Н. Н. БЕСПАЛОВ, М. В. ИЛЬИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В LABVIEW

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

САРАНСК ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА 2009 УДК 621.396(072)

ББК Б534

Рецензент:

Ю. М. Голембиовский, доктор технических наук, профессор кафедры системотехники Саратовского государственного технического университета

Под редакцией И. В. Гуляева

Беспалов Н. Н.

Б534

Проектирование виртуальных измерительных приборов в LabVIEW: лаборатор. практикум / Н. Н. Беспалов, М. В. Ильин . Под ред. И. В. Гуляева – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та., 2009. – 92 с. ISBN 978-5-7103-2168-3

Содержатся методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Проектирование информационно-измерительных систем» на основе курсов компании «National Instruments» «LabVIEW. Основы 1» и «Системы сбора данных». Лабораторные работы выполняются с использованием лабораторного стенда NI ELVIS.

Предназначено для студентов V курса специальности «Промышленная электроника», а также для начального обучения студентов инженерных электротехнических и естественнонаучных специальностей.

УДК 621.396(072) ББК Б534

ISBN 978-5-7103-2168-3

© Беспалов Н. Н., Ильин М. В., 2009

© Оформление. Издательство Мордовского университета, 2009

программирования LabVIEW (Laboratory Virtual Среда Instrument Engineering Workbench) предназначена для разработки программного обеспечения для организации прикладного взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом. Разработчиком LabVIEW является американская компания «National Instruments».

В отличие от текстовых языков, таких как, C, Pascal и др., где программы составляются в виде строк текста, в LabVIEW программы создаются в виде графических диаграмм, подобных обычным блок-схемам. Программирование в системе LabVIEW максимально приближено к понятию алгоритма.

Несомненным достоинством LabVIEW является TO. что разработчику И пользователю доступны функционально идентичные системы программирования для различных Microsoft Windows операционных систем, таких, как 95/98/NT/2000/XP, Linux, MacOS.

Широкий спектр периферийных модульных компонентов сбора информации, управления, согласования и т. д., поставляемых «National Instruments», позволяет создавать в короткие сроки Способность различную аппаратуру автоматики. К добавляет перепрограммированию системе СВОЙСТВО многофункциональности, а графический язык программирования LabVIEW создает условия для лучшего восприятия кода И алгоритма программистом.

Данное пособие предназначено для студентов инженерных специальностей, начинающих изучать графический язык LabVIEW. В ней содержатся упражнения, разделённые по десяти основным тематикам лабораторного практикума, что позволяет получить начальные сведенья для освоения среды программирования.

Упражнение 1.1. Частотный анализ

Цель: открыть и запустить прибор.

1. Запустите LabVIEW (Пуск» Все программы» National Instruments LabVIEW 8.2). Появится диалоговое окно Getting Started.

2. Выберете Find Examples. На экране появится диалоговое окно поиска примеров виртуальных приборов (ВП) (рис. 1.1), разбитых по категориям.

Browse Search Submit [Double-click an example to open it.		Information
Browse according to:	i analysis Application Builder apps apps app controlmix.llb	<u>~</u>	Description: This example, while not specifically written for the LabYIEW Real-Time Module, runs on RT targets.
Directory Structure	vigi demos.∥b vigi freqresp.∥b		This VI simulates an application that uses GPIB instruments to perform a
LabVIEW Zone	Vi tankmntr.llb	1	under test(UUT). A function generator supplies a sinusoidal input to the UUT (a bandpass filter in this example), and a digital multimeter
Learning Articles	ins		measures the output voltage of the UUT.
Code Scharing Code	i cursors i daq i DAQmx		Loop, the Formula Node, the graph, and arrays are shown in this example.
Student Corner	🧊 dll 😭 express		Requirements
Visit LabVIEW Zone	in general IMAQ		
Include ni.com examples	input instr instr		
rdware	MathScript		

Рис. 1.1. Окно поиска примеров ВП

3. Перейдите на закладку **Brows**. Отметьте пункт **Directory Structure**. В списке примеров выберете папку **Apps**, в которой откройте библиотеку **Fereqresp.lib** и дважды щелкните на **Frequency Response VI**. Появится лицевая панель ВП Частотный анализ (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Лицевая панель ВП Frequency Response VI

Лицевая панель

4. На инструментальной панели нажмите кнопку **Run** 2. Данный ВП моделирует посылку сигнала к измерительному прибору и регистрацию его отклика. Реакцию прибора в частотной области можно будет увидеть на графике лицевой панели.

5. С помощью инструмента УПРАВЛЕНИЕ измените значение уставки амплитуды Amplitude. Изменить значение можно, либо переместив указатель кнопки в нужное положение, либо используя стрелки изменения значений элемента управления, либо введя число непосредственно в дисплей элемента.

Если число введено непосредственно в дисплей элемента, то необходимо нажать кнопку Enter *м*, появившуюся на инструментальной панели. Иначе число не будет введено.

6. Нажать кнопку **Run** и запустить ВП. Изменяя значения других средств управления, находящихся на панели, исследовать работу ВП.

7. Перейдите на блок-диаграмму. Для этого выберите в главном меню **Window**»**Show Diagram** или введите <**Ctrl-E**> с клавиатуры.

Блок-диаграмма (рис. 1.3) содержит несколько основных объектов, включая подпрограммы ВП, функции и структуры.



Рис. 1.3. Блок-диаграмма ВП Frequency Response VI

8. С помощью инструмента УПРАВЛЕНИЕ дважды щелкните по иконке **DMM** (рис. 1.4).

Measure Response



Рис. 1.4. Иконка ВП DMM

Эта иконка – графическое представление подпрограммы **Demo Fluke 8840A VI**. После двойного щелчка откроется подпрограмма и на экране появится ее лицевая панель (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Лицевая панель ВП

Дизайн лицевой панели напоминает мультиметр. Вот почему программы LabVIEW называются виртуальными приборами.

Создавая модульные приложения LabVIEW, можно изменять только части приложения и/или многократно использовать эти части в других приложениях. Например, эта подпрограмма моделирует действие комбинированного прибора **Demo Fluke**, но пользователь может внести в него изменения, чтобы получить новые функции.

9. Выберите в главном меню пункты File»Close и закройте Demo Fluke 8840AVI.

10. Закройте ВП Frequency Response VI.

Конец упражнения 1.1.

Упражнение 2.1. Преобразование градусов Цельсия в градусы Фаренгейта

Цель: создать ВП.

Ниже приведена последовательность действий для создания ВП, который будет преобразовывать значение температуры из градусов Цельсия в градусы Фаренгейта.

Лицевая панель

0

1. Выберите пункт главного меню File»New VI, чтобы открыть новую лицевую панель (рис. 2.1).

традс	градт
0	0
]0	JU

Рис. 2.1. Лицевая панель

2. Создайте цифровой элемент управления. Он будет использован для ввода значений температуры в градусах Цельсия.

а. Выберите цифровой элемент управления в разделе палитры Элементов в подразделе Controls»Numeric (Числовые элементы). Для вывода на экран палитры Controls (Элементов) следует щелкнуть правой кнопкой мыши по рабочему пространству лицевой панели.

b. Поместите цифровой элемент управления на лицевую панель (Numeric Control).



К Если сразу после создания элемента не присвоить имя его собственной метке, то LabVIEW присвоит имя, заданное по умолчанию. Собственная метка в любое время доступна для редактирования, оно производится с помощью инструмента ВВОД ТЕКСТА, показанного слева.

4. Создайте цифровой элемент отображения данных. Он будет использован для отображения значений температуры в градусах Фаренгейта.

а. Выберите цифровой элемент отображения (Numeric Indicator) в палитре Controls в подразделе **Modern**»**Numeric**.

- b. Поместите элемент отображения данных на лицевую панель.
- с. В поле собственной метки элемента управления напечатайте «Град F» и щелкните мышью в свободном пространстве лицевой панели или нажмите кнопку Enter.
- ШЕ На блок-диаграмме LabVIEW создаст терминалы данных, соответствующие элементам управления и отображения. Терминалы данных представляют тип данных соответствующих элементов. Например, терминал данных DBL, показанный слева, представляет тип числовых данных двойной точности с плавающей запятой.

Блок-диаграмма

0

5. Перейдите на блок-диаграмму, выбрав пункты главного меню Window» Show Diagram (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Блок-диаграмма ВП

6. Выберите функцию **Multiply** из палитры Функций в разделе **Programming**»**Numeric**. Поместите ее на блок-диаграмму. Для вывода на экран палитры **Functions** следует щелкнуть правой кнопкой мыши в рабочем пространстве блок-диаграммы.

7. Выберите функцию Add из палитры Функций в разделе **Programming**»Numeric. Поместите ее на блок-диаграмму.

8. Выберите числовую константу (Numeric Constant) из палитры Функций (Functions) в разделе **Programming**»**Numeric**. Поместите две числовые константы на блок-диаграмму.

Смените тип данных констант на DBL. Для этого щелкните правой кнопкой на константе. Из раскрывшегося контекстного меню выберите пункт Representation и из списка типа данных выберите DBL. Цвет константы должен измениться с синего на оранжевый.

Присвойте константам значения 1,8 и 32,0. Для этого следует использовать инструмент ВВОД ТЕКСТА.

9. Соедините объекты блок-диаграммы с помощью инструмента СОЕДИНЕНИЕ, показанного слева.

а. Для соединения двух объектов на блок-диаграмме инструментом СОЕДИНЕНИЕ следует щелкнуть левой кнопкой мыши на одном из объектов и перевести инструмент на другой объект. Последовательность соединения не имеет значения.

b. Проводник данных можно изгибать, закрепив его щелчком мыши и переместив курсор в перпендикулярном направлении. Нажав пробел, можно переключить направление движения проводника.

с. При наведении инструмента СОЕДИНЕНИЕ на поле ввода/вывода данных поле начинает мигать, показывая, что щелчок мыши подключит к нему проводник данных. При этом появляется всплывающая подсказка с указанием имени поля ввода/вывода.

d. Для отмены начала соединения следует нажать Esc, либо щелкнуть правой кнопкой мыши, или щелкнуть инструментом СОЕДИНЕНИЕ на поле источник соединения.

10. Перейдите на лицевую панель, выбрав в главном меню пункт Window»Show Panel.

11. Сохраните ВП, он будет использоваться позднее.

а. Выберите пункт главного меню File»Save.

b. В диалоговом окне введите Преобразование С в F (начало).vi

с. Нажмите кнопку Save.

Запуск ВП

12. Введите число в элемент управления и запустите ВП.



а. Для ввода числа в элемент управления следует использовать инструмент УПРАВЛЕНИЕ, показанный слева, или инструмент ВВОД ТЕКСТА.



b. Нажмите кнопку **Run**, показанную слева, чтобы запустить ВП.

с. Введите несколько разных значений температуры и запустите ВП.

13. Закройте ВП, выбрав пункт главного меню File»Close.

Конец упражнения 2.1.

Упражнение 3.1. Настройка ВП Преобразование градусов Цельсия в градусы Фаренгейта

Цель: Создать иконку и настроить соединительную панель для возможности использования ВП в качестве подпрограммы ВП.

В этом уроке представлена последовательность действий по созданию иконки и настройке соединительной панели для созданного ВП, который переводит значение измеренной температуры из градусов Цельсия в градусы Фаренгейта.

Лицевая панель

1. Выберите пункт главного меню **File**»**Open** и выберите файл *Преобразование С в F (начало).vi*

Если закрыты все ВП, следует нажать кнопку **Open VI** (Открыть ВП) в диалоговом окне **LabVIEW**.

Появится лицевая панель (рис. 3.1).

Град С	Град F
0	0

Рис. 3.1. Лицевая панель ВП Преобразование С в F (начало).vi

Иконка и соединительная панель

2. Щелкните правой кнопкой мыши по иконке ВП и в контекстном меню выберите пункт Edit Icon (Редактирование иконки). Появится диалоговое окно редактора иконки Icon Editor.

[] 3. Дважды щелкните правой кнопкой мыши по инструменту ВЫБОР (показан слева).

4. Нажав кнопку **Delete**, очистите область редактирования иконки.



5. Дважды щелкните по инструменту ПРЯМОУГОЛЬНИК (показан слева), чтобы обвести область редактирования границей выбранного цвета.

6. Создайте следующую иконку (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Иконка ВП преобразования температур

а. Введите текст инструментом ВВОД ТЕКСТА, который показан слева. b. Напечатайте «С» и «F». с. Для выбора размера шрифта дважды щелкните левой кнопкой мыши по инструменту ВВОД ТЕКСТА.

d. Чтобы нарисовать стрелку, воспользуйтесь инструментом КАРАНДАШ.

ß Внимание. Для рисования вертикальных, горизонтальных U диагональных линий требуется во время рисования нажать U удерживать клавишу Shift.

е. Для передвижения текста и стрелки по полю редактирования иконки используйте инструмент ВЫБОР и стрелки на клавиатуре.

f. В разделе Copy from (Копировать) выберите В & W (черно-белую) иконку и 256 Colors (256-цветный режим) для создания черно-белой иконки, которую LabVIEW использует в случае отсутствия цветного принтера.

g. В разделе Copy from (Копировать) выберите 16 Colors и 256 Colors.

h. После завершения редактирования иконки нажмите кнопку ОК и закройте Icon Editor. Новая иконка появится в правом верхнем углу обеих панелей.

