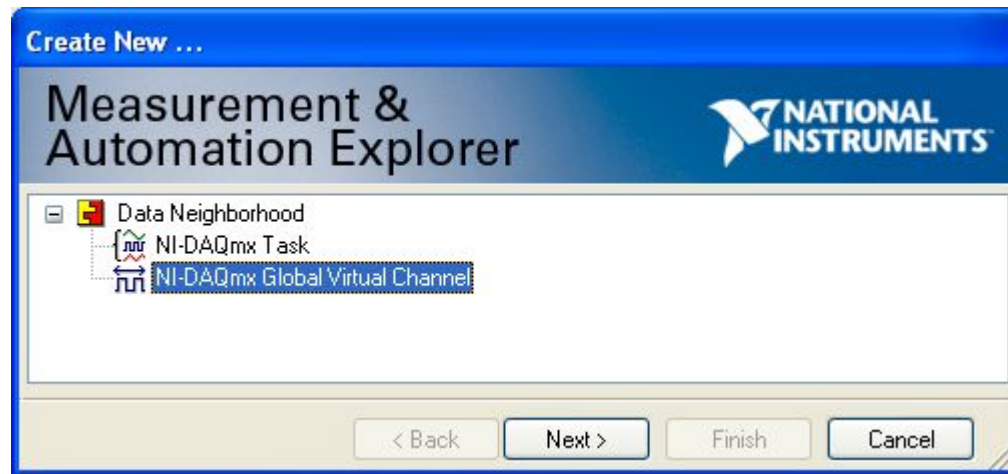
- **тип;**
- **описательное имя;**
- **внести описание канала;**
- **тип используемого преобразователя;**
- **рабочий диапазон входной величины;**
- **выбрать вид заземления;**
- **масштаб;**

Удобство первоначальной настройки виртуальных каналов состоит в том, что в дальнейшем при настройке программного обеспечения можно использовать элементы управления с выпадающим текстовым меню на лицевой панели, которые отображают имена всех существующих виртуальных каналов. В результате выбор нужного канала будет производиться по его имени, а не по номеру. При этом заранее будут известны характеристики выбираемого канала, и отпадает необходимость его дополнительной настройки.

Создание виртуального канала NI-DAQmx

Для того чтобы создать виртуальный канал, нужно:

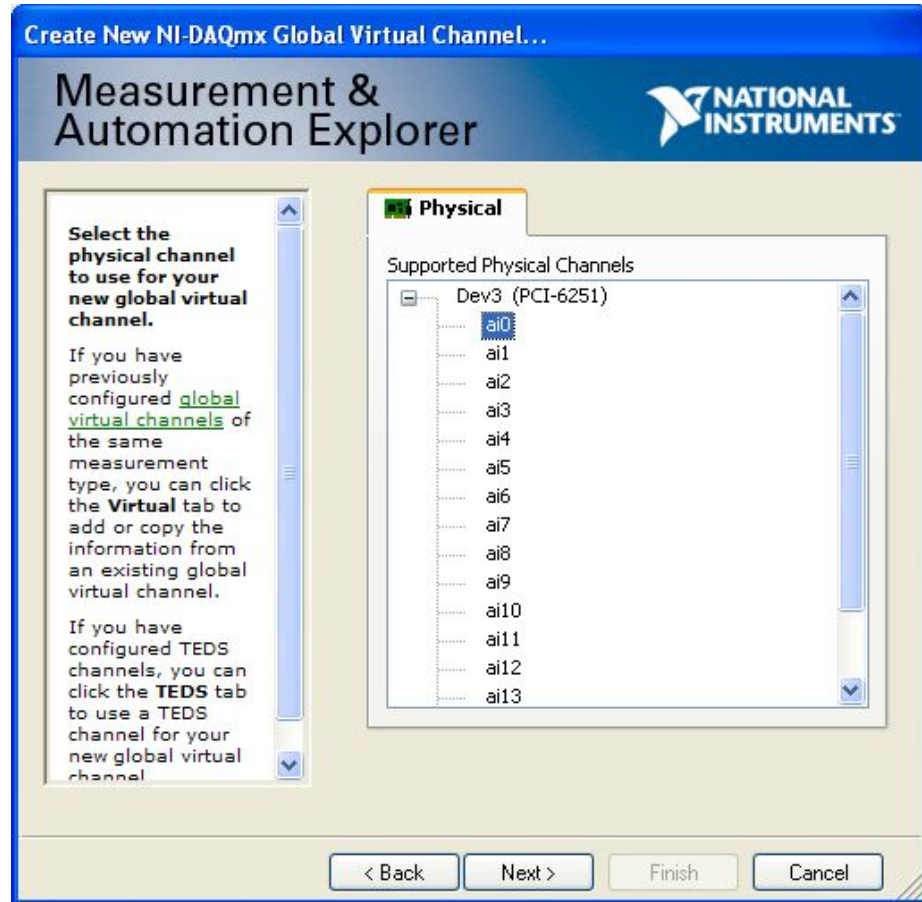
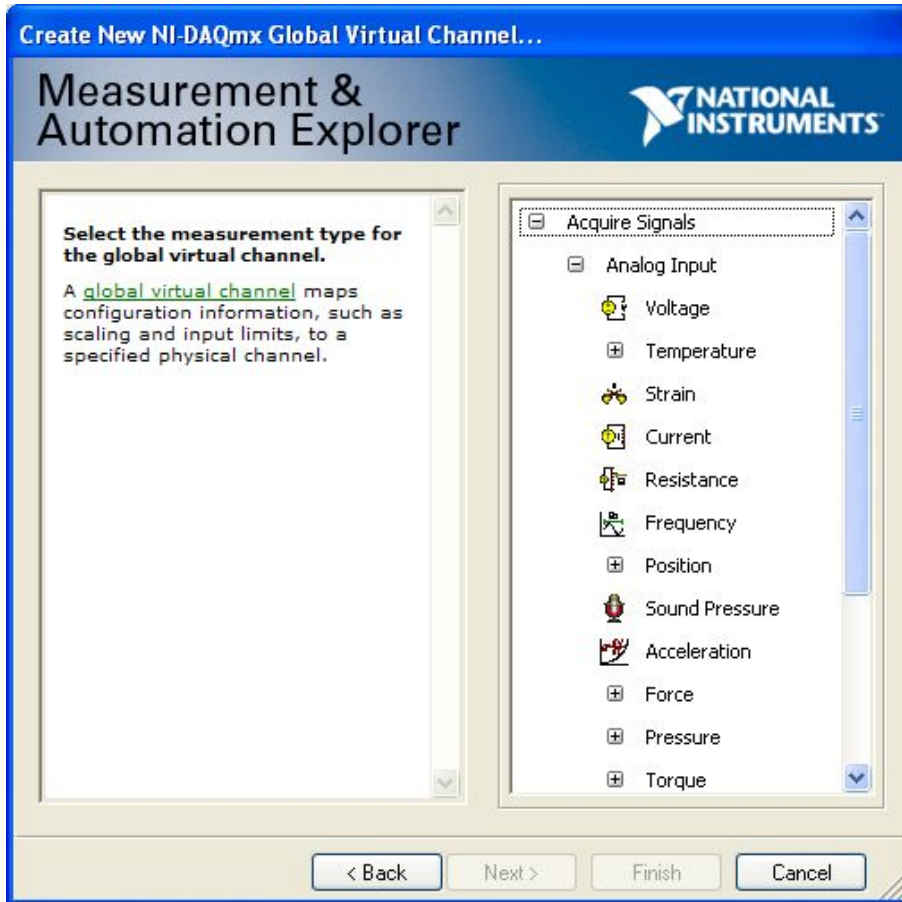
1. Щелкнуть правой кнопкой мыши по иконке **Data Neighborhood** (Окружение данных) в MAX;
2. Выбрать опцию **Create New** (Создать новый).
3. В следующем окне следует выбрать пункт **NI-DAQmx Global Virtual Channel** и нажать **Next**.



4. В последующих окнах нужно задать все требуемые характеристики формируемого виртуального канала.

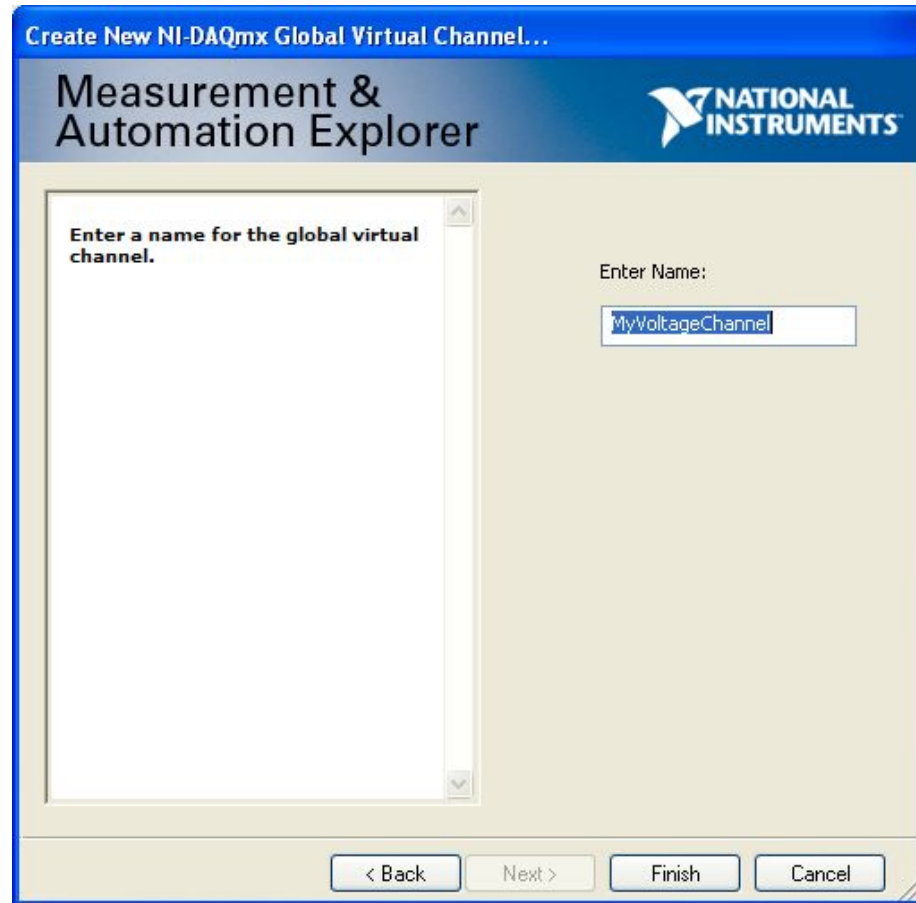
Создание виртуального канала NI-DAQmx

Выбор измеряемой величины и номера физического канала ПСД



Создание виртуального канала NI-DAQmx

Ввод имени виртуального канала



Создание виртуального канала NI-DAQmx

Окно параметров созданного виртуального канала

The screenshot displays the Measurement & Automation Explorer (MAX) interface. The left pane shows a tree view of the system configuration, including 'My System', 'Data Neighborhood', 'NI-DAQmx Global Virtual Channels', and 'MyVoltageChannel'. The main area shows the configuration for the 'MyVoltageChannel'.