7. Перейдите на лицевую панель, щелкните правой кнопкой мыши на иконке и выберите пункт Show Connector (Показать поля ввода/вывода

данных) из контекстного меню. Количество отображаемых LabVIEW полей ввода/вывода данных соответствует количеству элементов на лицевой панели. Например, лицевая панель этого ВП имеет два элемента Град С и Град F и LabVIEW выводит в соединительной панели два поля, показанные слева.

8. Элементам управления И отображения данных назначьте соответственно поля ввода и вывода данных.

а. В пункте главного меню Help (Помощь) выберите Show Context Help (контекстную подсказку) и выведите на экран окно Context Help (контекстной справки) для просмотра соединений.

b. Щелкните левой кнопкой мышки на левом поле соединительной Инструмент УПРАВЛЕНИЕ автоматически поменяется панели. на инструмент СОЕДИНЕНИЕ, а выбранное поле окрасится в черный цвет.

с. Щелкните левой кнопкой мыши по элементу Град С. Левое поле станет оранжевым и выделится маркером.

d. Щелкните курсором по свободному пространству. Маркер исчезнет, и поле окрасится в цвет данных типа соответствующего элемента управления.

е. Щелкните левой кнопкой мыши по правому полю соединительной панели и элементу Град F. Правое поле станет оранжевым.

f. Щелкните курсором по свободному пространству. Оба поля останутся оранжевыми.

g. Наведите курсор на область полей ввода/вывода данных. Окно Context Help (контекстной справки) покажет, что оба поля соответствуют типу данных двойной точности с плавающей запятой.

9. Выберите пункт главного меню File»Save. Сохраните ВП под именем Преобразование С в F.vi, он будет использоваться позднее.

Конец упражнения 3.1.

Упражнение 4.1. ВП Подсчет итераций

Цель: использование терминала выходных данных цикла While.

Создайте ВП, который генерирует случайные числа до тех пор, пока одно из них не окажется равным значению, введенному в элемент управления. При этом должно отображаться количество итераций, выполненное циклом.

Лицевая панель

1. Откройте новую лицевую панель. Создайте лицевую панель, разместив на ней элементы управления и отображения, как показано на рис. 4.1.

заданное число для сравнения	Текущее случаиное число
0	0
"цифровой элемент управления" Диапазон значений Мин. = 0 Макс. = 10000 Приращение = 1 По умолчанию = 50 Выход за диапазон -> Округление Точность = 0	"Цифровой элемент отображения" Точность = 0 Кол-во итераций 0 "Цифровой элемент отображения" Точность =0

Рис. 4.1. Лицевая панель ВП Подсчет итераций

а. Поместите на лицевую панель числовой элемент управления (Numeric Control), находящийся на палитре Controls»Numeric. Назовите элемент Заданное число для сравнения. Этот элемент задает число, с которым будет проводиться сравнение.

b. Поместите на лицевую панель числовой элемент отображения (Numeric Indicator), находящийся на палитре Controls»Numeric. Назовите элемент Текущее случайное число. Этот элемент отображает текущее значение, выданное функцией Генератор случайных чисел.

с. Поместите еще один числовой элемент отображения (Numeric Indicator) на лицевую панель. Назовите элемент Кол-во итераций. Этот элемент показывает номер текущей итерации.

Установка диапазона данных

Чтобы значения элемента Заданное число для сравнения не выходили за рамки диапазона значений, выдаваемых функцией Генератор случайных чисел, следует использовать диалоговое окно Data Range. Выполните следующие шаги для настройки диапазона выходных значений элемента Заданное число для сравнения от 0 до 100000 с шагом изменения 1 и значением по умолчанию, равным 50. 2. Щелкните правой кнопкой мыши по элементу Заданное число для сравнения. Из контекстного меню выберите пункт Data Range. Появится диалоговое окно, показанное на рис. 4.2.

	15	<u>.</u>		
e 10 1			Representation	
o oooo			DBL	
0,0000				
			Double precision	
Use Defau	ult Range -	0	ut of range action	
Minimum	0,000	0	Coerce	
Maximum	10000),0000	Coerce	
Increment	1,000	0	Coerce to nearest	

Рис. 4.2. Диалоговое окно Data Range

3. Снимите выделение с пункта Use Defaults (использовать значения по умолчанию).

4. Выберите пункты, показанные в этом примере диалогового окна.

а. Установите Default Value (значение по умолчанию) равным 50.

b. Установите Minimum Value (минимальное значение) равным 0 и выберите Coerce.

с. Установите **Maximum Value** (максимальное значение) равным 10000 и выберите Coerce.

d. Установите **Increment** (значение приращения) равным 1 и выберите Coerce to Nearest.

5. Выберите раздел Format and Precision (формат и точность).

Установка количества знаков после запятой

По умолчанию, LabVIEW отображает числовые элементы управления и отображения в виде десятичных чисел с точностью до двух знаков после запятой. С помощью опции Format&Precision можно изменить точность и вид представления значений элементов (научная нотация, инженерная нотация, формат времени).

6. Шелкните правой кнопкой мыши ПО элементу Текущее случайное выберите число И В контекстном меню пункт Format&Precision. Появится следующее диалоговое окно Format&Precision (рис. 4.3).

Floating point Scientific Automatic formatting SI notation	0 😭 C	Digits of precision
Hexadecimal Octal Binary		nultiples of 3 field width
Absolute time Relative time	Pad with s	paces on left
Default editing mode		

Рис. 4.3. Диалоговое окно Format&Precision

7. Сделайте настройки, показанные выше.

- В поле ввода Digits of Precision следует ввести значение 0.
- 8. Повторите шаги 6 и 7 для элемента отображения Кол-во итераций.



9. Создайте блок-диаграмму, как показано на рисунке 4.4.

Рис. 4.4. Блок-диаграмма ВП Подсчёт итераций

- Поместите на блок-диаграмму функцию Random Number
 (Генератор случайных чисел), расположенную на палитре Функций в разделе Programming»Numeric. Эта функция генерирует случайные числа в пределах от 0 до 1.
- Поместите на блок-диаграмму функцию Multiply, расположенную в палитре Функций в разделе Programming»Numeric. Эта функция умножает текущее значение с выхода функции Random Number (Генератор случайных чисел) на 10000.
- ¹⁰⁰⁰⁰ Создайте константу. Для этого следует навести курсор на поле ввода данных функции **Multiply**, щелкнуть по нему правой кнопкой мыши и выбрать в контекстном меню пункт **Create**»**Constant.** С помощью инструмента ВВОД ТЕКСТА присвойте ей значение 10000.
- Поместите на блок-диаграмму функцию Round To Nearest (Округление до ближайшего целого), расположенную в палитре Функций в разделе Function»Numeric. Эта функция будет округлять полученное в пределах от 0 до 10000 случайное число до ближайшего целого числа.
- Коместите на блок-диаграмму функцию Not Equal?, расположенную в палитре Функций в разделе Programming»Comparison. Эта функция предназначена для сравнения случайного числа с числом, введенным в элемент управления Заданное число для сравнения. Если значения не равны, функция выдает значение TRUE.
- Поместите на блок-диаграмму цикл While, расположенный в палитре Функций в разделе Programming»Structures. Наведите курсор на терминал условия выхода, щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите пункт Continue if True.
 - Подсоедините терминал счетчика итераций к границе области цикла **While**. На границе цикла появится синий прямоугольник. Терминал

выходных данных цикла присоединен к функции приращения. При выполнении цикла счетчик итераций получает приращение, равное 1. После завершения цикла значение счетчика итераций передается на выход через терминал выхода цикла. Вне тела цикла значение счетчика итераций увеличивается на единицу для отображения количества выполненных итераций.

- •• Поместите на блок-диаграмму функцию Increment, расположенную в палитре Функций в разделе **Programming**»**Numeric**. Эта функция добавляет 1 к значению счетчика итераций после завершения выполнения цикла. Следует обратить внимание, что на терминале элемента Кол-во итераций имеется серая точка, означающая, что LabVIEW автоматически осуществляет преобразование типа данных счетчика итераций к типу данных терминала элемента Кол-во итераций.
 - 10. Сохраните ВП под именем Подсчет итераций.vi.

Запуск ВП

11. Перейдите на лицевую панель и измените значение элемента Заданное число для сравнения.

12. Запустите ВП. Измените значение элемента Заданное число для сравнения и запустите ВП снова. При этом элемент **Текущее случайное число** обновляется после каждой итерации цикла, потому что его терминал данных расположен внутри тела цикла. Значение же элемента **Кол-во итераций** обновляется после завершения цикла, потому что терминал данных этого элемента расположен вне тела цикла.

13. Чтобы посмотреть, как ВП обновляет значения элементов отображения информации, необходимо запустить ВП в режиме анимации. Для этого следует нажать на инструментальной панели кнопку Highlight Execution, показанную слева. Режим отладки анимирует поток данных, проходящих по блок-диаграмме. Таким образом, имеется возможность наблюдать изменения значений на каждом этапе их генерации.

14. Измените значение элемента Заданное число для сравнения таким образом, чтобы оно с увеличением на 1 выходило за установленный диапазон значений от 0 до 10000.

15. Запустите ВП. LabVIEW автоматически приведет новое значение к ближайшему значению в указанном диапазоне входных данных элемента.

16. Закройте ВП.

Конец упражнения 4.1.

Упражнение 4.2. Доступ к данным предыдущих итераций

Цель: использование сдвиговых регистров и узлов обратной связи для организации доступа к значениям на предыдущих итерациях цикла For.

Лицевая панель

Создайте лицевую панель, как показано на рис. 4.5, поместив два элемента отображения информации.

Feedback после	Этот ВП демонстрирует два способа использования узла обратной связи (Feedback)
0	yond coparition construct coddally
Feedback до	В первом случае узел обратной связи отрабатывается после элемента отображения значения функции.
0	Во втором случае узел обратной связи отрабатывается до элемента отображения значений фунуции



Блок-диаграмма

Создайте блок-диаграмму, показанную на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Блок-диаграмма ВП

1. Поместите на блок-диаграмму цикл For.

2. Задайте количество итераций 10.

3. Поместите две функции умножения.

4. Задайте коэффициент умножения равный 2 для каждого умножителя.

5. Соедините вход первого умножителя с его выходом. Связь образуется через узел обратной связи (Feedback node).

6. Поместите узел обратной связи (Feedback node) из палитры (Structures).

7. Соедините выход второго умножителя с входом узла обратной связи.

8. Замкните обратную связь на вход второго умножителя.

9. Появившимся входным терминалам на левой границе цикла, инициализирующим начальные значения регистров обратной связи, задайте значения 1.

10. Для замедления выполнения программы поместите на блок-диаграмму **функцию ожидания (Wait Until Next ms Multiple)** из панели **Timing**. Задайте интервал между итерациями, равный 1000 мс. Можно также использовать режим **Highlight Execution** (анимации выполнения блок-диаграммы). На данной блок-диаграмме один и тот же процесс выполняется дважды, при этом узел обратной связи помещен в различных местах соединения.

Запуск ВП

Запустите ВП. Программа в верхней части сначала считывает значение узла обратной связи, инициализированного значением 1. Затем это значение передается функции **Multiply**.

Программа в нижней части сначала считывает значения узла обратной связи, инициализированного значением 1. Затем это значение передается на цифровой элемент отображения. Функция **Multiply** не будет выполняться до следующей итерации цикла.

1. Активируйте режим анимации выполнения блок-диаграммы, нажав на кнопку **Highlight Execution.** Запустите ВП еще раз для наблюдения порядка выполнения программы. Отключите режим анимации для работы ВП в нормальном режиме.

2. Замените узел обратной связи сдвиговым регистром, как показано на следующей блок-диаграмме (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Блок-диаграмма ВП со сдвиговым регистром

а. Выделите нижний узел обратной связи и нажмите клавишу <**Delete**>, чтобы удалить его.

b. Щелкните правой кнопкой мыши по границе цикла и выберите пункт контекстного меню Add Shift Register.

с. Инициализируйте сдвиговый регистр значением 1.

d. Переименуйте верхний и нижний элементы отображения соответственно в Узел обратной связи и Сдвиговый регистр.

3. Запустите ВП. Обратите внимание, что узел обратной связи и сдвиговый регистр выполняют одинаковые функции.

4. Не закрывайте ВП, перейдите к выполнению дополнительных.

Дополнительное задание

1. Модифицируйте сдвиговый регистр, чтобы он отображал три последние итерации цикла **For**, как показано на блок-диаграмме (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Блок-диаграмма ВП со сдвиговым регистром, отображающим три последние итерации

а. Измените размер левого сдвигового регистра до трех элементов.

b. Инициализируйте все элементы сдвигового регистра значением 1.

с. Щелкните правой кнопкой мыши по каждому элементу и выберите пункт контекстного меню **Create**»**Indicator**. Назовите каждый элемент отображения.

2. Запустите ВП.

3. Закройте ВП, не сохраняя его.