The 'Configuration' tab is active, showing the 'Channel Settings' section. The 'MyVoltageChannel' is selected. The 'Voltage Input Setup' section is visible, showing the following settings:

- Signal Input Range: Max: 10, Min: -10
- Scaled Units: Volts
- Terminal Configuration: Differential
- Custom Scaling: <No Scale>

The 'Table' display type is selected, showing the following data:

Channel	Value
MyVoltageChannel	2,789697

The status bar at the bottom shows 'NI-DAQmx Global Channel', 'Description', and 'Connection Diagram'.

Настройки ввода/вывода напряжения

При настройке виртуальных каналов для аналогового ввода/вывода важно понимать факторы, влияющие на поведение АЦП и ЦАП. В большинстве плат эти параметры устанавливаются программно (при настройке виртуального канала или задачи сбора данных). Можно настроить диапазон, режим ввода, полярность и т. д., например, на платах серии М доступны следующие параметры:

Входной диапазон АЦП (ADC Input Range)	Однополярный 0-10 В
	Биполярный ± 5 В
	Биполярный ± 10 В (по умолчанию)
Входной режим АЦП (ADC Input Mode)	С общим заземленным проводом
	С общим незаземленным проводом
	Дифференциальный (по умолчанию)
Опорный ЦАП (DAC Reference)	Внутренний (по умолчанию)
	Внешний
Полярность ЦАП (DAC Polarity)	Однополярный - чисто двоичный режим
	Биполярный - поразрядное дополнение до двух (по умолчанию)

Задачи NI-DAQmx

Под **Задачей (Task)** в LabVIEW понимается измерительная процедура, для реализации которой необходимо:

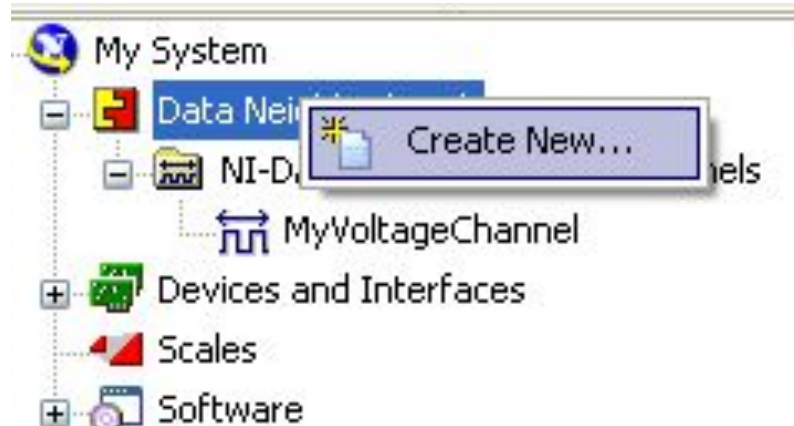
- **подготовить необходимое количество виртуальных каналов,**
- **задать режимы запуска и синхронизации процессов получения и преобразования сигналов,**
- **определить частоты дискретизации измерительных сигналов и т.д.**

Задачи можно создавать в MAX. После настройки задачи ее можно использовать из LabVIEW в процессе разработки прикладного программного обеспечения.

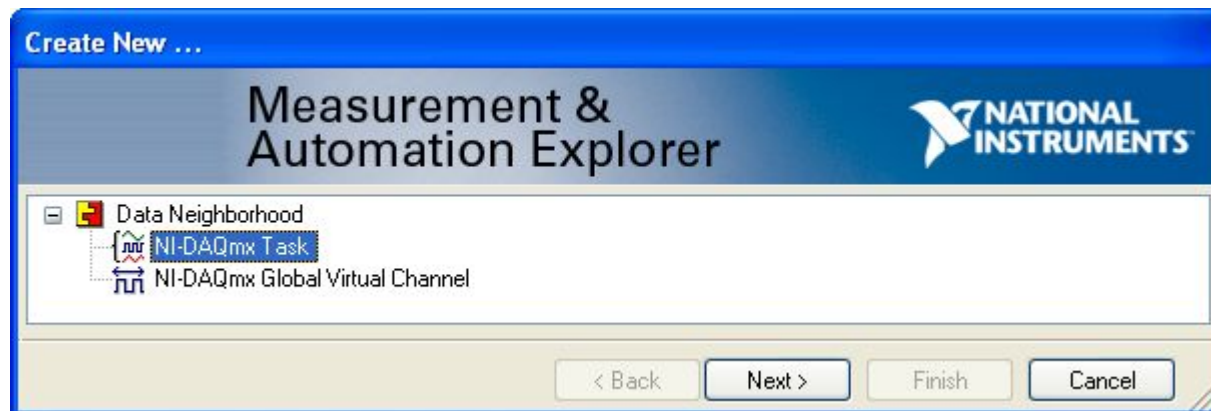
Создание Задачи

Чтобы создать задачу в MAX, нужно:

1. В контекстном меню **Data Neighborhood** выберите пункт **Create New...**

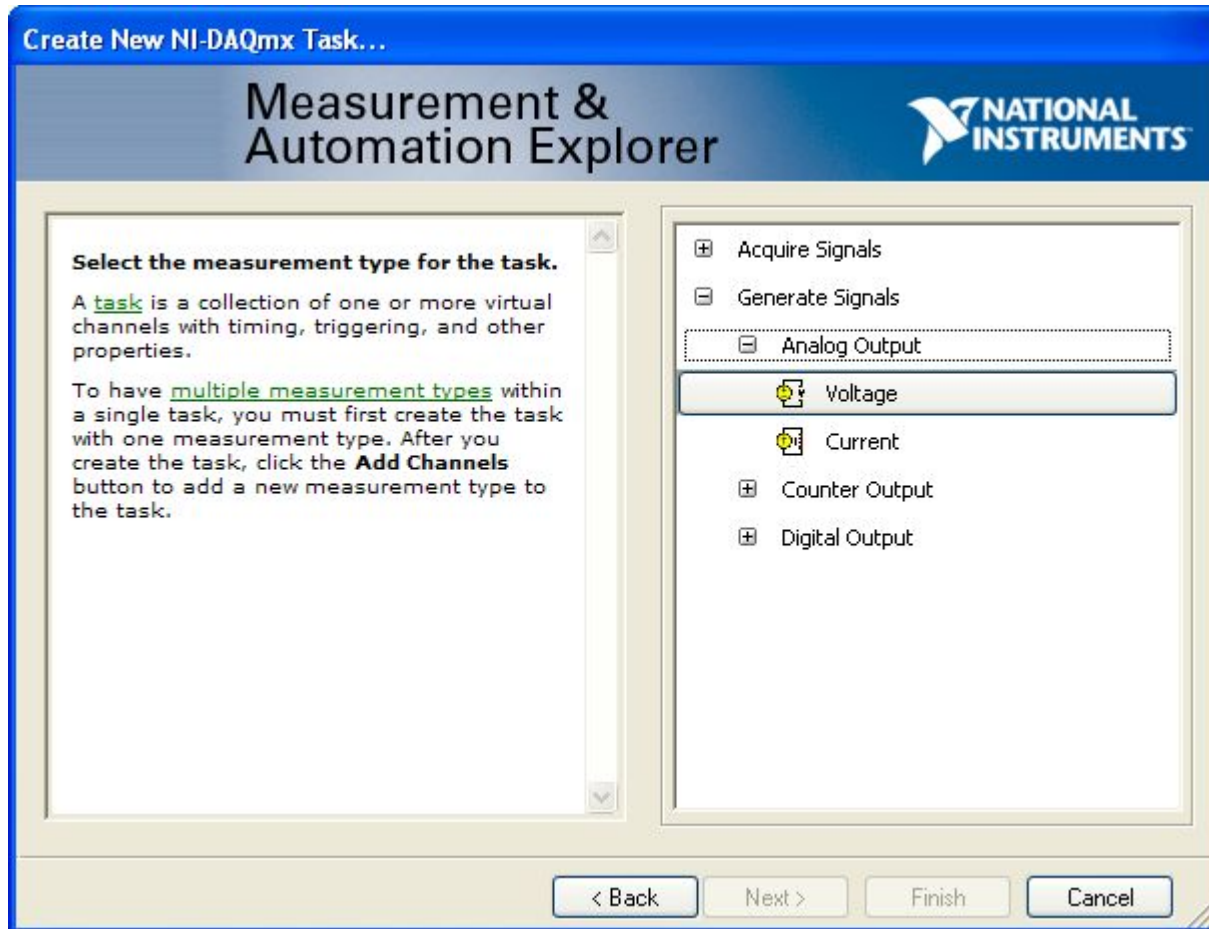


2. В открывшемся диалоговом окне выбрать строку **NI-DAQmx Task** и нажать **Next**.



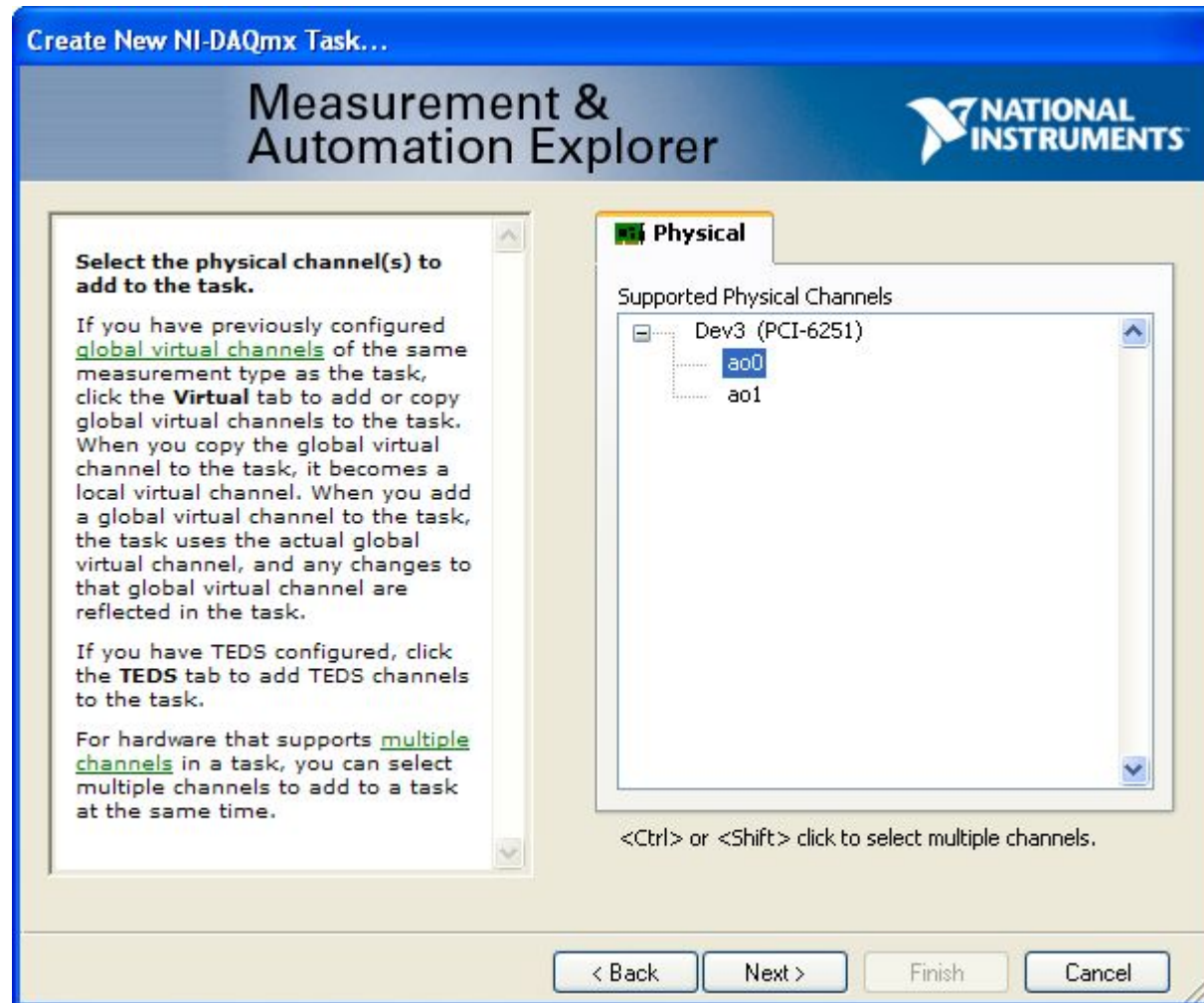
Создание Задачи

3. Выбрать тип измерений.



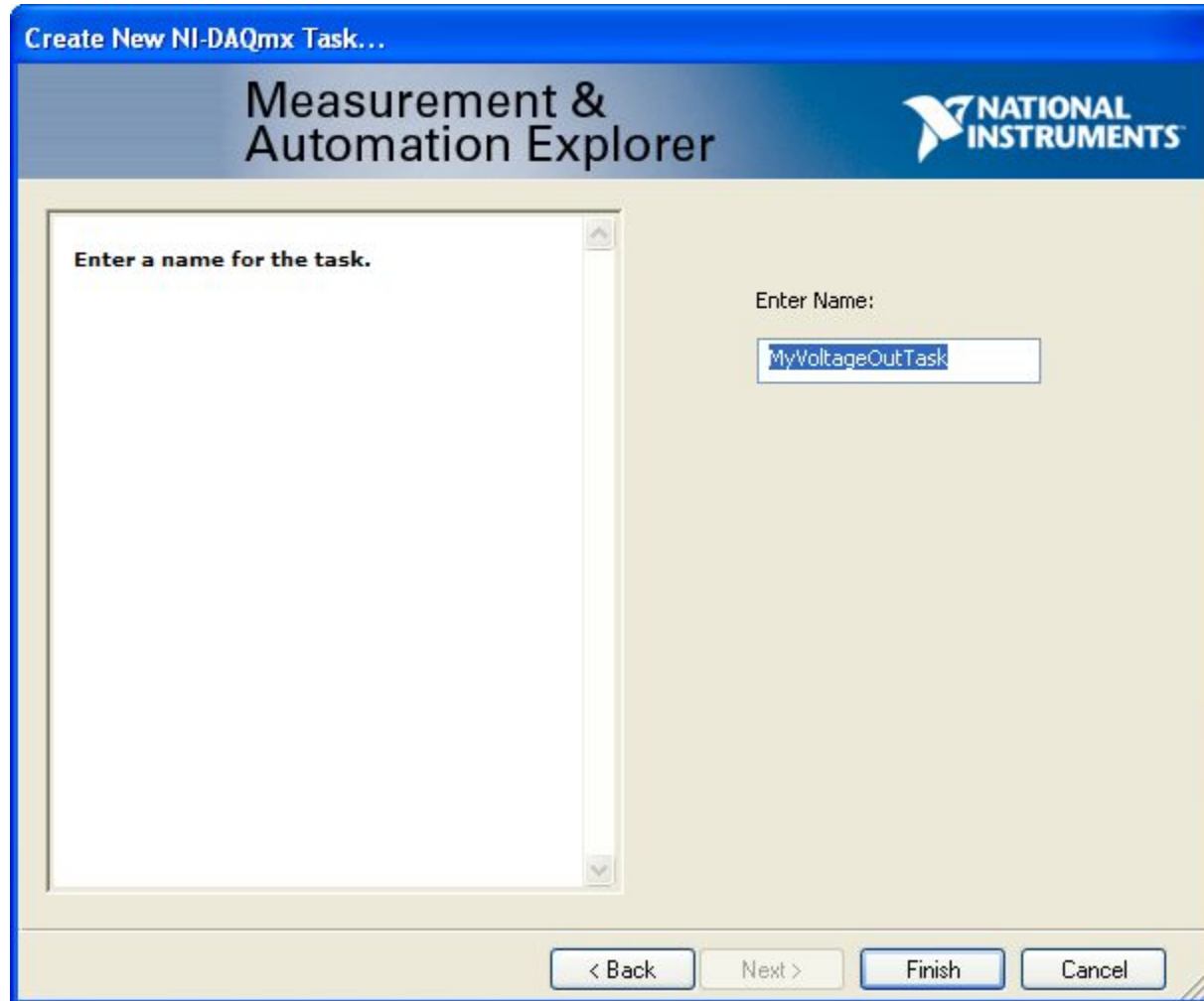
Создание Задачи

4. Выбрать один или несколько (удерживая нажатой кнопку Ctrl) физических каналов из списка приборов и каналов, которые поддерживают выбранный тип измерения.



Создание Задачи

5. Задать имя задачи (предлагаемое по умолчанию имя можно будет изменить позже) и нажать кнопку **Finish** для завершения



Создание Задачи

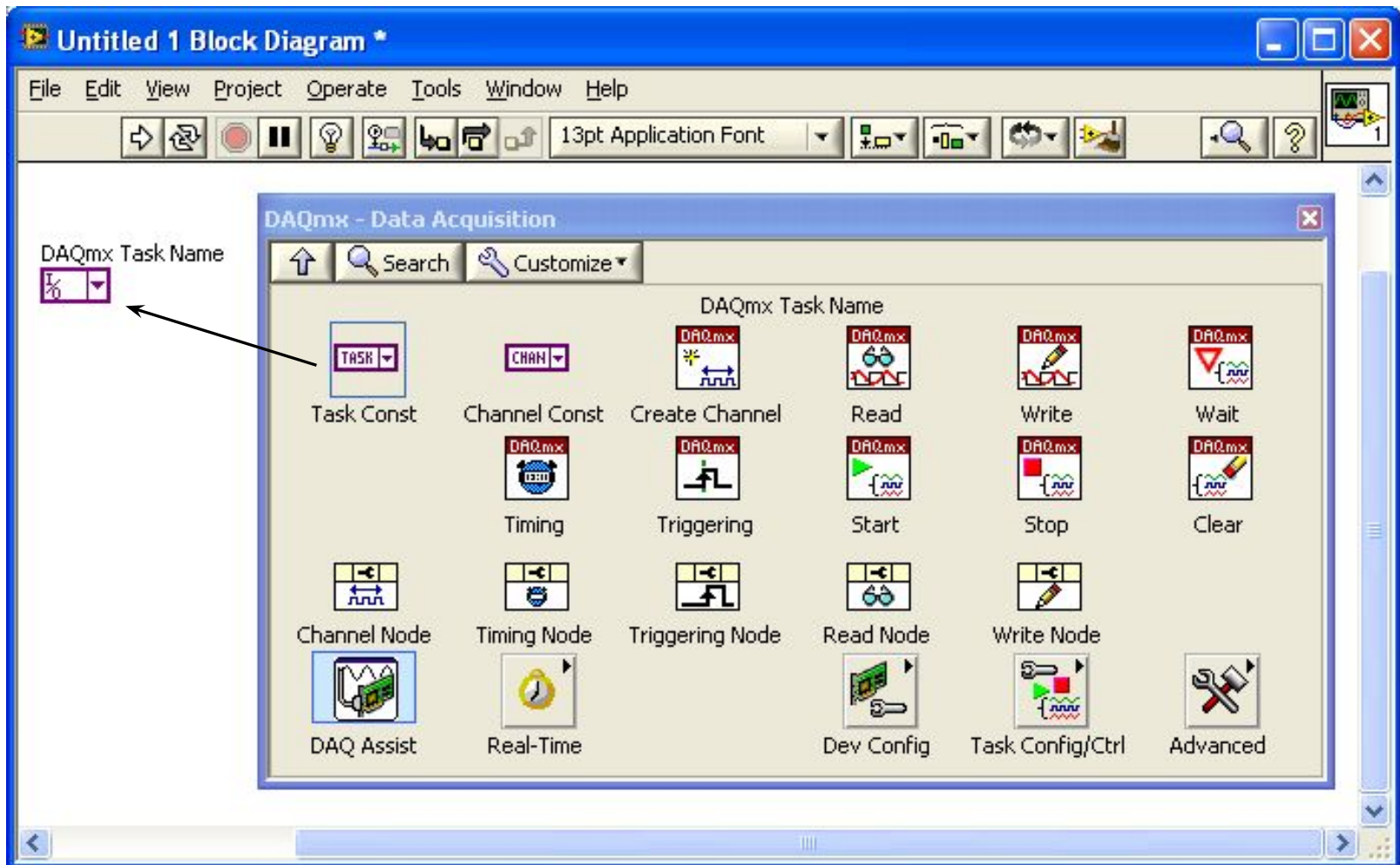
6. В списке **My System** » **Data Neighborhood** » **NI-DAQmx Tasks** появится новая задача. Для просмотра свойств задачи выделите ее мышью.

The screenshot displays the Measurement & Automation Explorer (MAX) interface for a task named "MyVoltageOutTask". The left-hand tree view shows the hierarchy: My System > Data Neighborhood > NI-DAQmx Tasks > MyVoltageOutTask. The main workspace is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes "Save", "Run", "Add Channels", and "Remove Channels" buttons, along with a "Test Signal Type" dropdown set to "Sine Wave".
- Graph:** A plot of "Amplitude" vs "Time" showing a sine wave oscillating between -10 and 10 over a 0.1-second interval.
- Configuration Panel:** Contains three tabs: "Configuration", "Triggering", and "Advanced Timing".
 - Channel Settings:** Shows a single channel named "VoltageOut" with a "Details" button.
 - Voltage Output Setup:** Includes a "Signal Output Range" section with "Max" set to 10 and "Min" set to -10, and "Scaled Units" set to "Volts". Below this, "Terminal Configuration" is set to "RSE" and "Custom Scaling" is set to "<No Scale>".
 - Timing Settings:** Shows "Generation Mode" as "N Samples", "Samples to Write" as 100, and "Rate (Hz)" as 1k.
- Context Help:** A sidebar on the right provides instructions on how to use context-sensitive help.