Конец упражнения 4.2

Упражнение 5.1. ВП Работа с массивами

Цель: создание массивов и знакомство с функциями обработки массивов.

Выполните следующие шаги для создания ВП, который формирует массив случайных чисел, масштабирует полученный массив и выделяет из него подмножество.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Лицевая панель ВП

а. В палитре Modern»Array, Matrix & Cluster выберите шаблон массива.

b. Созданному массиву присвойте имя Массив случайных чисел.

с. Поместите внутрь шаблона массива цифровой элемент отображения, расположенный в палитре Modern»Numeric.

d. С помощью инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ измените размер массива таким образом, чтобы он содержал 10 элементов.

е. Нажмите и удерживайте клавишу Ctrl и, перемещая элемент Массив случайных чисел, создайте две его копии.

f. Копиям присвойте имена Конечный Массив и Подмножество Массива.

g. Создайте три цифровых элемента управления и присвойте им имена Масштабный коэффициент, Старт подмножества и Количество элементов подмножества.

h. Щелкните правой кнопкой мыши по элементам Старт подмножества и Количество элементов подмножества, в контекстном меню выберите пункт Representation, затем пункт I32.

і. Значения элементов управления данных не изменяйте.

2. Постройте блок-диаграмму, как показано на рис. 5.2.



Рис. 5.2. Блок-диаграмма ВП

Выберите функцию **Random Number (0-1)**, расположенную в палитре **Programming**»**Numeric.** Эта функция будет генерировать случайное число в пределах от 0 до 1.

Выберите цикл For, расположенный в палитре Programming»

- Structures. Этот цикл на терминале выхода накапливает массив из 10 случайных чисел. Терминалу количества итераций присвойте значение 10.
- Выберите функцию Array Subset, расположенную в палитре Programming»Array. Эта функция выдает подмножество массива, начиная со значения, введенного в элементе Старт подмножества, и будет содержать количество элементов, указанное в элементе Количество элементов подмножества.
 - 3. Сохраните ВП под именем Работа с массивами.vi

Запуск ВП

N

i

4. Перейдите на лицевую панель, измените значения элементов управления и запустите ВП.

Цикл For совершит 10 итераций. Каждая итерация создаст случайное число и сохранит его в терминале выхода из цикла. В элементе Массив случайных чисел отобразится массив из 10 случайных чисел. ВП умножит каждое значение этого массива на число, введенное в элемент управления Масштабный коэффициент, для создания массива, отображаемого В индикаторе Конечный массив. ВΠ выделит подмножество из получившегося массива, начиная со значения в элементе Старт подмножества, длиной, указанной в элементе Количество элементов подмножества, и отобразит это подмножество в индикаторе Подмножество массива.

5. Закройте ВП.

Конец упражнения 5.1.

Упражнение 6.1. ВП Работа с кластерами

Цель: создание кластеров на лицевой панели. Используя функции обработки кластеров, собирать и демонтировать кластеры

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 6.1.

Кластер	Модифицированный кластер	Стоп
Число (+) 0	Число	стоп
Логический 1 Логический 2	Логический 1 Логический 2	Число 0
Слайд 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 0 2 4 6 8 10	Слайд 1 ' 1 ' 1 ' 1 ' 1 ' 1 0 2 4 6 8 10	Логический 2
	маленький кластер	
	Логический 1 Значение слайда 4,94949	

Рис. 6.1. Лицевая панель ВП

а. Поместите на лицевую панель кнопку «Стоп» и круглый светодиод.

b. Из палитры Modern»Array, Matrix & Cluster выберите шаблон кластера.

с. Объекты лицевой панели, показанные на иллюстрации, поместите в шаблон кластера.

d. Создайте и переименуйте копию элемента Кластер в Модифицированный Кластер. После этого щелкните правой кнопкой мыши по границе шаблона кластера Модифицированный Кластер и выберите из контекстного меню пункт Change to Indicator.

е. Повторите пункт d для создания элемента Маленький кластер. Измените его, как показано на рисунке.

2. Проверьте порядковые номера элементов в кластерах Кластер и Маленький кластер. Порядковые номера элементов кластера Модифицированный кластер и Кластер должны совпадать.

а. Щелкните правой кнопкой мыши по границе шаблона каждого кластера, из контекстного меню выберите пункт **Reorder Controls in Cluster.**

b. Порядковые номера элементов установите, как показано на рис. 6.2.



Рис. 6.2. Порядковые номера элементов в кластере

Блок-диаграмма

3. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 6.3.



Рис. 6.3. Блок-диаграмма ВП

Из палитры **Programming**»Cluster выберите функцию Unbundle. Эта функция разъединяет кластер Кластер. Измените ее размер до четырех полей ввода данных или соедините терминал данных кластера с функцией для автоматического добавления полей ввода данных.

Из палитры **Programming**»Cluster выберите функцию Bundle. Она объединит элементы в кластер Маленький кластер.

Из палитры Programming»Cluster выберите функцию Unbundle by Name. Она выделит два элемента из кластера Кластер. Измените размер функции так, чтобы она имела два поля вывода данных. Если имена в полях вывода данных отличаются от показанных на иллюстрации, следует щелкнуть правой кнопкой мыши по имени элемента и в контекстном меню войти в раздел Select Item.



Из палитры **Programming**»**Numeric** выберите функцию **Increment**. Она добавит 1 к значению элемента **Число**.

Из палитры **Programming**»**Boolean** выберите функцию Not. Она выдаст логическое отрицание элемента **Логический 1.**

Programming»Cluster выберите Из палитры функцию Число Логический 1 Bundle by Name, которая изменит значения элементов Число и Логический в кластере Кластер и создаст Модифицированный кластер. Измените размер этой кластер функции на два поля ввода данных. Если имена в полях вывода отличаются от показанных на иллюстрации, данных следует щелкнуть правой кнопкой мыши по имени элемента и в контекстном меню войти в раздел Select Item.

4. Сохраните ВП под именем Работа с кластерами, vi

Запуск ВП

- 5. Перейдите на лицевую панель и запустите ВП.
- 6. Поменяйте значения элементов в кластере Кластер и запустите ВП.
- 7. Закройте ВП.

Конец упражнения 6.1.

Упражнение 7.1. Использование различных типов графиков

Цель: изучение способов отображения информации на графиках различного типа.

A. Waveform Chart

А.1. Однолучевая осциллограмма

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Лицевая панель ВП

а. Поместите на панель график Waveform Chart из палитры Modern»Graph.

b. Поместите на лицевую панель кнопку Stop из палитры Modern» Boolean.

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 7.2.



Рис. 7.2. Блок-диаграмма ВП

Поместите на блок-диаграмму цикл While, расположенный в палитре Функций в разделе **Programming**»Structures.

Выберите функцию **Random Number (0-1),** расположенную в палитре **Programming**»**Numeric.** Эта функция будет генерировать случайное число в пределах от 0 до 1.



Для замедления выполнения программы поместите на блокдиаграмму **Wait Until Next ms Multiple** из панели **Timing**. Задайте интервал между итерации, равный 50 мс.

Запуск ВП

3. Перейдите на лицевую панель и запустите ВП.

4. Наблюдайте за процессом формирования графика до заполнения. Обратите внимание, как обновляются данные на графике при его заполнении.

5. Остановите ВП.

6. Смените тип обновления индикатора Waveform Chart на Scope Chart. Для этого щелкните правой кнопкой мыши на Waveform Chart на лицевой панели ВП. В контекстном меню выберите Advanced»Update Mode»Scope Chart.

7. Запустите ВП. Обратите внимание на то, как обновляется **Waveform Chart.**

8. Остановите ВП.

9. Смените тип обновления индикатора Waveform Chart на Sweep Chart. Для этого щелкнете правой кнопкой мыши на Waveform Chart на лицевой панели ВП. В контекстном меню выберите Advanced»Update Mode»Sweep Chart.

10. Запустите ВП. Обратите внимание на то, как обновляется Waveform Chart.

11. Остановите ВП.

А.2. Двулучевая осциллограмма

12. Измените блок-диаграмму в соответствии с рис. 7.3.



Рис. 7.3. Блок-диаграмма ВП

☐ Из палитры Programming»Cluster & Variant выберите функцию Bundle.

13. Запустите ВП и наблюдайте отображение двух графиков на одном поле **Waveform chart.**

14. Остановите ВП.

B. Waveform Graph

В.1. Однолучевая осциллограмма

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 7.4.



Рис. 7.4. Лицевая панель ВП

Поместите на панель график Waveform Graph из палитры Modern»Graph.

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 7.5.



Рис. 7.5. Блок-диаграмма ВП

Выберите цикл For, расположенный в палитре Programming» Structures. Задайте количество итераций, равное 21.



i

N

Выберите функцию **Random Number (0-1),** расположенную в палитре **Programming**»**Numeric.** Эта функция будет генерировать случайное число в пределах от 0 до 1.



Для замедления выполнения программы поместите на блокдиаграмму функцию ожидания (Wait Until Next ms Multiple) из панели Timing. Задайте интервал между итерации, равный 100 мс.



Поместите функцию **Divide** из палитры **Programming**»**Numeric** для перевода единиц измерения времени задержки между итерациями из миллисекунд в секунды.

Из палитры Programming»Cluster & Variant выберите функцию Bundle.

Запуск ВП

3. Запустите ВП. На **Waveform Graph** должен отобразиться график с временными метками на оси Х.

В.2. Двулучевая осциллограмма

4. Измените блок-диаграмму в соответствии с рис. 7.6.



Рис. 7.6. Блок-диаграмма ВП

Из палитры **Programming**»Array выберите функцию **Build Array** для объединения двух осциллограмм.

5. Запустите ВП и наблюдайте отображение двух графиков на одном поле **Waveform Graph.**

C. XY Graph

С.1. Однолучевая осциллограмма

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, показанную на рис. 7.7.



Рис. 7.7. Лицевая панель ВП

а. В палитре Modern»Graph выберите XY Graph.

b. Присвойте графику имя **ХҮ график окружности.**

с. Переименуйте надпись График 0 на панели Plot legend в Окружность.

d. Щелкните правой кнопкой мыши на панели Plot legend и выберите из контекстного меню в разделе Point Style точки в форме маленьких квадратов.

е. Переименуйте и измените диапазон шкал, как показано на рис. 7.7.

Блок-диаграмма

2. Построите блок-диаграмму в соответствии с рис. 7.8.



Рис. 7.8. Блок-диаграмма ВП

В палитре Programming»Mathematics»Elementary & Special Functions»Trigonometric выберите функцию Sin & Cos. Эта функция создает массив данных, содержащий один период функций синуса и косинуса.

- В палитре **Programming**»Cluster & Variant выберите функцию **Bundle**. Эта функция объединяет массивы синуса и косинуса в кластер.
- В палитре Programming»Numeric» Math & Scientific Constants выберите константу 2π .

3. Перейдите на лицевую панель и запустите ВП. Убедитесь, что на графике отображается окружность.

4. Закройте ВП.

С.2. Двулучевая осциллограмма

4. Измените блок-диаграмму в соответствии с рис. 7.9.



Рис. 7.9. Блок-диаграмма ВП

Из палитры **Programming**»Array выберите функцию **Build Array** для объединения двух осциллограмм.

5. Запустите ВП и наблюдайте отображение двух графиков на одном поле **ХУ Graph**.

6. Закройте ВП.

Конец упражнения 7.1.

Упражнение 8.1. Использование структуры Case

Цель: изучение способов управления структурой Case данными различного типа.

А. Выбор вариантов с помощью логического условия

Выполните следующие шаги для построения ВП, который проверяет входное число на знак, вычисляет его квадратный корень или выдает сообщение об ошибке, если число отрицательное.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 8.1.



Рис. 8.1.

Лицевая панель ВП

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму, показанную на рис. 8.2:





Блок-диаграмма ВП. Вариант

Поместите на блок-диаграмму структуру Case, расположенную в палитре Programming»Structures.

Используйте стрелки уменьшения или увеличения селектора структуры для выбора варианта FALSE.

Поместите на блок-диаграмму функцию Greater or Equal to 0?, расположенную в палитре Programming»Comparison. Функция возвращает значение TRUE, если число больше или равно 0.

Щелкните правой кнопкой мыши по численной константе и в контекстном меню выберите пункт Format & Precision. Установите Digits of Precision равным 1, выберите вид представления Floating Point Notation и нажмите кнопку ОК.

Поместите на блок-диаграмму One Btn Dialog, расположенный в палитре Programming» Dialog & User Interface. Это диалоговое окно будет отображать сообщение «Ошибка... Отрицательное число».

Щелкните правой кнопкой мыши по полю ввода/вывода message функции **One Btn Dialog** и в контекстном меню выберите пункт **Create**»**Constant.** Введите текст «**Ошибка... Отрицательное число**».

3. Выберите вариант TRUE.

Поместите функцию Square Root на блок-диаграмму, как показано на рис. 8.3.



Рис. 8.3. Бло

Блок-диаграмма ВП. Вариант

Функция размещена в палитре **Programming**»**Numeric.** Она возвращает квадратный корень входного числа.

4. Сохраните созданный ВП под именем Извлечение квадратного корня, vi

Запуск ВП

5. Отобразите лицевую панель и запустите ВП.