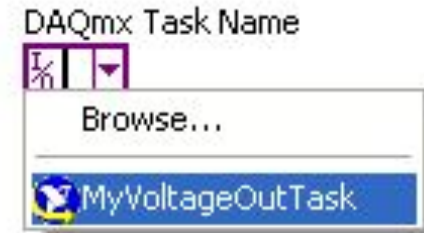
Обращение к Задаче из LabVIEW

Для того, чтобы воспользоваться созданной в MAX задачей нужно на блок-диаграмму поместить константу имени задачи **DAQmx Task Name constant** из палитры **Measurement I/O » DAQmx - Data Acquisition**.

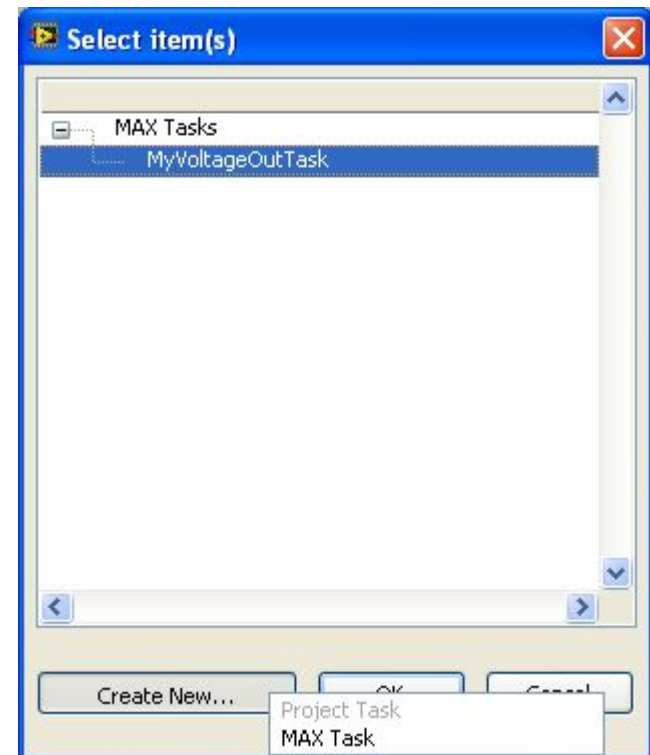


Обращение к задаче из LabVIEW

С помощью инструмента управление можно выбрать в константе имени N1-DAQmx задачи настроенную в MAX задачу:

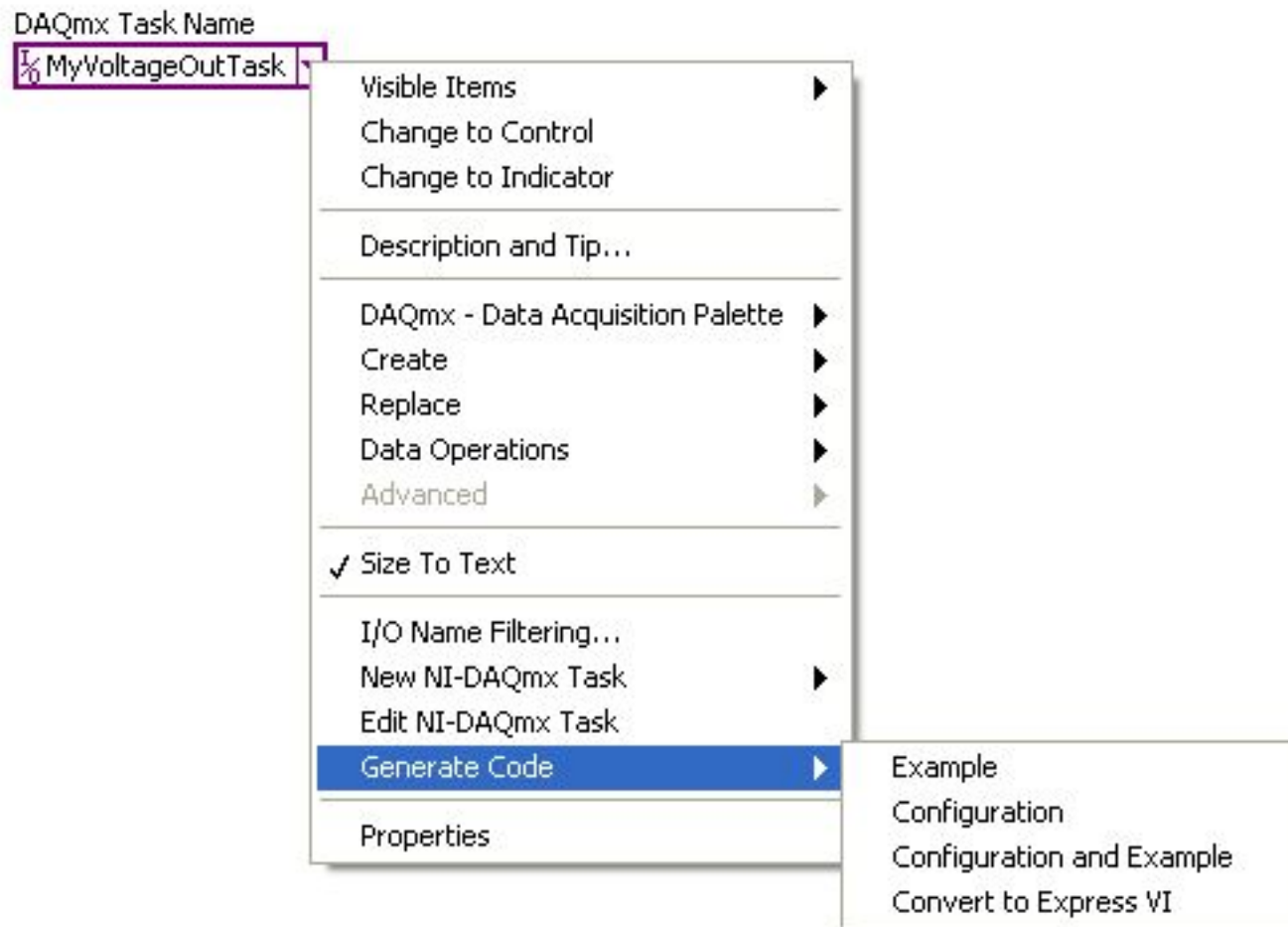


Если потребуется создать новую задачу, нужно выбрать пункт **Browse...** (обзор) в выпадающем списке имени задачи (DAQmx Task Name) и далее пункт **Create New...» Max Task**. Откроется ранее рассмотренный мастер создания задачи. Вновь созданная задача появится в списке доступных задач константы **DAQnix Task Name**.



Генерация кода из задач NI-DAQmx

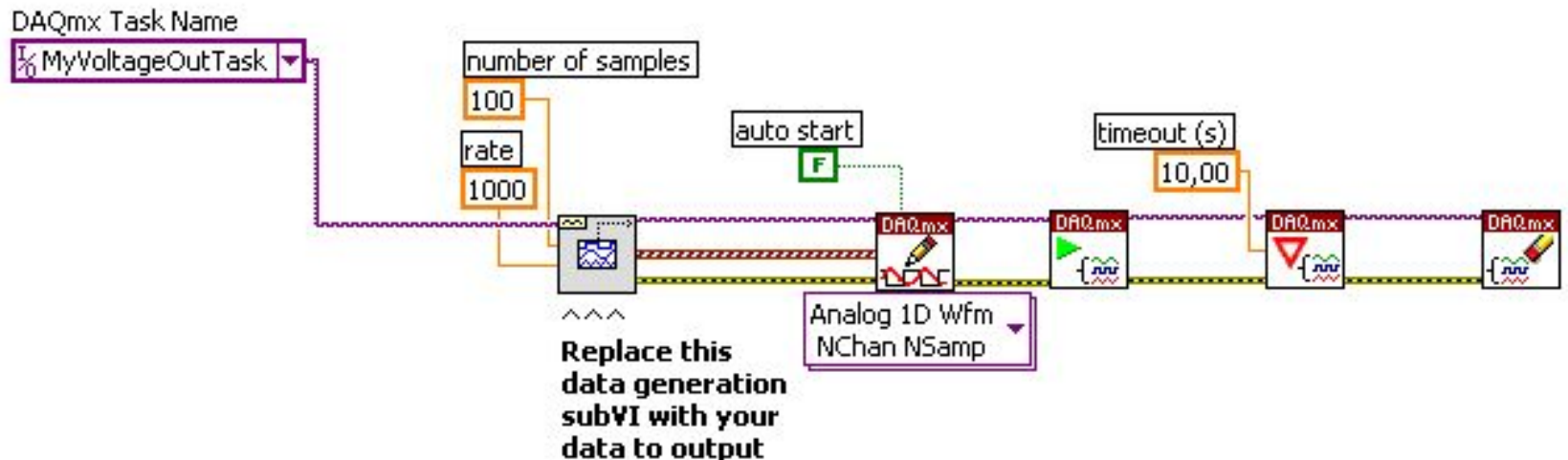
Для того, чтобы посмотреть программный код, соответствующий созданной задаче, можно выполнить процедуру генерации кода из задачи NI-DAQmx. Для этого нужно выбрать опцию **Generate Code** из контекстного меню Задачи. Далее будет рассмотрена каждая из четырех опций.



Генерация кода из задач NI-DAQmx

Опция «Example» (пример)

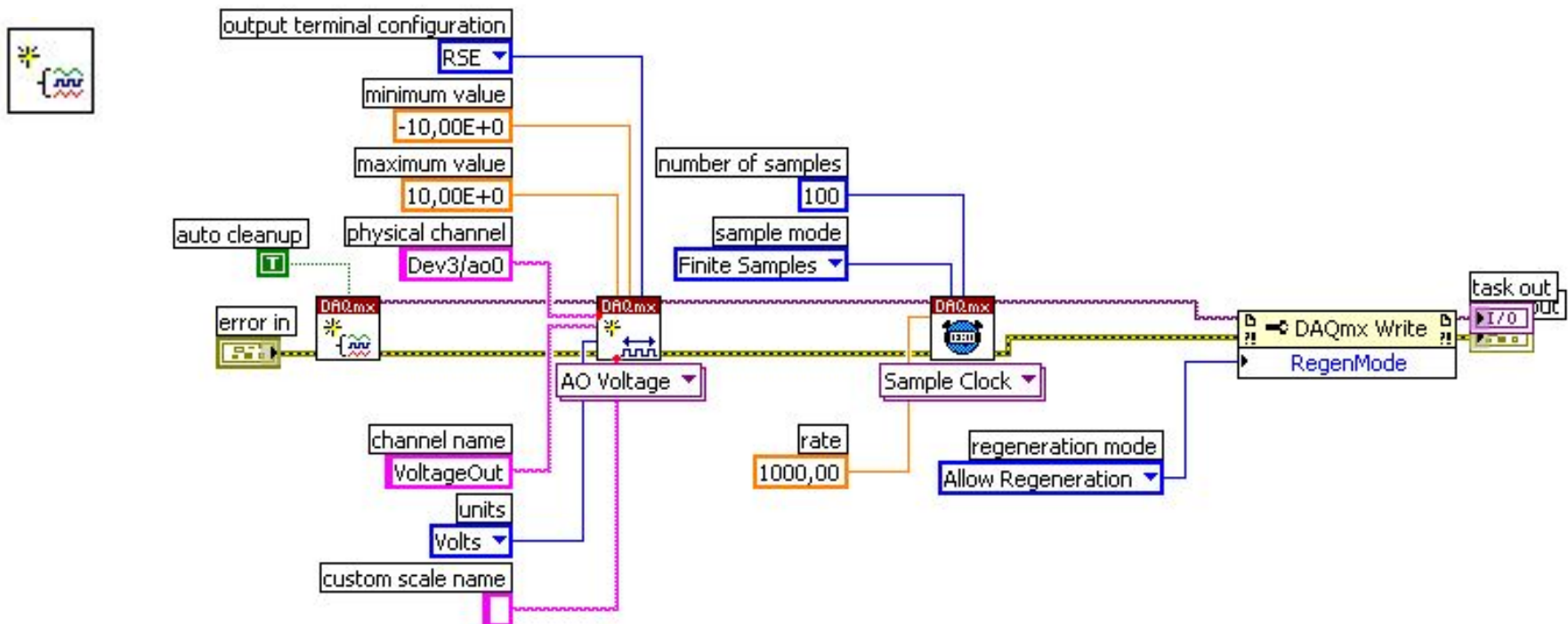
Создает весь код, необходимый для запуска задачи или канала: ВП записи или чтения отсчетов, запуска и остановки задачи, цикл и график. Эта опция подходит, если задача или канал используются только на вашем компьютере и вы не будете пользоваться задачей или каналом на другой системе



Генерация кода из задач NI-DAQmx

Опция Configuration (настройка)

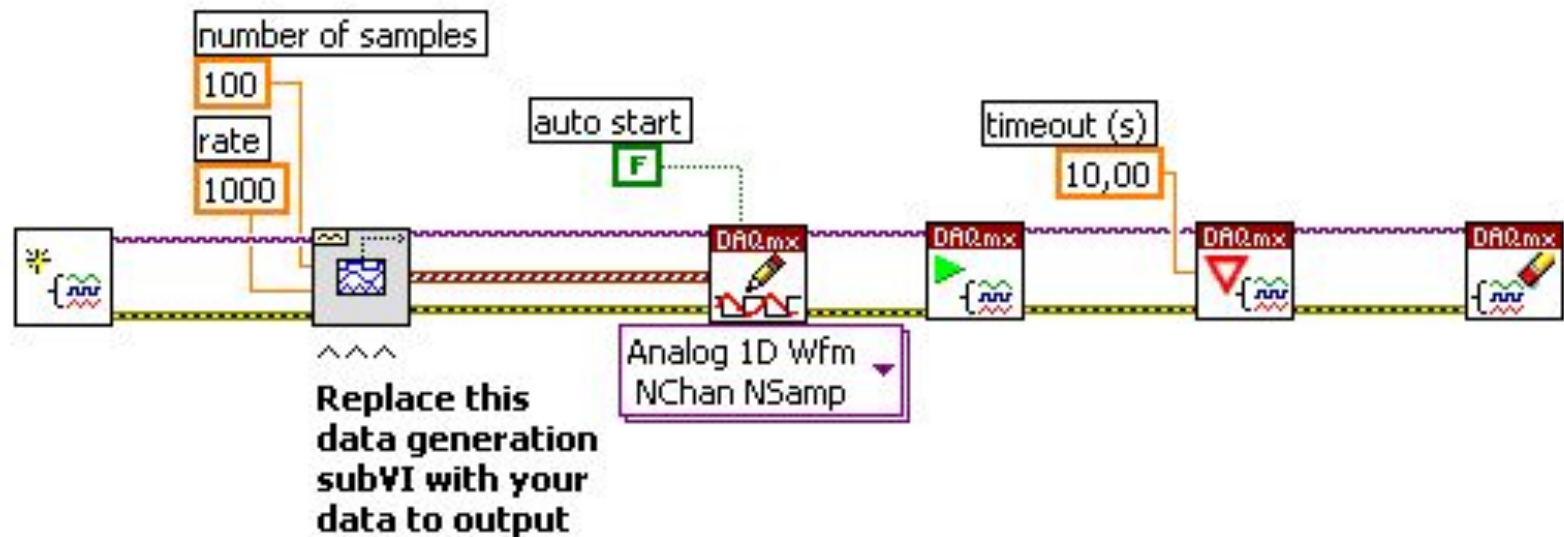
Создает только настроенную часть кода. LabVIEW заменяет константы или управляющий элемент ввода/вывода ВПП с ЗП и узлами свойств создания и настройки канала, тактирования и запуска. Эта опция подойдет вам, если вы хотите создать шаблонную настройку и переносить ее на другие системы.



Генерация кода из задач NI-DAQmx

Опция Configuration and Example (настройка и пример)

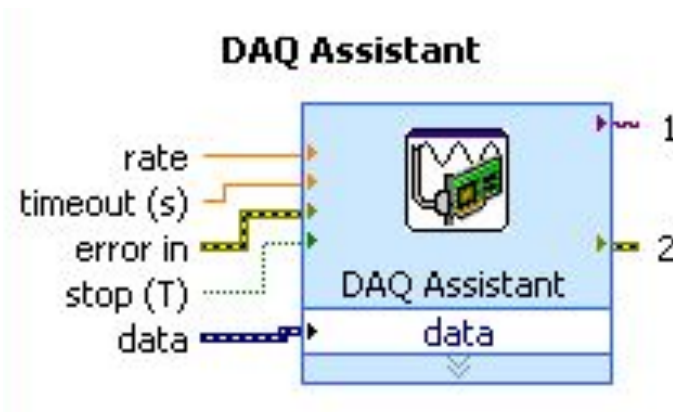
Создает код настройки и пример работы задачи или канала



Генерация кода из задач NI-DAQmx

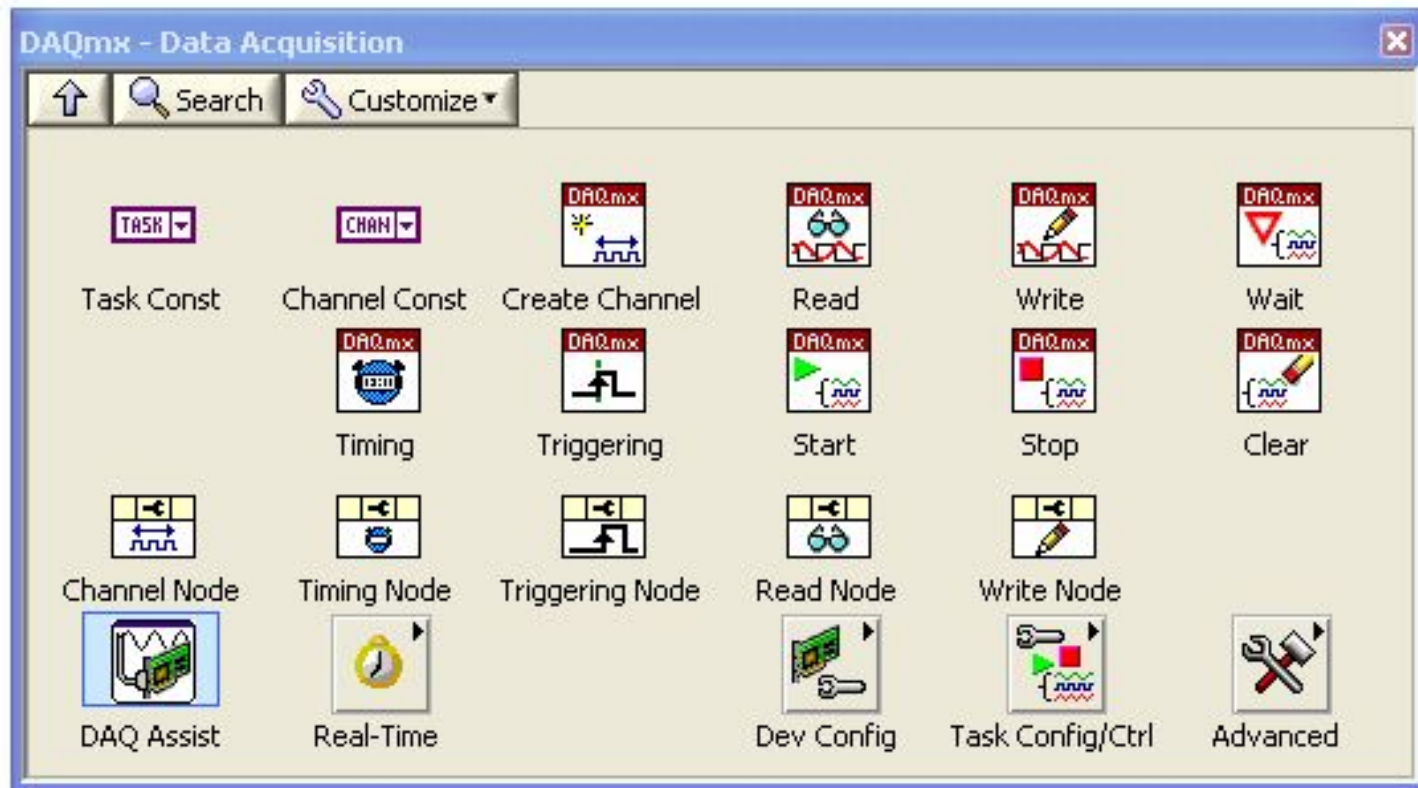
Опция Convert to Express VI (преобразовать в Экспресс-ВП)

Заменяет константу имени задачи ЭВП DAQ Assistant. Вы можете сделать обратное преобразование: заменить ЭВП DAQ Assistant константой имени задачи



Палитра функций DAQmx

На рисунке показана палитра функций **Measurement I/O » DAQmx -Data Acquisition**. Представленные в этой палитре виртуальные приборы предназначены для настройки измерительной задачи непосредственно на блок-диаграмме прикладной программы LabVIEW.

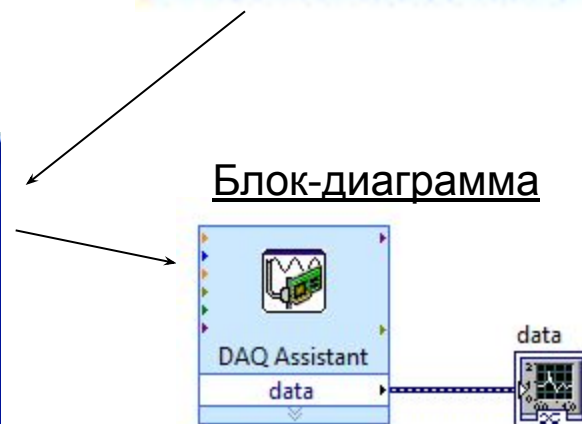


Использование экспресс-прибора DAQ Assistant

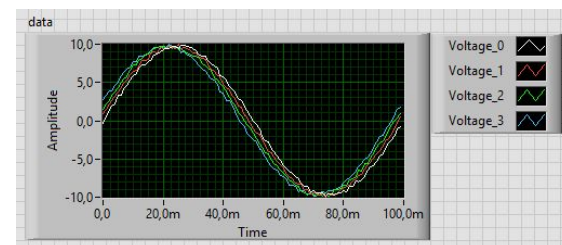
В нижнем левом углу палитры находится экспресс-прибор DAQ Assistant, предназначенный для быстрой организации измерений. Он создает, редактирует и запускает задачи NI-DAQmx. При помещении его на блок-диаграмму открывается диалог настройки измерительной задачи **Create New Express Task**, аналогичный диалогу **Create New NI - DAQmx Task**, который был рассмотрен ранее.