Внимание! <u>Не запускайте ВП кнопкой непрерывного запуска,</u> так как при определенных обстоятельствах запуск этого ВП в непрерывном режиме может привести к бесконечному циклу.

Если входное значение элемента управления Число положительно, то выполнится подпрограмма варианта TRUE и вычисляется значение квадратного корня. Если значение элемента Число является отрицательным, то выполнится подпрограмма варианта FALSE, которая возвращает –99999,0 и отображает диалоговое окно с сообщением «Ошибка... Отрицательное число».

6. Закройте ВП.

В. Выбор вариантов с помощью Combo Box

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 8.4.



Рис. 8.4. Лицевая панель ВП

а. Поместите на панель элемент текстового раскрывающегося списка **Combo Box** из палитры **Modern**»**String & Path** и назовите его «Выбор графика».

b. Для формирования элементов раскрывающегося списка щелкните правой кнопкой мышки на элементе **Combo Box** и выберите в контекстном меню пункт **Edit Items...**

с. Введите следующие пункты раскрывающегося списка: sin, cos, tg (рис 8.5).

d. После ввода всех трех элементов нажмите ОК.

nnearance	Edit Items	Documentation	Data Binding	Key Navigation	
ppearance	1	Documentation	Data binding	Key Navigation	
Values m	atch Items	1.1.0.0.0.1.2		_	
Items		Value:	;	🔼 Inser	rt
sin		SID			
cos ta		ta		Delet	e
- 2				Move	Up
					2.32
				Move D	own
Allow und	defined values	at run time			

Рис. 8.5. Настройка элементов раскрывающегося списка

е. Поместите на панель график XY Graph из палитры Modern»Graph.

f. Отмените автомасштабирование осей графика. Для этого откройте контекстное меню **XY Graph** и, выбрав пункты для осей X и Y соответственно **X(Y) Scale**»AtoScale X(Y), снимите галочки.

g. Установите следующие параметры осей.

Ось Х: минимальное значение 0, максимальное значение 360, шаг 20. Ось Ү: минимальное значение –1, максимальное значение 1, шаг 0,2.

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 8.6.



Рис. 8.6. Блок-диаграмма ВП

- В палитре Programming»Numeric» Math & Scientific Constants выберите константу 2π .
- Выберите цикл For, расположенный в палитре Programming» Structures. Для формирования полного периода графика тригонометрических функций задайте количество итераций, равное 361. Организуйте численное преобразование градусов в радианы по формуле

$$\alpha(pad) = \frac{\alpha(rpad) \cdot \pi}{180}$$

Поместите Case Structure из палитры Programming»Structures на блок диаграмму.

Подключите Combo Box «Выбор графика» к входу условия Case Structure.

Замените названия вкладок структуры «True» на «sin» и «False» на «cos».

Добавьте еще одну вкладку в **Case Structure**, щелкнув правой кнопкой мыши на названиях вкладок, и выберите в контекстном меню пункт **Add Case After.** Назовите её «tg».

Поместите в каждую вкладку в соответствии С названиями тригонометрические функции sin, cos И tg ИЗ палитры **Programming**»Mathematics»Elementary & Special **Functions**» Trigonometric (рис. 8.7).



Рис. 8.7. Функции вкладок Case Structure.

Из палитры Programming»Cluster & Variant выберите функцию Bundle.

Запуск ВП

3. Перейдите на лицевую панель и запустите несколько раз ВП с различными значениями в **Combo Box**. Убедитесь, что на графике правильно отображаются тригонометрические функции.

4. Закройте ВП.

С. Обработчик ошибок

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано на рис. 8.8.

status code	status code
√	0
source	source

Рис. 8.8. Лицевая панель ВП

Поместите на панель два кластера Error In 3D.ctl и Error Out 3D.ctl из палитры Modern»Array, Matrix & Cluster.

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 8.9*a*. На рис. 8.9*б* изображены вторые вкладки структур Case (False для первой структуры Case и No Error для второй структуры Case).



Рис. 8.9. Блок-диаграмма ВП
- Выберите цикл For, расположенный в палитре Programming»
 Structures. Задайте количество итераций равное 6.
 - Поместите сдвиговый регистр в цикл, щелкнув правой кнопкой мыши на границе цикла и выбрав пункт Add Shift Register в контекстном меню.
- Поместите на блок-диаграмму функцию Equal?, расположенную в палитре Programming»Comparison. Подключите к первому входу счетчик итераций цикла, а ко второму подключите константу, равную 3. Функция Equal? на четвертой итерации должна запустить формирование ошибки.
- Поместите Case Structure из палитры Programming»Structures на блок диаграмму. В данной структуре необходимо сформировать во вкладке True добавление в кластер кода ошибки.
- Поместите функцию Bundle by Name из палитры Programming» Cluster & Variant во вкладку True структуры Case. Подсоедините функцию Bundle by Name к исходному кластеру ошибок и установите соответствующие константы для полей кластера Status и Code.

Поместите еще одну структуру **Case.** Соедините вход условия с проводом кластера ошибок.

Поместите функцию очистки ошибки Clear Errors из палитры Programming»Dialog & User Interface во вкладку True второй структуры Case.

Запуск ВП

3. Запустите ВП в режиме отладки и наблюдайте, как происходит передача данных на блок-диаграмме.

Первая структура Case является моделью ВП, у которого на четвертой итерации цикла происходит ошибка выполнения. Вторая структура Case является обработчиком ошибок, в которой при появлении ошибки выполняются специальные действия по устранению ошибки (в данном случае простое удаление информации об ошибки).

4. Закройте ВП.

Конец упражнения 8.1.

Упражнение 9.1. ВП Компоновка строки

Цель: приобретение навыков по использованию функций обработки строк.

Ниже приведена последовательность действий для создания ВП, который преобразует числовые данные в строку и объединяет строку с другими строками в одну. Затем после поиска по шаблону полученная часть строки переводится в числовой формат.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и оформите лицевую панель, как показано на рис. 9.1. Воспроизводить комментарии и подписи к элементам не обязательно.

Заголовок	Число	Ед. измерения	
Напряжение =	()6	Вольт	
Комбинированная (трока		Длина строки
Напряжение = 6,0	1000 Вольт		25
Строка 2		Число	
Ток в фазе А: 135,	,6	135,6	

Рис. 9.1. Лицевая панель ВП

Для элементов Длина строки установите тип представления данных I32.

Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму, как показано на рис. 9.2.



Рис. 9.2.

Блок-диаграмма ВП

Выберите функцию Format Into String, расположенную в палитре Programming»String, которая преобразует число в строку.

а. Щелкните правой кнопкой мыши по функции Format Into String и выберите пункт Edit Format String для вызова соответствующего диалогового окна.

b. В открывшемся окне в строку Corresponding format string введите %.4f.

с. Нажмите на кнопку ОК. LabVIEW создаст формат строки %.4f в виде константы, подключенной к входу format string BП Format Into String.

d. С помощью инструмента ВВОД ТЕКСТА введите пробел с обеих сторон %.4f. Таким образом, на элементе Комбинированная строка числовые данные появятся с пробелами с обеих сторон.

е. Выберите функцию **Concatenate Strings**, расположенную в палитре **Programming**»**String**. Она объединит входящие в нее строки в одну.

f. Выберите функцию String Length, расположенную в палитре **Programming**»String, которая выдаст значение количества символов в объединенной строке Комбинированная строка.

g. Выберите функцию **Match Pattern**, расположенную в палитре **Programming**»**String**, которая осуществляет поиск в элементе Строка 2 по шаблону «:» (двоеточие).

h. Щелкните правой кнопкой мыши по полю regular expression и выберите пункт контекстного меню Create»Constant, введите символ «:».

i. Выберите функцию Scan from String, расположенную в палитре **Programming**»String. Она преобразует строку после двоеточия в числовые данные.

j. Выход ВП Match Pattern **after substring** подключите к ВП Scan from String к входу **input string**.

Запуск ВП

3. Измените значение элементов на лицевой панели и запустите ВП, который объединит элементы Заголовок, Число и Ед. измерения в строку Комбинированная строка и выдаст значение длины строки.

ВП также найдет месторасположение подстроки в элементе Строка 2. При выполнении ВП преобразует строку после двоеточия в число.

4. Закройте ВП.

Конец упражнения 9.1.

Упражнение 10.1. ВП Запись файла

Цель: запись данных в текстовый и бинарный файлы с последующим счетом данных из файлов.

А. Запись и чтение текстовых файлов

А.1. Запись в файл

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и оформите лицевую панель, как показано на рис. 10.1.

Путь к файлу		and the second
ፄ D:\data.txt		
Величина	Значение	Ед. измерения
Напряжение	232,5	Вольт



В палитре Modern»String & Path выберите элемент отображения пути, который отобразит путь к созданному файлу данных.

Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 10.2.



Рис. 10.4 –

Блок-диаграмма ВП



Поместите на блок-диаграмму подпрограмму ВП **Open/Create/Replace File,** расположенную в палитре **Programming»File I/O.**

а. Щелкните правой кнопкой мыши по полю operation и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите replace or create.

b. Щелкните правой кнопкой мыши по полю access и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите write-only.

Выберите функцию Write To Text File, расположенную в палитре Programming»File I/O. Эта функция записывает объединенную строку в файл.

Выберите функцию Close File, расположенную в палитре **Programming**»File I/O. Эта функция закрывает файл.



Выберите подпрограмму ВП Simple Error Handler, расположенную в палитре Programming»Dialog & Users Interface. Этот ВП проверяет кластер ошибок и выводит диалоговое окно при возникновении ошибки.

Для преобразования числа «Значение» в строку выберите функцию **Format Into String**, расположенную в палитре **Programming**»**String**.

Выберите функцию **Concatenate Strings**, расположенную в палитре **Programming**»**String**, для объединения строк в одну строку, которая будет записана в файл.

3. Сохраните ВП.

Запуск ВП

4. Введите путь и имя файла в элемент «Путь к файлу».

5. Запустите прибор. ВП запишет в файл данные из элементов Величина, Значение и Единица измерения.

6. Откройте созданный файл Блокнотом и убедитесь, что данные записаны верно.

7. Закройте ВП.

А.2. Чтение текстового файла

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, используя элемент управления путем к файлу и строковый элемент отображения в палитре **Modern**»String & Path (рис. 10.3).

8	<u>_</u>
Строка считанная из файла	9
	_

Рис. 10.3.

Лицевая панель ВП

Блок-диаграмма

2. Постройте следующую блок-диаграмму в соответствии с рис. 10.4.



Рис. 10.4.

Блок-диаграмма ВП

Поместите на блок-диаграмму подпрограмму ВП Open/Create/Replace File, расположенную в палитре Programming»File I/O.

а. Щелкните правой кнопкой мыши по полю operation и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите open.

b. Щелкните правой кнопкой мыши по полю access и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите read-only.

В палитре Functions»File I/O выберите функцию Read from Text File.





abc

ď

Выберите подпрограмму ВП Simple Error Handler, расположенную в палитре Programming»Dialog & Users Interface.

3. Сохраните ВП.

Запуск ВП

4. Перейдите на лицевую панель, нажмите кнопку **Browse** (обзор) в элементе управления Путь к файлу.

5. Выберите файл, созданный в предыдущей части упражнения и нажмите на кнопку Open или OK.

6. Запустите ВП. Строка, считанная из файла, отобразится на лицевой панели ВП.

7. Закройте ВП.

В. Запись и чтение бинарных файлов

В.1. Запись в файл

Лицевая панель



1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель (рис. 10.5).

Рис. 10.5.

Лицевая панель ВП

Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму, как показано на рис. 10.6.



Рис. 10.6.

Блок-диаграмма ВП

Поместите на блок-диаграмму подпрограмму ВП **Open/Create/ Replace File,** расположенную в палитре **Programming**»**File I/O.**

а. Щелкните правой кнопкой мыши по полю operation и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите replace or create.

b. Щелкните правой кнопкой мыши по полю access и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите write-only.

0101

ď

Выберите функцию Write To Binary File, расположенную в палитре Programming»File I/O. Эта функция записывает кластер в файл.

Выберите функцию Close File, расположенную в палитре **Programming**»File I/O. Эта функция закрывает файл.



Выберите ВП Simple Error Handler, расположенную в палитре **Programming**»Dialog & Users Interface. Этот ВП проверяет кластер ошибок и выводит диалоговое окно при возникновении ошибки.



Выберите ВП Mean, расположенную в палитре Programming» Mathematics» Probability & Statistics. Этот ВП вычисляет среднее значение элементов массива.

3. Сохраните ВП.

4. Введите путь и имя файла в элемент «Путь к файлу».

5. Запустите прибор. ВП запишет в файл данные, отображаемые на графике, и их среднее значение. Данные, записанные в бинарный файл, возможно считать только средствами LabVIEW.

6. Закройте ВП.

В.2. Чтение из файла

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель (рис. 10.7).





Лицевая панель ВП

Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 10.8.



Рис. 10.8.

Блок-диаграмма ВП



Поместите на блок-диаграмму подпрограмму ВП **Open/Create/ Replace File,** расположенную в палитре **Programming**»File I/O.