Блок-диаграмма

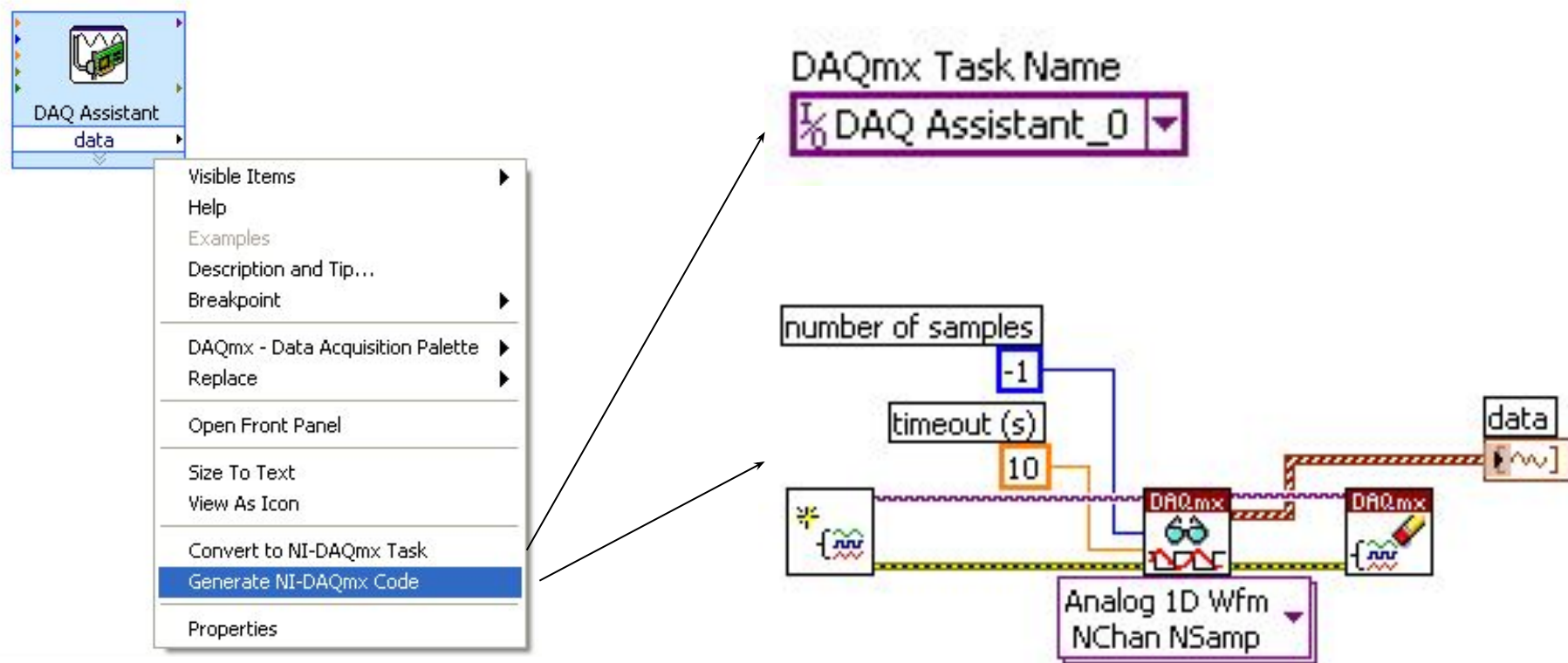


Лицевая панель



Использование экспресс-прибора DAQ Assistant

При необходимости из контекстного меню экспресс – прибора **DAQ Assistant** можно выполнить команды **Convert to NI-DAQmx Task** или **Generate NI-DAQmx Code**. В первом случае экспресс – прибор будет преобразован в Задачу, а во втором – в программный код.

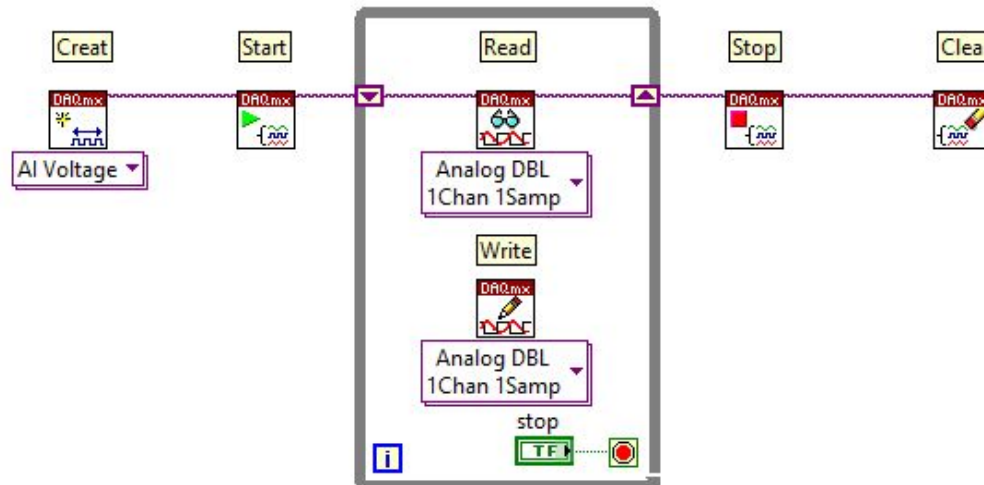


Создание измерительной задачи в LabVIEW





В результате преобразования задачи (Task) или экспресс-прибора DAQ Assistant был получен программный код, состоящий из цепочки соединенных между собой виртуальных приборов палитры **DAQmx—Data Acquisition**. Эта цепочка отражает последовательность шагов выполнения измерительной задачи:

1. Создание задачи (формирование виртуальных каналов).
2. Подготовка задачи (задание параметров дискретизации сигналов).
3. Ввод или вывод измерительных данных
4. Остановка задачи.
5. Очистка задачи.

С использованием функций палитры **DAQmx—Data Acquisition** эта последовательность действий может быть наглядно представлена в виде следующего фрагмента блок-диаграммы LabVIEW:



Функции палитры DAQmx—Data Acquisition

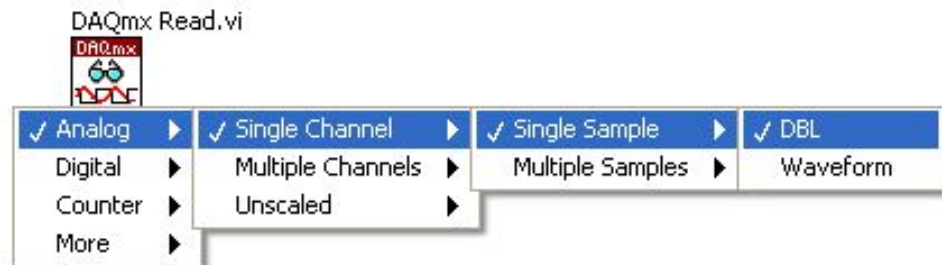
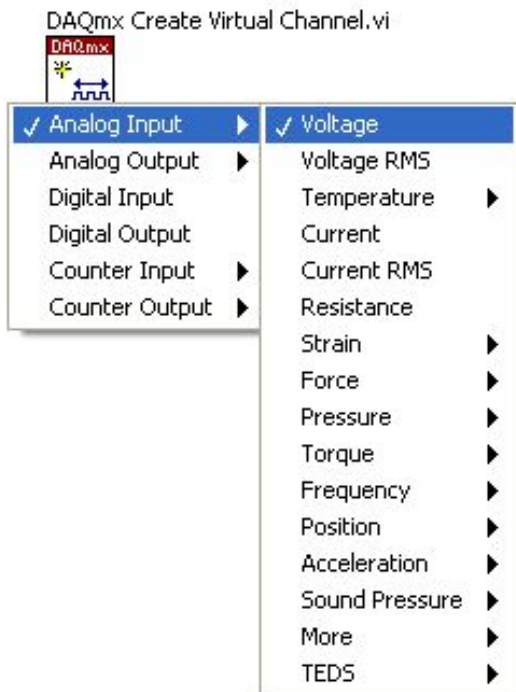
Пиктограмма	Название функции	Описание функции
	DAQmx Create Virtual Channel	Создает один или несколько виртуальных каналов и добавляет к ним задачу.
	DAQmx Read	Считывает данные согласно заданию или по определенным каналам.
	DAQmx Write	Записывает данные согласно заданию или по определенным каналам.
	DAQmx Timing	Указывает число отсчетов. При необходимости создает буфер.

Функции палитры DAQmx—Data Acquisition

Пиктограмма	Название функции	Описание функции
	<u>DAQmx</u> Trigger	Настраивает запуск задания.
	<u>DAQmx</u> Start Task	Запускает задание.
	<u>DAQmx</u> Wait Until Done	<u>Ожидает пока не завершится выполнение задания.</u>
	<u>DAQmx</u> Is Task Done	Проверяет, выполнено ли задание.
	<u>DAQmx</u> Stop Task	Останавливает задание.
	<u>DAQmx</u> Clear Task	Очищает задание.

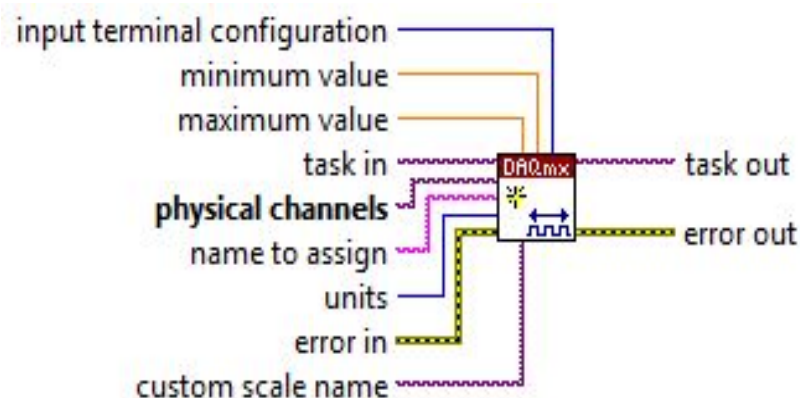
Средства настройки функций DAQmx

При помещении ряда функций палитры **DAQmx - Data Acquisition** на блок-диаграмму под иконкой функции появляется меню (**Polymorphic VI Selector**), в котором производится настройка функции. При этом настройки функций **Creat** и **Read** (или **Write**) должны соответствовать друг другу. Например, при организации сбора аналоговых данных выбирать варианты настройки следует в соответствии с рисунком.