а. Щелкните правой кнопкой мыши по полю operation и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите open.

b. Щелкните правой кнопкой мыши по полю access и в контекстном меню выберите пункт Create»Constant. В созданной константе выберите read-only.

Выберите функцию **Read from Binary File,** расположенную в палитре **Programming**» **File I/O.** Она записывает кластер в файл.

Вы Вы

Выберите функцию Close File, расположенную в палитре **Programming**»File I/O, которая закрывает файл.



Выберите ВП Simple Error Handler, расположенную в палитре **Programming»Dialog & Users Interface.** Этот ВП проверяет кластер ошибок и выводит диалоговое окно при возникновении ошибки.

Соберите кластер, предназначенный ДЛЯ определения типа считываемых данных. Структура кластера должна повторять кластер, который использовался при записи данных в файл. При этом значения чисел, объединенных в кластер, не используются, а используются только типы В случае кластер состоит данных. данном ИЗ кластера И плавающей точкой (DBL). осциллограммы числа С Кластер осциллограммы состоит из двух целых чисел (ІЗ2) и массива чисел с плавающей точкой (DBL). Подключите полученный кластер к входу Data type B∏ Read from Binary File.

3. Сохраните ВП.

Запуск ВП

4. Перейдите на лицевую панель, нажмите кнопку **Browse** (обзор) в элементе управления Путь к файлу.

5. Выберите файл, созданный в предыдущей части упражнения, и нажмите на кнопку Open или OK.

6. Запустите ВП. Индикаторы на лицевой панели должны отобразить записанную в файл информацию.

7. Закройте ВП.

Конец упражнения 10.1.

Упражнение 11.1. Использование Measurement & Automation Explorer

Цель: познакомиться с разделом Устройства и Интерфейсы проводника по средствам измерений и автоматизации и исследовать функциональные возможности панели тестирования.

1. Соедините проводом выход генератора сигналов FUNC_OUT и аналоговый вход ACH0+.

Примечание. Не изменяйте никаких установочных параметров в течение этого упражнения. Оборудование было настроено надлежащим образом, и любое изменение, сделанное Вами, может вызвать ошибки в последующих упражнениях.

2. Запустите MAX двойным нажатием кнопки мыши на его иконке на рабочем столе либо выберите Пуск»Все Программы»National Instruments» Measurement & Automation.

3. Дважды щелкните раздел **Devices and Interfaces.** MAX осуществит поиск установленного оборудования и отобразит найденное.

4. Дважды щелкните раздел **NI-DAQmx Devices.** В списке отобразится тип DAQ устройства, установленного в компьютере, и его имя. По умолчанию присваивается имя "Dev1". Если устройства нет в списке, выберите View»Refresh.

5. Щелкните правой кнопкой мыши на имени DAQ устройства и выберите из появившегося контекстного меню опцию **Self-Test.** Появится диалоговое окно, указывающее о прохождении устройством теста. Нажмите на кнопку OK, чтобы закрыть диалоговое окно.

Примечание. Если DAQ устройство не прошло самопроверку, сообщите об этом преподавателю.

6. Щелкните правой кнопкой мыши на имени DAQ устройства и выберите из появившегося контекстного меню опцию **Properties.** Появится диалоговое окно **Device Properties.**

С помощью закладки **RTSI Configuration** можно определить, подключен ли к устройству RTSI кабель. RTSI кабель передает внутренние сигналы от одного устройства к другому.

Закладка Accessory позволяет выбрать и настроить любое вспомогательное оборудование, присоединенное к DAQ устройству. Устройства, перечисленные во вкладке вспомогательного оборудования, обычно обеспечивают некоторую форму согласования сигналов или позволяют увеличить число каналов измерений. Если вспомогательное устройство не изменяет способа измерения сигналов, то оно не появится в этом списке.

Нажмите кнопку ОК для выхода из диалогового окна Device Properties.

7. Щелкните правой кнопкой мыши на имени DAQ устройства и выберите из появившегося контекстного меню опцию **Test Panels**. Появится диалоговое окно **Test Panels** (рис. 11.1). Вкладка **Analog Input** позволяет просмотреть величины сигналов в каналах аналогового ввода.

		Max Inpul	t Limit	Rate (Hz)	
Dev1/ai0	~	10	*	1000	\$
Mode		Min Input	Limit	Samples To	Read
Continuous	*	-10	\$	100	\$
Input Configuration		896.		de	
RSE	~				
-5- -10- 127,2k			Val	ue -0,0001	127,3

Рис.11.1.	Тестовая панель
Рис.11.1.	Тестовая панель

Установите значения в раскрывающихся списках окна Test Panels.

Параметр	Значение
Channel Name	Dev/ai0
Mode	Continuos
Input Configuration	RSE
Max Input Limit	10
Min Input Limit	-10
Rate (Hz)	1000
Samples To Read	100

Нажмите кнопку **Start.** На развертке должно отобразиться синусоидальное напряжение.

8. Чтобы изменить амплитуду либо частоту генератора, измените положение его управляющих ручек на лицевой панели макетного стенда ELVIS.

9. Нажмите на кнопку **Stop.**

Примечание. Панель тестирования _ эффективный метод неисправностей, поскольку работает нахождения утилита С оборудованием на более низком уровне, чем LabVIEW. Если панель тестирования функционирует правильно, а ВП LabVIEW не работает, то проблема с виртуальным прибором. Если же не работает панель тестирования, то проблема с оборудованием или настройкой драйвера.

Выпадающее меню Acquisition Mode (Режим сбора данных) содержит следующие опции:

- **On Demand (По запросу)** считывает одну точку данных;
- Finite (Ограниченно) отображает количество данных для заполнения только одного кадра развертки;
- Continuous (Непрерывно) непрерывно отображает данные порциями для заполнения одного кадра развертки.

Режимы сбора данных Finite и Continuous позволяют изменять частоту выборки (дискретизации).

10. Выполните следующие действия для повышения точности отображения на графике.

а. На лицевой панели ELVIS установите **Coarse frequency (диапазон частоты)** в положение 500 Гц и поверните ручку **Подстройка частоты** в крайнее левое положение.

b. На панели тестирования установите режим сбора данных **Acquisition Mode** в значение **Finite** или **Continuous** и попробуйте различные значения частоты **Rate**, такие, как 5000, 10000 или 15000, пока развертка не покажет гладкий синусоидальный сигнал.

11. Выберите вкладку аналогового вывода **Analog Output.** Здесь Вы можете сгенерировать постоянное напряжение или синусоидальный сигнал на одном из каналов аналогового вывода устройства сбора данных. Выполните следующие действия для генерации постоянного напряжения в нулевом канале аналогового вывода.

а. Подсоедините аналоговый вывод DAC0 к аналоговому вводу ACH0+ на макетном стенде ELVIS.

b. Выберите опцию DC Value в меню режима генерации Mode.

с. Введите 5 в поле значения выходного напряжения **Output Value** и нажмите **Update**.

12. Выберите вкладку Analog Input.

a. Установите режим сбора данных Acquisition Mode в значение On Demand.

b. Нажмите кнопку **Start.** На графике Вы должны увидеть напряжение 5 В.

с. Нажмите кнопку Stop.

13. Выберите вкладку **Digital I/O** для работы с восемью цифровыми линиями DAQ устройства. Здесь вы можете настроить каждую линию на работу в режиме входной либо выходной линии.

14. Предварительная настройка NI ELVIS.

а. Установите переключатель COMMUNICATION на лицевой панели NI ELVIS в положение BYPASS.

b. Запустите ВП *Bypass Elvis.vi*, находящийся рабочем столе.

с. Если загорелся индикатор на лицевой панели ВП Bypass Elvis.vi, значит, переключение NI ELVIS в режим Bypass произошло успешно. Если в результате работы ВП произошла ошибка, то необходимо повторить пункты а и b, предварительно выключив и снова включив NI ELVIS.

15. Закройте ВП *Bypass Elvis.vi*.

16. Соедините цифровой вывод **DI0** к выводу светодиода **LED0**.

17. На вкладке Digital I/O тестовой панели в разделе Select Port, в раскрывающимся списке Port Name установите значение port0.

18. Для настройки порта на вывод в разделе Select Direction нажмите кнопку All Output.

19. Нажмите кнопка Start.

20. В разделе Select State переключите несколько раз переключатель, соответствующий значению нулевой выходной линии порта. В зависимости от состояния переключателя на NI ELVIS должен включаться либо выключаться светодиод.

21. Нажмите кнопку Stop.

22. Нажмите вкладку **Counter I/O**. Выполните следующие действия для проверки функционирования счетчика/таймера:

а. Выберите в раскрывающихся списках Channel Name – Dev1/ctrO, Mode – Edge Counting, Edge Source – /Dev1/20MHzTimeBase. В данном режиме будет происходить подсчет импульсов сигнала тактового генератора с частотой 20 МГц.

b. Нажмите кнопку Start. Значение на индикаторе числа импульсов Counter Value должно быстро расти.

с. Нажмите кнопку Stop для остановки проверки счетчика.

23. Закройте панель тестирования и выйдете из МАХ.

Конец упражнения 11.1.

Упражнение 11.2. Помощник по сбору данных

Цель: создание двух NI-DAQmx каналов с использованием помощника DAQ Assistant, и NI-DAQmx задачу для каждого канала.

Вам необходимо будет создать специальную шкалу для преобразования единиц измерения значений датчика температуры из напряжения в градусы Цельсия.

А. Создание каналов

1. Соберите схему для измерения температуры на основе датчика К1019ЕМ1 согласно рис. 11.2 на макетном поле NI ELVIS.



температуры;

2. Если Вы закрыли МАХ в предыдущем упражнении, запустите его снова, дважды щелкая кнопкой мыши на его иконке на рабочем столе.

3. Для настройки каналов с Помощником по сбору данных щелкните правой кнопкой мыши на разделе **Data Neighborhood** и выберите из появившегося контекстного меню опцию **Create New**.

4. Создайте глобальный канал для датчика температуры. Для этого выберите NI-DAQmx Global Virtual Channel и нажмите кнопку Next.

5. В появившемся диалоговом окне раскройте список Acquire Signals, а затем список Analog Input для определения типа измерения и в списке выберите Voltage.

Хотя Вы производите измерение температуры при помощи датчика температуры К1019ЕМ1, не выбирайте **Temperature** в качестве типа датчика. Применяйте его при использовании специальных преобразователей температуры, таких, как термопары или температурные резистивные детекторы.

6. Следующее диалоговое окно поможет Вам выбрать физический канал для использования в Вашем виртуальном канале. Для **DevX**, где X соответствует номеру Вашего DAQ устройства, выберите **ai0** и нажмите **Next**.

7. Назовите канал **Temperature Sensor**. Нажмите кнопку **Finish.** В МАХ должна появиться следующая конфигурация канала (рис. 11.3).

🤹 Temperature Sensor - Measuremen	t & Automation Explorer	
File Edit View Tools Help		
Configuration	Save Save -	📌 Hide Help
 Wy System Data Neighborhood Im NI-DAQmx Global Virtual Chann Im SNI-DAQmx Tasks Im Devices and Interfaces Scales Software Software If VI Logger Tasks If Softwares If NU Logger Tasks If Softwares Remote Systems 	10 99 Time 99 Time AutoScale Y-Axis Image Configuration Channel Settings Show Details Image Voltage Input Setup Settings Calibration	CBack
	Signal Input Range Max 10 Win -10 Volts Terminal Configuration Differential Custom Scalleg	other hand, are waveforms that constantly increase, decrease, and reverse polarity. Most powerlines deliver AC voltage.
<u><</u>	Image: State of the state o	ureate New to create a new custom scale.

Рис. 11.3.

Окно для тестирования

8. Нажмите кнопку **Run** для запуска панели тестирования и убедитесь, что снимаемые данные находятся в диапазоне от 2 до 3 В. Нажмите кнопку **Stop** для останова тестирования канала. После создания N1-DAQmx канала в MAX всегда проверяйте канал перед тем, как продолжить создание других каналов.

9. Повторите шаги с 3-го по 8-й для создания еще одного канала со следующими настройками:

• Второй канал – Синусоидальный сигнал

- Measurement Type: Analog input
- Sensor Type: Voltage
- Physical Channel: ail
- Название: Sine Wave

Примечание. Подайте синусоидальное напряжение с выхода FUNC_OUT функционального генератора NI ELVIS на ACH1+, а ACH1– подключите к общему проводу.

В первой части данного упражнения Вы создали два глобальных канала. Когда два канала или больше имеют похожие требования по частоте выборки и синхронизации, то их объединение в логическую группу называется NI-DAQmx Task. Создайте задачу и добавьте два предварительно созданных глобальных канала и один локальный канал в эту задачу.

1. Щелкните правой кнопкой мыши на **Data Neighborhood** и выберите из появившегося контекстного меню **Create** New.

2. Выберите NI-DAQmx Task и нажмите кнопку Next.

3. В появившемся диалоговом окне раскройте список Acquire Signals, а затем раскройте список Analog Input для определения типа измерения и в списке выберите Voltage.

4. Открывшееся диалоговое окно поможет Вам выбрать физические каналы или виртуальные каналы для включения их в задачу. В данном случае Вам следует использовать виртуальные каналы, которые уже созданы в первой части упражнения. Чтобы сделать это, откройте вкладку Virtual и, удерживая кнопку Ctrl, выберите необходимые каналы.

5. Нажмите кнопку Next.

6. Назовите задачу MyVoltageTask и нажмите кнопку Finish.

С. Специальный масштаб температуры

Значения напряжений, которые Вы снимаете с датчика температуры, изменяются в диапазоне 2,5–3,5 В. Создайте масштаб для канала датчика температуры для того, чтобы в приложение возвращались данные в градусах Цельсия ($T \equiv 100 \cdot U - 273$).

1. В разделе Data Neighborhood выберите NI-DAQmx Global Virtual Channels и далее Temperature Sensor.

2. В разделе Voltage Input Setup выберите Custom Scaling и далее Create New из раскрывающегося списка.

3. Используйте следующие установки для создаваемого масштаба:

- Тип масштаба: линейный;
- **Название:** Temperature Scale.

4. Нажмите кнопку **Finish.** Появится Помощник по сбору данных. Настройте в нем числовое масштабирование для Вашего масштаба.

5. Так как напряжение и градусы Цельсия имеют отношение 1 к 100, введите 100 для параметра **slope** (наклон). Поскольку в Вашей системе имеется смещения, то значению **Y-Intercept** (отрезок, отсекаемый на оси Y от начала координат) присвойте значение –273.

6. Введите Deg C для новых единиц (Scaled) и Volts для предыдущих единиц измерения (Pre-Scaled).

7. Нажмите кнопку ОК.

8. Для канала с температурным датчиком измените максимальное и минимальное значения на 40 и 0 соответственно. Для измерения температуры воздуха или Вашего пальца диапазона 0–40 °С будет вполне достаточно.

9. Сохраните настройки канала, нажав кнопку Save.

10. Нажмите кнопку **Run** для сбора данных. Обратите внимание, что теперь данные находятся в диапазоне 20–30 °C.

11. Нажмите кнопку **Stop** для останова.

12. Закройте МАХ.

Конец упражнения 11.2.

Упражнение 12.1. ВП Вольтметр

Цель: получение аналогового сигнала с использованием устройства сбора данных.

Выполните следующие шаги для создания ВП, измеряющего напряжение регулируемого источника напряжения.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и постройте в соответствии с рис. 12.1.



Рис. 12.1. Лицевая панель ВП

Элемент ввода DAQmx Physical Channel находится в палитре элементов Modern»I/O»DAQmx Name Controls.





Рис. 12.2. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП создает виртуальный канал такого типа, который Вы зададите в выпадающем меню конфигуратора входов этого ВП. Выберите тип AI Voltage из этого выпадающего меню. Установите значения параметров maximum value, minimum value, определяющих диапазон входного напряжения канала, 10 и 0 соответственно.

b. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает измерительную задачу.

с. Поместите цикл по условию (While Loop), расположенный в палитре **Programming**»Structures, на блок-диаграмму.

d. Поместите ВП DAQmx Read, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП совершает операцию чтения, заданную Вами в меню конфигуратора. Выберите следующие опции настройки ввода: **Analog»SingleChannel» Single Sample»DBL.** При такой настройке прибор возвращает одну выборку данных в виде числа удвоенной точности с плавающей запятой из одного канала аналогового ввода.

е. Поместите функцию Wait Until Next ms Multiple (Задержка до следующего кратного интервала, мс), расположенную в палитре **Programming**» Timing, на блок-диаграмму. Эта функция заставляет цикл выполняться каждые 300 мс.

f. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает выполнение измерительной задачи.

g. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User

Interface, на блок-диаграмму. В случае возникновения ошибки этот ВП вызовет диалоговое окно с информацией об этой ошибке и месте ее возникновения.

3. Coxpaните BП с именем Voltmeter.vi.

4. Перейдите на лицевую панель и установите для физического канала значение **Dev1/ai0**.

5. Соедините проводами контакты на наборном поле NI ELVIS ACH0+ с SUPPLY+ и ACH0– с GROUND.

6. Запустите ВП. Индикатор покажет значение напряжения на выходе источника питания. Поверните ручку регулируемого источника положительного напряжения на лицевой панели NI ELVIS. Стрелка индикатора напряжения на ВП должна переместиться.

6. Остановите ВП.

7. Сохраните и закройте ВП.

Конец упражнения 12.1.

Упражнение 12.2. Буферизированный ввод ограниченного количества данных

Цель: получение массива данных с использованием конфигурации буферизированного ввода ограниченного количества данных.

При использовании буферизированного ввода ограниченного количества данных LabVIEW задает, сколько точек необходимо получить и с какой частотой. После этого вся забота о тактировании ложится на DAQ устройство. При буферизированном вводе оно управляет всеми аспектами сбора данных. В противоположность этому при сборе данных с программным тактированием за управление сбором отвечает только компьютер, что может быть проблематично, если он вдруг не сможет дать достаточного приоритета процессу сбора данных.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и постройте лицевую панель, как показано на рис. 12.3.



Рис. 12.3. Лицевая панель ВП

а. Поместите на лицевую панель Waveform Chart, находящийся в палитре Modern»Graph.

b. Остальные показанные выше элементы управления, Вы можете создать с блок-диаграммы, вызывая контекстное меню соответствующих терминалов виртуальных приборов и выбирая в них опцию **Create**»Control.

В этом упражнении Вы будете получать данные из одного канала и отображать их на графике. Выберите для управляющего элемента **physical channels** значение **Dev1/ai0**. Установите значение 1000 для элемента управления **samples per channel** и для **rate** – 10000.

Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 12.4.



Рис. 12.4. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Задайте параметру input terminal configuration значение Differential, создав соответствующую константу.

b. Поместите ВП DAQmx Timing, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП настраивает тактирование и размер буфера (число выборок на канал) для задачи. Для использования внутреннего генератора DAQ устройства выберите опцию **Sample Clock** выпадающего меню конфигуратора. Задайте параметру **sample mode** значение **Finite Samples**, создав соответствующую константу.

с. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает измерительную задачу.

расположенный d. Поместите ВΠ DAQmx Read, В палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП выполняет считывание такого типа, которое Вы зададите в выпадающем Выберите конфигуратора. опцию **Analog**»Single меню его Channel»Multiple Samples»1D DBL, чтобы возвратить одномерный массив чисел с плавающей запятой удвоенной точности из одного канала.

е. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает измерительную задачу.

f. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User Interface, на блок-диаграмму. В случае возникновения ошибки этот ВП вызовет диалоговое окно с информацией об ошибке и месте ее возникновения.

3. Сохраните ВП под именем Buffered Acquisition.vi.

4. Присоедините выход генератора FUNC_OUT к входу аналогового канала ACH0+ на NI ELVIS. ACH0– присоедините к GROUND.

5. Настройки генератора импульсов NI ELVIS:

а) диапазон частоты – 500 Гц;

б) тип сигнала – синусоидальный.

6. Переключитесь на лицевую панель и запустите ВП. На графике должен отобразиться синусоидальный сигнал.

7. Закройте ВП.

Конец упражнения 12.2.

Упражнение 12.3. Буферизированный сбор данных с исследованием осциллограммы

Цель: получение осциллограммы с использованием буферизированного сбор данных; и анализ этих данных для нахождения максимального и минимального значений.

Данный ВП позволит Вам найти максимальное и минимальное значения синусоидального сигнала, которые помогут определить, работает ли генератор в пределах заявленных технических характеристик.

1. Откройте созданный вами в упражнении 12.2 ВП Buffered Acquisition.vi.

2. Выберите в меню File опцию Save As и сохраните ВП под именем *Buffered Acquisition (minmax).vi.*



3. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 2.15.

Рис. 12.5. Блок диаграмма ВП

Обратите внимание, что измеренная информация на выходе ВП DAQmx Read представлена в виде данных типа Waveform, т. е. необходимо перестроить данный ВП и заменить Waveform Chart на Waveform Graph.

Поместите экспресс-ВП Amplitude and Level Measurements, расположенный в палитре Express»Signal Analysis, на блок-диаграмму. В данном упражнении этот ВП определяет максимальное и минимальное значения сигнала.

В появившемся диалоговом окне Configure Amplitude and Level Measurements (рис. 2.16) поставьте отметки напротив опций Maximum peak и Minimum peak.

Нажмите кнопку ОК для применения изменений и закрытия диалогового окна.





4. Для создания индикаторов Negative Peak и Positive Peak на лицевой панели вызовите контекстные меню соответствующих выходов экспресс-ВП Amplitude and Level Measurements и выберите опцию Create»Numeric Indicator.

5. Установите следующие значения для элементов управления на лицевой панели:

•Samples per channel: 100 •Rate: 10000

6. Сохраните и запустите ВП. Убедитесь в его работоспособности.

7. Закройте ВП.

Конец упражнения 12.3.

Упражнение 12.4. Аналоговый ввод, синхронизированный по фронту дискретного сигнала

Цель: использование цифрового триггера для запуска операции непрерывного сбора данных.

Выполните следующие шаги для создания ВП, использующего цифровой триггер для запуска непрерывного сбора данных.

1. Присоедините выход генератора FUNC_OUT к входу аналогового канала ACH0+ на ELVIS. ACH0– присоедините к GROUND.

2. Подсоедините кнопку через токоограничивающий резистор R1 к выходу источника питания +5 В и синхронизирующему входу PFI1 на наборном поле NI ELVIS согласно рис. 12.7.



Рис. 12.7. Схема подключения кнопки к синхронизирующему входу

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и постройте лицевую панель, как показано на рис. 12.8.



Рис. 12.8. Лицевая панель ВП

а. Поместите на лицевую панель Waveform Graph, находящийся в палитре Modern»Graph.

b. Остальные показанные выше элементы управления Вы можете создать с блок-диаграммы, вызывая контекстное меню соответствующих терминалов виртуальных приборов и выбирая в них опцию Create»Control.



2. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 12.9.

Рис. 12.9. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Задайте параметру input terminal configuration значение Differential, создав соответствующую константу.

b. Поместите ВП DAQmx Timing, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Для использования внутреннего генератора DAQ устройства выберите опцию Sample Clock выпадающего меню конфигуратора. Задайте параметру sample mode значение Finite Samples, создав соответствующую константу.

с. Поместите ВП DAQmx Trigger, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition**, на блок-диаграмму. Настройте с его помощью триггер на срабатывание по цифровому фронту. Для этого в раскрывающемся списке, расположенном под иконкой ВП DAQmx Trigger, выберите **Start Digital Edge**. Задайте параметру **edge** значение **Rising**, создав соответствующую константу. Этот параметр настраивает триггер на срабатывание по нарастающему фронту.

d. Выберите цикл For, расположенный в палитре Programming »Structures. Терминалу количества итераций присвойте значение 5.

е. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает измерительную задачу.

f. Поместите ВП DAQmx Read, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. В выпадающем меню выберите опцию **Analog»Single Channel»Multiple Samples»Waveform**.

g. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму.

h. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error

Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User Interface, на блок-диаграмму.

3. Откройте лицевую панель и введите следующие значения:

•physical channels: Dev1/ai0

•samples per channel: 100

•rate: 1000

•source – /Dev1/PFI1

4. Сохраните ВП.

5. Запустите ВП. Он не будет собирать данные до тех пор, пока не возникнет триггерное событие. Нажмите кнопку для запуска сбора данных. Произойдет однократное измерение заданного количества точек. Нажмите еще раз кнопку, измерение повторится. ВП завершит работу после пятого нажатия на кнопку.

6. Закройте ВП после завершения работы.

Конец упражнения 12.4.

Упражнение 12.5. Генератор кода NI-DAQmx

Цель: использование генератор кода NI-DAQmx для создания программы, выполняющей непрерывной сбор данных.

Наличие генератора кода NI-DAQmx позволяет Вам быстро создать прототип и ускорить разработку ВП.

Лицевая панель

1. Поместите элемент управления **DAQmx Task Name**, расположенный в палитре **Controls**»**Modern**»**I**/**O**»**DAQmx Name Controls**, на лицевую панель.

2. Выберите **Brows** из выпадающего меню этого элемента управления.

3. В открывшемся окне выберите готовую задачу или создайте новую, нажав на кнопку Create New.

4. Нажмите кнопку ОК.

5. Вызовите контекстное меню задачи и выберите Generate Code»Configuration and Example.

Можно выбрать следующие опции для генератора кода:

1) **Example** – генерирует код примера измерения, которое Вы настроили в Помощнике по сбору данных.

2) Configuration – генерирует код программной настройки задачи с помощью ВП DAQmx Create Virtual Channel.

3) Configuration and Example – генерирует код программной настройки задачи и демонстрации примера измерения или генерации сигнала.

4) Convert to Express VI – преобразует задачу в экспресс ВП DAQ Assistant с соответствующими настройками.

6. Блок-диаграмма возникнет автоматически после генерации кода. Обратите внимание, что элемент управления DAQmx Task Name был преобразован в ВП.

7. Дважды щелкните на этом подприборе и посмотрите на блокдиаграмму. Откройте окно контекстной справки, нажав клавиши <Ctrl-H> или выбрав **Help**»**Show Context Help.** Проведите мышкой над каждой из функций, чтобы отобразить больше информации об этих функциях в окне контекстной справки.