Создание виртуального канала и задачи NI-DAQmx

Первый шаг при работе с NI-DAQmx в LabVIEW - это создание задачи. Ранее было показано, как создать задачу в MAX и воспользоваться ей в LabVIEW с помощью константы имени задачи NI-DAQmx.



Другой способ создать задачу - программный, с помощью ВП DAQmx Create Virtual Channel (палитра Measurement I/O » DAQmx Data Acquisition).

Этот ВП создает виртуальный канал или набор виртуальных каналов и добавляет их в задачу. Варианты этого полиморфного ВП позволяют выбрать

- **тип задачи:** аналоговая или цифровая генерация или регистрация, счетчики,
- **тип измерения:** измерение температуры, генерация напряжения, счет событий,
- **используемый датчик:** термопара или термосопротивление при измерении температуры.

Особенности функции DAQmx Create Virtual Channel

О данном **DAQmx Create Virtual Channel** нужно знать следующее:

1. Вход, обозначенный полужирной надписью **physical channel**, должен быть обязательно подключен к терминалу элемента управления или к константе, которые задают имя физического канала устройства сбора данных.

2. Если разъем **task in** не присоединен, создается новая задача в отдельном участке памяти. Если заключить этот ВП и цикл, новая задача будет создаваться на каждой итерации. Чтобы предотвратить нерациональное использование памяти, в конце итерации следует поставить ВП очистки задачи: **DAQmx Clear Task**.

3. ВП не только создает виртуальный канал из физического, но и добавляет его в задачу.

Подготовка задачи: DAQmx Start Task

Перед тем как производить считывание или запись данных задачу необходимо подготовить - перевести в рабочее состояние. Такая подготовка выполняет **ВП DAQmx Start Task**.



При выполнении простых измерений, например считывание однократных значений без синхронизации, данный ВП можно не использовать. В этом случае можно просто вызвать ВП Чтения (DAQmx Read) или записи (DAQmx Write) - они подготовят задачу самостоятельно.

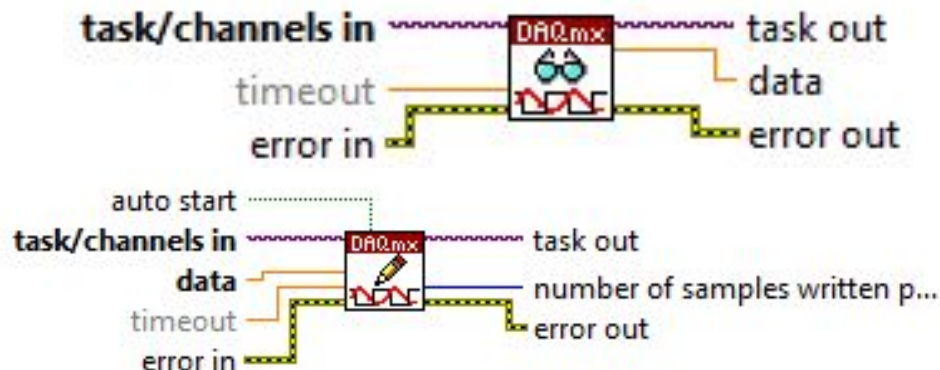
Если ВП Start Task не используется, **задача подготавливается автоматически при запуске ВП Read.** При генерации сигнала в ВП Write на вход автоматической подготовки задачи (autostart) **нужно подать логический сигнал True.**

Если задачу останавливают и запускают ВП чтения или записи множество раз, например в цикле, то производительность приложения уменьшается.

Измерение и генерация: DAQmx Read и Write

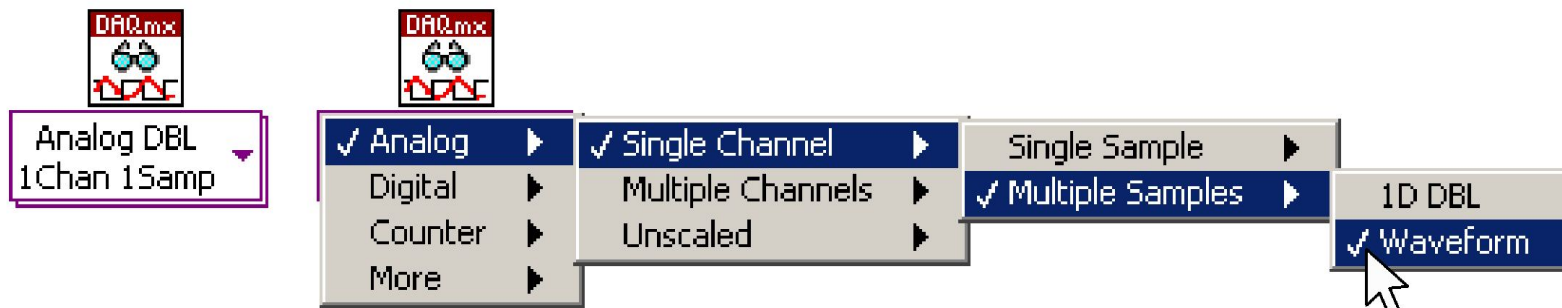
DAQmx Read считывает данные из указанного виртуального канала или задачи.

DAQmx Write записывает данные в указанный виртуальный канал или задачу.



ВП **DAQmx Read** и **DAQmx Write** - это полиморфные ВП, содержащие около 40 вариантов. Выбор осуществляется селектором (**Polymorphic VI Selector**), как показано на рисунке, для выбора определенной задачи работы с данными.

Необходимо отметить, что входные и выходные коннекторы ВП NI-DAQmx **Read** и **Write** различаются в зависимости от типа выбранной задачи.



Проверка выполнения задания : DAQmx Is Task Done

Если задача настроена на запуск по требованию (*on-demand* timing - это вариант по умолчанию, и не используются ВП настройки тактирования и синхронизации), то данные выводятся только после генерации всех отсчетов.

При других настройках запуска (отличных от *on-demand* timing) отсчеты возвращаются автоматически при обращении к этому ВП.

В программе следует проверять, завершена ли задача, чтобы убедиться, что все необходимые данные сгенерированы. Проверка выполнения задания выполняется с помощью ВП **DAQmx Is Task Done**.



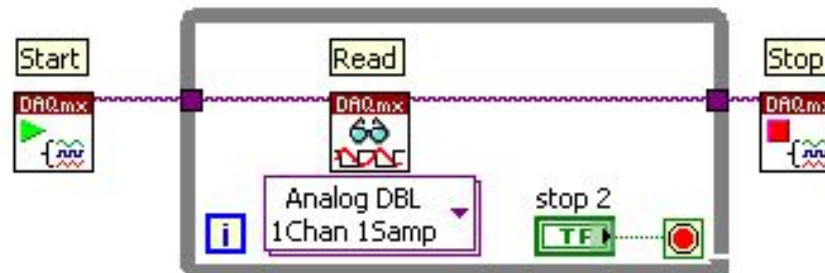
Останов задачи: DAQmx Stop Task

После окончания измерений, или генерации, задачу можно остановить с помощью ВП останова задачи **DAQmx Stop Task**, чтобы запустить ее позже.



DAQmx Stop Task останавливает задачу, все настройки устанавливаются в значения, которыми они были до запуска ВП подготовки задачи (**DAQmx Start Task**) или ВП генерации с включенным режимом **autostart** (**DAQmx Write Task**).

При многократном запуске чтения или записи задачи (**DAQmx Read** и **DAQmx Write**), например, в цикле, задача подготавливается и останавливается множество раз. Перед циклом и после цикла нужно поставить ВП подготовки и останова задачи (**DAQmx Start Task** и **DAQmx Stop Task**) соответственно.



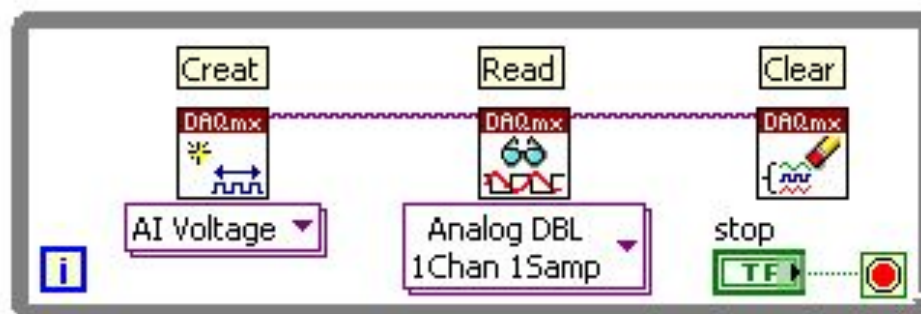
Очистка задачи: DAQmx Clear Task

После завершения измерения необходимо освободить ресурсы задачи с помощью ВП очистки задачи: **DAQmx Clear Task**.



При выполнении этот ВП останавливает задачу, а потом освобождает зарезервированные ресурсы. После очистки задачи её нужно создавать заново.

При многократном создании новой задачи, например, в цикле с помощью **DAQmx Create Task** или **DAQmx Create Virtual Channel**, нужно в конце каждой итерации очищать задачу с помощью **DAQmx Clear Task**, чтобы избежать нерационального использования памяти.



Организация аналогового ввода-вывода

В зависимости от постановки цели измерений можно сформулировать следующие варианты организации сбора данных:

- 1. Получение одного отсчета.**
- 2. Получение N отсчетов.**
- 3. Непрерывный сбор данных.**

Каждый из перечисленных вариантов может быть реализован в **одном или нескольких измерительных каналах.**

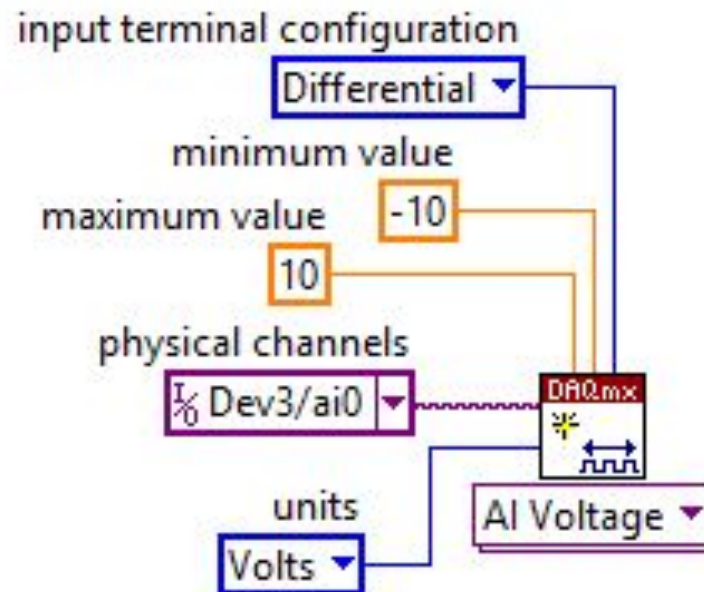
В зависимости от выбранного варианта необходимо дополнительно задать следующие параметры:

- 1. Способ запуска процесса сбора данных.**
- 2. Частота дискретизации сигнала.**
- 3. Размер буфера для накопления данных.**

Настройка числа каналов

Настройка виртуальных каналов выполняется с помощью ВП **DAQmx Create Virtual Channel**. К входу **physical channel** этого ВП нужно подключить константу **DAQmx Physical Channel**.