8. Закройте ВП. Не сохраняйте никаких изменений.

Конец упражнения 12.5.

Упражнение 13.1. Генерация одной выборки данных

Цель: создание ВП, генерирующего сигнал величиной 5 В.

1. На ELVIS присоедините аналоговый вывод DAC0 к аналоговому вводу ACH0+. ACH0– присоедините к GROUND.

2. Откройте новый ВП и постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 13.1. Для создания элементов управления и констант щелкните правой кнопкой на входах и выберите **Create**»**Control** или **Create**»**Constant** в контекстном меню.



Рис. 13.1. Блок-диаграмма ВП

a. Поместите ВП DAQnix Create Virtual Channel, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП создает виртуальный канал в соответствии с настройками входных терминалов. Выберите тип канала **Analog Output»Voltage** из выпадающего меню. Назовите этот канал AnalogOut.

b. Поместите ВП DAQmx Write, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот полиморфный ВП генерирует напряжение, основываясь на типе данных,

которые задали в выпадающем меню. Выберите в выпадающем меню конфигуратора опцию Analog»Single Channel»Single Sample»DBL. Поскольку Вы выбрали одну выборку, то значение по умолчанию для ввода auto start будет Истина. При такой настройке конфигуратора ВП DAQmx Write Вам не надо использовать ВП Start/Stop Task.

с. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User Interface, на блок-диаграмму.

3. На лицевой панели установите следующие значения для элементов управления:

•Physical channels: Dev1/ao0

•Value: 5.

4. Сохраните ВП.

5. Запустите ВП. DAQ устройство сгенерирует напряжение 5 В на аналоговом выходе 0. Поскольку Вы не задали явно тактирование с использованием генератора выборки, данная генерация будет программно тактируемой.

6. Воспользуйтесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности Вашего прибора.

7. Сохраните и закройте ВП после окончания работы.

Конец упражнения 13.1.

Упражнение 13.2. Непрерывная одноточечная генерация

Цель: создание ВП для генерации переменного напряжения.

В данном упражнении Вы модифицируете ВП, созданный в упражнении 13.1, чтобы управлять выводимым напряжением. Для этого Вы должны иметь возможность непрерывно обновлять канал аналогового вывода устройства сбора данных.

1. Присоедините аналоговый вывод DAC0 к аналоговому вводу ACH0+. ACH0– присоедините к GROUND.

2. Откройте ВП, созданный в упражнении 13.1.

3. Выберите меню File»Save As и сохраните ВП с именем Variable AnalogOut.vi.

4. На лицевой панели замените числовой элемент управления Value горизонтальным ползунком Horizontal Pointer Slide, расположенным в палитре Modern»Numeric, нажимая правой кнопкой мыши на числовом элементе управления и выбирая Replace из появившегося контекстного меню. Выберите горизонтальный ползунок Horizontal Pointer Slide из палитры Numeric. Назовите его Напряжение.



5. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 13.2.

Рис. 13.2. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает данную задачу. Поскольку Вы используете ВП Start Task, следует изменить значение входа **auto start** на False.

b. Поместите ВП DAQmx Stop Task., расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает данную задачу.

6. Измените лицевую панель, как показано на рис. 13.3.



Рис. 13.3. Лицевая панель ВП

7. Сохраните ВП.

8. Запустите прибор.

9. Воспользуетесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности Вашего прибора.

10. Изменяйте положение ползунка на лицевой панели ВП и наблюдайте изменения показаний тестовой панели.

11. Закройте ВП после окончания работы.

Конец упражнения 13.2.

Упражнение 13.3. Буферизированная генерация сигнала

Цель: создание ВП для генерации осциллограммы.

В этом упражнении Вы создадите ВП, производящий синусоидальный сигнал частотой 100 Гц.

1. На ELVIS присоедините аналоговый вывод DAC0 к аналоговому вводу ACH0+. ACH0– присоедините к GROUND.

Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму в соответствии с рис. 13.4.



Рис. 13.4. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП создает виртуальный канал для заданного физического канала. Выберите из выпадающего меню конфигуратора этого ВП опции Analog Output»Voltage. Щелкните правой кнопкой мыши на вводе physical channels и выберите Create»Control из появившегося контекстного меню.

b. Поместите ВП Sine Waveform, расположенный в палитре **Programming»Waveform»Analog Waweform»Waveform Generation,** на блок-диаграмму. Этот ВП генерирует синусоидальный сигнал.

с. Поместите ВП DAQmx Timing, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП настраивает тактирование задачи. Для тактирования ЦАП временными метками Waveform, из выпадающего меню выберите пункт Use Waveform. Задайте параметру sample mode значение Finite Samples, создав соответствующую константу.

d. Поместите ВП DAQmx Write, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition**, на блок-диаграмму. Этот ВП записывает данные в буфер для выполнения операции буферизированного аналогового вывода сигнала конечной длительности. Из выпадающего

меню конфигуратора последовательно выберите опции Analog»Single Channel»Multiple Samples»Waveform.

е. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition**, на блок-диаграмму. Этот ВП запускает буферизированную генерацию аналогового сигнала.

f. Поместите ВП DAQmx Wait Until Done, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition**, на блок-диаграмму. Этот ВП ожидает завершения выполнения задачи.

g. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition**, на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает задачу аналогового вывода.

h. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает данную задачу.

4. Сохраните ВП.

5. На лицевой панели ВП установите следующие значения для элементов управления:

•Physical channels: Dev1/ao0,

•Amplitude: 5

•Frequency: 100

•Параметры выборки:

– **Fs:** 10000 – определяет частоту выборки осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.

– #s: 10000 – задает число выборок осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.

6. Воспользуйтесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности вашего прибора.

7. Запустите ВП. На тестовой панели должен отобразиться однократно в течение 1 с синусоидальный сигнал.

8. Закройте ВП.

Конец упражнения 13.3.

Упражнение 13.4. Непрерывная буферизированная генерация сигнала

Цель: создание ВП для непрерывной генерации осциллограммы.

Блок-диаграмма

- 1. Откройте ВП, созданный в упражнении 13.3.
- 2. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 13.5.



Рис. 13.5. Блок диаграмма ВП

а. ВП DAQmx Is Task Done расположен в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition»DAQmx Advanced Task Options. Этот ВП запрашивает текущий статус задачи и возвращает логическое значение о завершении ее выполнения. Используйте этот ВП внутри цикла по условию для слежения за состоянием задачи и ожидания возникновения ошибки или момента, когда пользователь нажмет кнопку STOP.

b. Для ВП DAQmx Timing задайте параметру sample mode значение Continuous Samples, создав соответствующую константу.

3. Сохраните ВП.

4. На лицевой панели ВП установите следующие значения для элементов управления:

•Physical channels: Dev1/ao0,

•Amplitude: 5

•Frequency: 100

•Параметры выборки:

- **Fs:** 10000 определяет частоту выборки осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.
- #s: 1000 Задает число выборок осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.

5. Воспользуетесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности Вашего прибора.

6. Запустите ВП. Прибор должен генерировать синусоиду постоянно, пока не остановите выполнение.

7. Закройте ВП.

Конец упражнения 13.4.

Упражнение 13.5. Генерация с использованием цифрового триггера

Цель: создание ВП для генерации аналогового сигнала с использованием цифрового триггера.

1. Откройте ВП, созданный Вами в упражнении 13.4, и сохраните его под другим именем.

2. Присоедините аналоговый вывод DAC0 к аналоговому вводу ACH0+ на ELVIS. ACH0– присоедините к GROUND.

3. Подсоедините кнопку через токоограничивающий резистор R1 к выходу источника питания +5 В и синхронизирующему входу PFI1 на наборном поле NI ELVIS согласно рис. 13.6.



Рис. 13.6. Схема подключения кнопки к синхронизирующему входу

Блок-диаграмма

3. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 13.7.



Рис. 13.7. Блок диаграмма ВП

Поместите ВП DAQmx Trigger, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx – Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП настраивает триггер для задачи аналогового вывода.

4. Сохраните ВП.

5. На лицевой панели ВП установите следующие значения для элементов управления:

•Physical channels: Dev1/ao0,

- •Amplitude: 5
- •Frequency: 100

•Параметры выборки:

- **Fs:** 10000 определяет частоту выборки осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.
- #s: 1000 задает число выборок осциллограммы, которую генерирует ВП Sine Waveform.

•source: Dev1/PFI1 •edge: Rising

6. Воспользуетесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности вашего прибора.

7. Запустите ВП. После нажатия на кнопку прибор должен начать генерировать синусоиду.

8. Закройте ВП.

Конец упражнения 13.5.

Упражнение 14.1. ВП цифровой записи

Цель: создание ВП, записывающего значение логического уровня в цифровую линию.

Предварительная настройка NI ELVIS

1. Установите переключатель COMMUNICATION на лицевой панели NI ELVIS в положение BYPASS.

- 2. Включите NI ELVIS
- 3. Запустите ВП Bypass Elvis.vi, находящейся на рабочем столе.

4. Если загорелся индикатор на лицевой панели, это означает, что переключение NI ELVIS в режим Вуразѕ произошло успешно. Иначе, если в результате работы ВП произошла ошибка, то необходимо повторить пункты 2 и 3.

5. Закройте ВП.

Лицевая панель

6. Создайте лицевую панель, как показано на рис. 14.1.

Doutloort	/lie e O	-
6 Devi/porto,	nii leo	-
stop	data	
STOP		

Рис. 14.1. Лицевая панель ВП

7. Элементы управления Вы можете создать с блок-диаграммы, вызывая контекстное меню соответствующих терминалов виртуальных приборов и выбирая в них опцию **Create**»**Control.**

8. Постройте блок-диаграмму, как показано на рис. 14.2.



Рис. 14.2. Блок диаграмма ВП

a. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре **Measurement»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП создает новый виртуальный канал цифрового вывода. Выберите опцию **Digital Output** из выпадающего меню конфигуратора. Щелкните правой кнопкой мыши на вводе **line grouping** и выберите **Create»Constant** из появившегося контекстного меню. В созданной константе установите значение **one channel for each line**.

b. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает задачу записи цифрового сигнала.

с. Поместите на блок-диаграмму цикл While, расположенный в палитре Функций в разделе Programming»Structures.

d. Поместите ВП DAQmx Write, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Выберите следующие опции из выпадающего меню конфигуратора: **DigitaI»Single Channels»Single Sample»Boolean (1 Line).** С этой настройкой ВП записывает единственное значение в цифровую линию, включенную в задачу.

Щелкните правой кнопкой мыши на вводе data и выберите Create»Control из контекстного меню.

е. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает измерительную задачу.

f. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User Interface, на блок-диаграмму. В случае возникновения ошибки этот ВП вызовет диалоговое окно с информацией об ошибке и месте ее возникновения.

g. Поместите функцию Unbundle By Name, расположенную в палитре **Programming**»Cluster & Variant, на блок-диаграмму.
h. Поместите функцию Or, расположенную в палитре **Programming**» **Boolean,** на блок-диаграмму.

i. Поместите на блок-диаграмму функцию Wait Until Next ms Multiple из панели Programming»Timing. Задайте интервал между итерациями равный 100 мс.

9. Coxpaните BП с именем Digital Writer.vi.

10. Переключитесь на лицевую панель и в элементе управления **lines** установите значение Dev1/port0/line0.

11. Соедините проводом контакты на наборном поле NI ELVIS DI0 и LED0.

12. Запустите ВП. Измените логические значение, нажав на кнопку, и наблюдайте за светодиодом на NI ELVIS.

11. Нажмите кнопку **STOP** для остановки ВП.

12. Закройте ВП.

Конец упражнения 14.1.

Упражнение 14.2. ВП для считывания дискретных сигналов

Цель: создание ВП для считывания значения логического уровня из цифровой линии на ELVIS.

В данном упражнении Вы будет считывать значение из цифровой линии и порта, используя ВП DAQmx Read.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель в соответствии с рис. 14.3.



Рис. 14.3. Лицевая панель ВП

Все элементы управления, включая и DAQmx Physical Channel, могут быть созданы с блок-диаграммы нажатием правой кнопкой мыши на подходящем терминале и выбором опции **Create**»Control из контекстного меню.

2. Постройте блок-диаграмму, как показано на рис. 14.4.



Рис. 14.4. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре **Measurement»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП создает новый виртуальный канал цифрового ввода. Выберите опцию **Digital Input** из выпадающего меню конфигуратора. Щелкните правой кнопкой мыши на вводе **line grouping** и выберите **Create»Constant** из появившегося контекстного меню. В созданной константе установите значение **one channel for each line**.

b. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает задачу считывания цифрового сигнала.

с. Поместите на блок-диаграмму цикл While, расположенный в палитре Функций в разделе Programming»Structures.

d. Поместите ВП DAQmx Read, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Выберите опции Digital»Single Channel»Single Sample»Boolean (1 Line) из выпадающего меню конфигуратора этого ВП. Щелкните правой кнопкой мыши на выходе data и выберите Create»Indicator из контекстного меню.