На рисунке показана настройка виртуального канала, получающего сигнал от **одного физического канала ai0** устройства сбора данных **Dev3**. Канал имеет **дифференциальный вход**, диапазон входного напряжения от **-10 В** до **+10 В**, единица измерения – **Вольт**.



Варианты задания имен каналов

Имена физических каналов	Описание
<i>Аналоговые входы</i>	
Dev1/ai0	Один аналоговый входной канал
Dev1/ai0:4	5 смежных каналов
Dev1/ai4:0	5 смежных каналов в обратном порядке
Dev1/ai0, Dev1/ai6	Два несмежных канала
Dev1/ai0, Dev1/ai3:6	4 смежных канала с 3 по 6 и один несмежный с ними канал 0
<i>Аналоговые выходы</i>	
Dev1/ao0	Один аналоговый выходной канал
Dev1/ao0, Dev1/ao1	Два аналоговых выходных канала
<i>Цифровые входы/выходы</i>	
Dev1/port0:1	Два цифровых порта 0 и 1
Dev1/port0/line0:4	Линии с 0 по 4 цифрового порта 0
Dev1/port0, Dev1/port1/line0:2	Порт 0 целиком и линии с 0 по 2 порта 1

Обозначения: ai – аналоговый вход; ao – аналоговый выход; ctr – счетчик; port0 – цифровой порт; port/line1 – линия цифрового порта.

Настройка параметров дискретизации сигнала

ВП **DAQmx Timing** служит для настройки параметров дискретизации сигнала. Основными параметрами являются:

- **sample mode** -режим получения отсчетов сигнала:

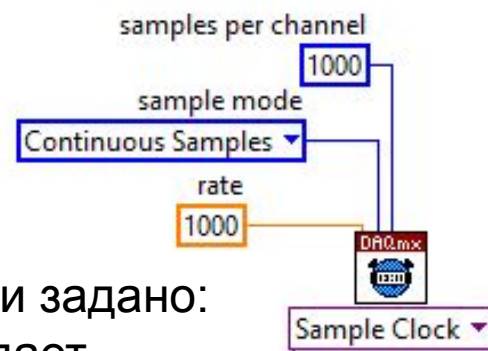
Finite Samples	Конечное число отсчетов
Continuous Samples	Непрерывный сбор или генерация
Hardware Timed Single Point	Сбор или генерация отсчетов без буферизации с аппаратным тактированием

- **rate** – частота дискретизации в отсчетах в секунду;
- **active edge** – активный фронт тактового сигнала

Rising	Нарастающий фронт (по умолчанию)
Falling	Спадающий фронт

- **samples per channel** – число отсчетов на канал (если задано: **sample mode = Continuous Samples**, то данная опция задает размер буфера для промежуточного хранения собранных отсчетов).

На рисунке показан пример настройки ВП **DAQmx Timing** для непрерывного сбора данных с частотой дискретизации 1000Гц и размером буфера 1000 отсчетов.



Настройка режима запуска сбора данных

Запуск (triggering) означает любой способ, с помощью которого вы запускаете, останавливаете или синхронизируете процесс сбора данных. Триггером обычно служит цифровой или аналоговый сигнал.

Запуск по способу реализации может быть **программным** или **аппаратным**, а в зависимости от источника сигнала – **внешним** или **внутренним**.

ВП **DAQmx Trigger** устанавливает способ запуска задачи.

Тип запуска и его источник задаются выбором вариантов этого полиморфного ВП. Задаются следующие параметры:

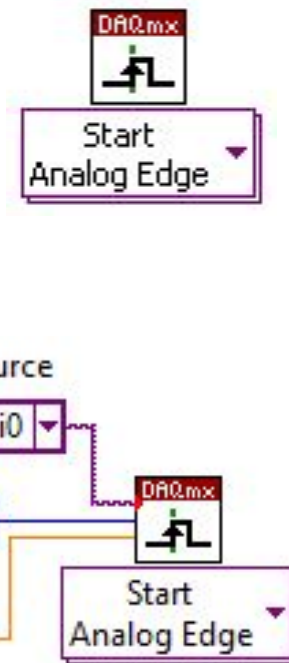
- **source** – источник сигнала запуска;
- **slope** – по какому изменению сигнала происходит

запуска

Rising	Нарастание сигнала (по умолчанию)
Falling	Спад сигнала

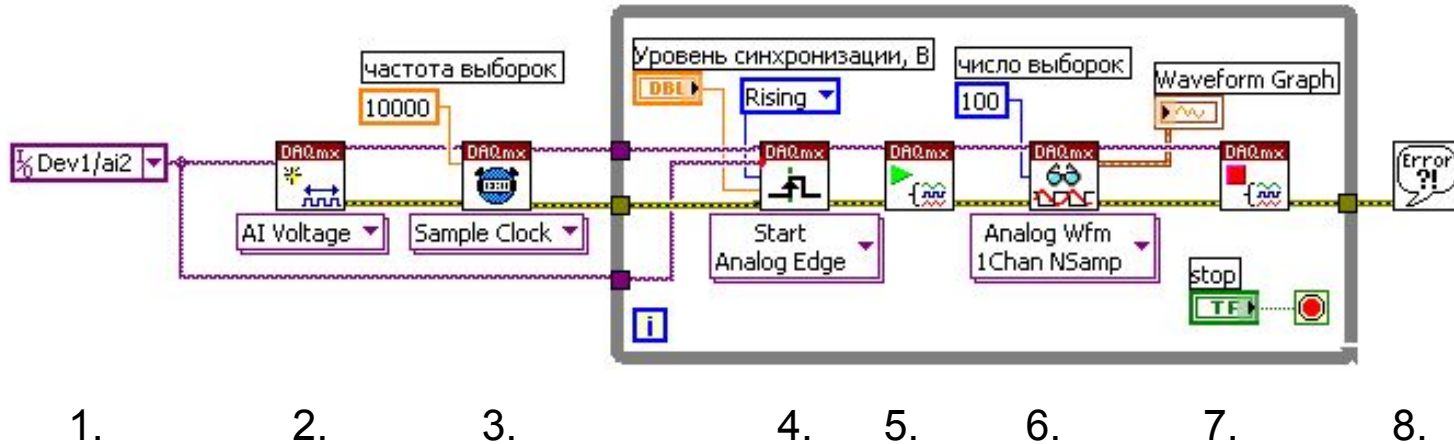
- **level** – уровень сигнала, при котором происходит запуск.

На рисунке показан вариант запуска по уровню 0,1 В нарастающего входного аналогового сигнала, получаемого с канала Dev3/ai0.



Пример ВП ввода аналогового сигнала

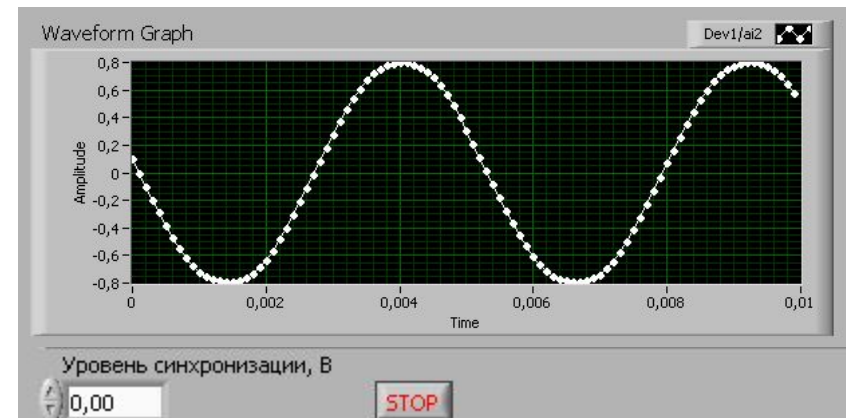
Блок-диаграмма ВП



Стадии работы ВП:

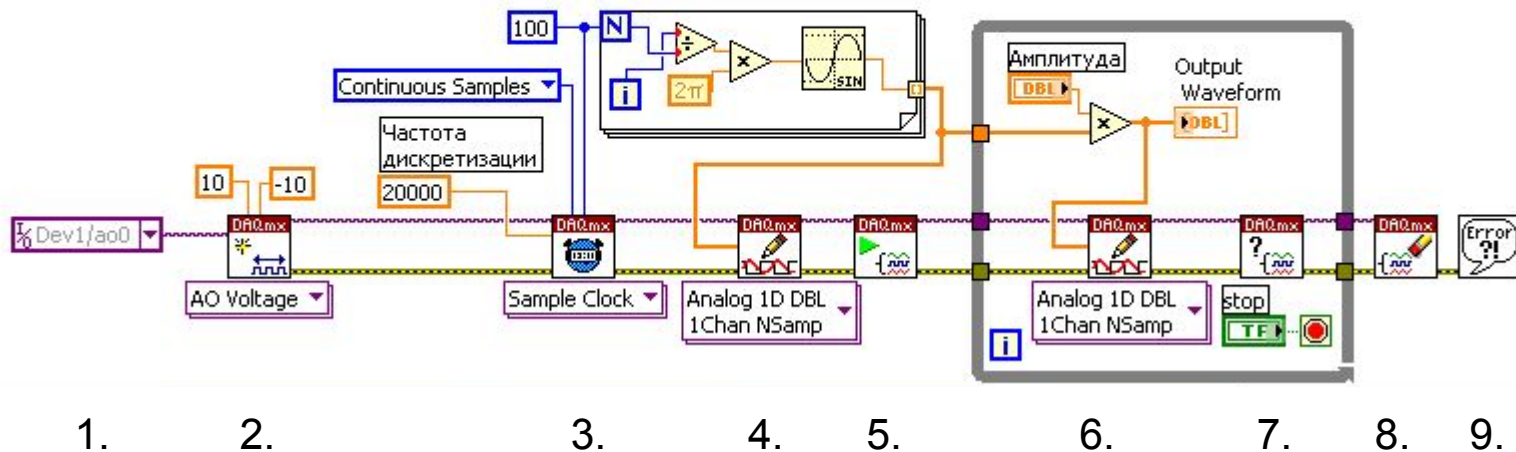
1. Выбор физического канала.
2. Создание виртуального канала.
3. Задание частоты дискретизации.
4. Задание уровня синхронизации сигнала.
5. Запуск задания.
6. Считывание данных из входного буфера.
7. Остановка задания задания.
8. Проверка на наличие ошибок.

Лицевая панель ВП



Пример ВП вывода аналогового сигнала

Блок-диаграмма ВП



Стадии работы ВП:

1. Выбор физического канала.
2. Создание виртуального канала.
3. Задание числа отсчетов сигнала, частоты следования, непрерывного режима вывода.
4. Загрузка массива отсчетов в выходной буфер.
5. Запуск задания.
6. Обновление данных в выходном буфере.
7. Проверка выполнения задания.
8. Очистка задания.
9. Проверка на наличие ошибок.

Лицевая панель ВП