е. Поместите функцию Unbundle By Name, расположенную в палитре **Programming**»Cluster & Vatiant, на блок-диаграмму.

f. Поместите функцию Or, расположенную в палитре **Programming**» **Boolean,** на блок-диаграмму.

g. Поместите на блок-диаграмму функцию Wait Until Next ms Multiple из панели **Programming**»**Timing**. Задайте интервал между итерациями равный 100 мс.

h. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает измерительную задачу.

i. Поместите простейший обработчик ошибок – ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре Programming»Dialog & User Interface,

на блок-диаграмму. В случае возникновения ошибки этот ВП вызовет диалоговое окно с информацией об этой ошибке и месте ее возникновения.

- 3. Coxpaните BП с именем Digital Reader.vi.
- 4. На лицевой панели выберите цифровую линию Dev1/port0/line0.
- 5. Соедините цифровой вход DI0 с кнопкой согласно рис. 14.5.



Рис. 14.5. Схема подключения кнопки

6. Запустите ВП.

7. Нажмите несколько раз кнопку. На лицевой панели должен зажигаться индикатор.

8. Закройте ВП.

Конец упражнения 14.2.

Упражнение 15.1. Простейший подсчет фронтов

Цель: создание ВП, выполняющего простейший подсчет фронтов.

В данном упражнении Вы создадите ВП, записывающий число фронтов сигнала.

Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель в соответствии с рис. 15.1.

T	
%Dev1/ctr0	0,00
initial count	
0	
count direction	-
Countiln	STOP

Рис. 15.1. Лицевая панель ВП



2. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 15.2.

Рис. 15.2. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП создает новый виртуальный канал. Выберите опции Counter Input» Count Edges из выпадающего меню конфигуратора этого ВП. Последовательно щелкайте правой кнопкой мыши на входах count direction, initial count и counter inputs и выбирайте Create»Control из появившегося контекстного меню.

b. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает задачу.

с. Поместите ВΠ расположенный DAQmx Read, В палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Выберите опции Counter»Single Sample»DBL из выпадающего меню конфигуратора для считывания из счетчика одиночного значения удвоенной точности с плавающей запятой. Щелкните правой кнопкой мыши на выходе data и выберите Create»Indicator из контекстного меню.

d. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает выполнение задачи.

e. Поместите функцию Wait Until Next ms Multiple, расположенную в палитре **Programming**»**Timing**, на блок-диаграмму.

f. Поместите функцию Unbundle by Name, расположенную в палитре **Programming**»Cluster & Variant, на блок-диаграмму.

g. Поместите функцию **Or**, расположенную в палитре **Programming**» **Boolean**, на блок-диаграмму.

h. Поместите ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре **Programming»Dialog & User Interface,** на блок-диаграмму.

3. Coxpaните BП с именем Simple Edge Counting.vi

4. Присоедините кнопку на наборном поле NI ELVIS к информационному входу нулевого счетчика CTR0 SOUSER (Counter 0 Source) согласно рис. 15.3.



Рис. 15.3. Схема подключения кнопки

5. Для элементов управления на лицевой панели установите следующие значения:

- **counter:** Dev1/ctr0;
- initial count: 0;
- **count direction:** Count Up.

6. Запустите ВП. Нажмите несколько раз кнопку. Индикатор data должен увеличить свое значение.

7. Остановите и закройте ВП.

Конец упражнения 15.1.

Упражнение 15.2. Усовершенствованный подсчет фронтов

Цель: использование триггера паузы и методов непрерывной и ограниченной буферизации для подсчета фронтов.

Подсчет с использование триггера паузы

При подсчете с использованием триггера паузы (или управляемом подсчете) используется дополнительная линия для управления входом разрешения счетчика (gate). Сигнал разрешения будет временно останавливать увеличение или уменьшение значения счетчика, когда находится в нижнем либо в верхнем логическом состоянии (в зависимости от выбранных настроек).

1. Откройте ВП Simple Edge Counting, созданный на предыдущем занятии.

2. Выберите File»Save As и сохраните ВП с именем Simple Edge Counting –Gated.vi.



3. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 15.4.

Рис. 15.4. Блок диаграмма ВП

а. Поместите узел свойств DAQmx Trigger Property Node, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блокдиаграмму. Используйте этот узел свойств для дополнительной настройки триггера задачи. Измените размер узла, чтобы он вмещал три свойства. Щелкните правой кнопкой мыши на каждом из терминалов и выберите следующие свойства из контекстного меню:

- Properties»More»Pause»Trigger Type;

- Properties»More»Pause»Digital Level»Source;

- Properties»More»Pause»Digital Level»Pause When.

b. Для каждого свойства щелкните правой кнопкой мыши на его терминале и выберите Create»Control из контекстного меню.

4. Переключитесь на лицевую панель и выберите следующие значения для новых элементов управления:

Тип триггера: Digital;

Источник: Dev1/PFI1 – соответствует кнопке цифрового триггера на NI ELVIS;

Триггер паузы срабатывает, когда: High.

5. Соедините проводом выход синхронизации генератора SYNC_OUT с входом счётчика CTR0 SOURSE.

6. Соедините кнопку с входом PFI1 (рис. 15.5).



Рис. 15.5. Схема подключения кнопки.

7. Установите диапазон частот выходного сигнала генератора 50 Гц.

8. Запустите ВП. Нажимайте кнопку на наборном поле. Чтобы запустить подсчет, нажмите кнопку.

9. Остановите ВП и измените значение элемента управления **Триггер паузы срабатывает, когда:** High.

10. Запустите ВП и наблюдайте поведение счетчика при такой настройке триггера.

11. Сохраните и закройте ВП.

Непрерывный буферизированный подсчет

При непрерывном буферизированном подсчете источник сигнала на входе разрешения определяет, когда текущее значение счетчика переместится в регистр отсчетов во встроенной памяти. Для работы в таком режиме добавьте ВП DAQmx Timing в ВП Simple Edge Counting.

1. Откройте ВП Simple Edge Counting.

2. Выберите File»Save As и сохраните ВП с именем Simple Edge Counting – Cont Buffered.vi.

3. Измените блок-диаграмму, добавляя ВП DAQmx Timing, как показано на рис. 15.6.



Рис. 15.6. Блок диаграмма

4. Переключитесь на лицевую панель и выберите следующие значения для новых элементов управления:

- source: Dev1/PFI1
- active edge: Rising
- rate: 10000

5. Запустите ВП. Количество поступающих импульсов от генератора подсчитываются счетчиком Ctr0. При нажатии на кнопку информация из регистра счётчика считывается ВП.

6. Сохраните и закройте ВП.

Буферизированный подсчет конечного числа импульсов

При подсчете конечного числа импульсов Вы задаете полное число фронтов для подсчета. Подсчет прекратится, когда это число будет достигнуто.

1. Откройте ВП Simple Edge Counting.

2. Выберите File»Save As и сохраните ВП с именем Simple Edge Counting – Finite Buffered.vi.

3. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 15.7.



Рис. 15.7. Блок диаграмма ВП

а. Щелкните правой кнопкой мыши на границе цикла по условию и выберите **Remove While Loop** из контекстного меню.

DAQmx Channel Property Node. b. Поместите свойств узел расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на Используйте узел свойств настройки блок-диаграмму. ЭТОТ ДЛЯ дополнительных параметров канала. Щелкните правой кнопкой мыши на терминале и выберите свойство Properties»Counter Input»Count Edges» »Input Terminal из контекстного меню. Снова щелкните правой кнопкой мыши на этом терминале, выберите Create»Constant из контекстного меню и константу /Dev1/20 MHz Timebase для Вашего DAQ устройства. Вместо подсчета количества импульсов внешнего генератора, будут подсчитываться фронты внутреннего временной развертки (timebase).

с. Поместите ВП DAQmx Clear Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП освобождает все ресурсы, отведенные задаче.

4. Переключитесь на лицевую панель и выберите следующие значения для новых элементов управления:

- samples per channel: 10;
- rate: 1000;
- source: /Dev1/PFI9. (PFI9 контакт, по умолчанию используемый для входа счетчика (Gate) счетчика 0).

5. Присоедините меандр с выхода функционального генератора SYNC_OUT на вход разрешения счетчика 0 СТR0_GATE.

6. Установите диапазон частот выходного сигнала генератора 50 Гц.

7. Запустите ВП. Он завершит работу в момент, когда значение в регистре счетчика достигнет числа samples per channel. На индикаторе data отобразятся числа в количестве установленных в поле samples per channel.

8. Сохраните и закройте ВП.

Конец упражнения 15.2.

Упражнение 15.3. Генерация импульса

Цель: создание ВП для генерации отдельного импульса, используя счетчик.

Блок-диаграмма

1. Откройте новый ВП и создайте блок-диаграмму в соответствии с рис. 15.8.



Рис. 15.8. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Create Virtual Channel, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Этот ВП создает новый виртуальный канал. Выберите опции Counter Output»Pulse Generation»Frequency из выпадающего меню конфигуратора этого ВП.

Щелкните правой кнопкой мыши на вводах duty cycle, frequency, counter, idle state и initial delay и выберите Create»Control из контекстного меню.

b. Поместите ВП DAQmx Start Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП запускает задачу.

с. Поместите ВП DAQmx Wait Until Done, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП ожидает завершения выполнения генерации. Используйте его для того, чтобы быть уверенным, что генерация будет завершена, прежде чем задача будет остановлена.

Щелкните правой кнопкой мыши на вводе timeout и выберите Create»Constant из контекстного меню. По умолчанию время ожидания равно 10 с.

d. Поместите ВП DAQmx Stop Task, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП останавливает выполнение задачи.

e. Поместите ВП Simple Error Handler, расположенный в палитре **Programming»Dialog & User Interface,** на блок-диаграмму.

2. Coxpaните BП с именем Single Pulse Generation.vi

3. Для элементов управления на лицевой панели установите следующие значения:

- **counter:** Dev1/ctr0;
- **duty cycle:** 0,25;
- frequency: 5;
- idle state: Low
- initial delay: 0,25.

4. Присоедините выход счетчика 0 (СТR0_ОUТ) к аналоговому входу АСН0+.

5. Запустите ВП.

6. Воспользуетесь тестовой панелью МАХ для проверки работоспособности вашего прибора. Обратите внимание, что сигнал имеет сначала низкий уровень, затем высокий, а затем снова низкий уровень.

7. Остановите ВП.

Конец упражнения 15.3.

Упражнение 15.4. Генератор последовательности импульсов

Цель: создание ВП для генерации последовательности импульсов.

1. Откройте ВП Single Pulse Generation.

Блок-диаграмма

2. Измените блок-диаграмму, как показано на рис. 15.9.



Рис. 15.9. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Timing, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Выберите опцию **Implicit** из выпадающего меню конфигуратора этого ВП, чтобы задача генерировала выборки без ручной установки тактирования. Генерация последовательности импульсов идеальна для неявного

(Implicit) задания тактирования, поскольку последовательность импульсов сама содержит все временные параметры.

b. Поместите ВП DAQmx Is Task Done, расположенный в палитре **Measurements I/O»DAQmx-Data Acquisition»DAQmx Advanced Task Options,** на блок-диаграмму. Этот ВП ожидает завершения генерации. Используйте его для того, чтобы быть уверенным в окончании генерации счетчика, прежде чем задача будет остановлена.

3. Установите для элементов управления лицевой панели следующие значения:

- **counter:** Dev1/ctr0;
- **duty cycle:** 0,5;
- Частота: 10
- idle state: Low
- initial delay: 0,25.

4. Выберите File»Save As и сохраните ВП с именем Pulse Train Generator.vi

5. Присоедините выход счетчика 0 СТR0_ОUT к аналоговому входу АСНО+.

6. Откройте утилиту МАХ и в тестовой панели оборудования откройте вкладку тестирования аналогового канала 0.

7. Запустите ВП Single Pulse Generation. Вы должны увидеть меандр, появившийся на графическом индикаторе.

8. Остановите ВП.

Конец упражнения 15.4.

Упражнение 15.5. Генерация последовательности импульсов с перезапуском

Цель: создание ВП для генерации последовательности импульсов с возможностью перезапуска.

Можно так настроить генерацию отдельного импульса или конечной последовательности импульсов, чтобы ее можно было перезапускать. Счетчик остается в состоянии готовности после генерации первого импульса и может реагировать на триггерные сигналы на входе разрешения путем генерации импульса в своей выходной линии. В данном упражнении вы модифицируете ВП Pulse Train Generator для генерации с возможностью перезапуска последовательности импульсов.

1. Откройте ВП Pulse Train Generator.

2. Выберите File»Save As и сохраните ВП с именем Retriggerable Pulse Train.vi.





Рис. 15.10. Блок диаграмма ВП

а. Поместите ВП DAQmx Timing, расположенный в палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Оставьте настройку тактирования задачи прежней – Implicit. Для ввода sample mode установите Finite Samples. Щелкните правой кнопкой мыши на вводе samples per channel и выберите из контекстного меню опцию Create»Control.

b. Поместите ВП DAQrnx Trigger, расположенный в палитре **Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition,** на блок-диаграмму. Этот ВП настраивает задачу на запуск по фронту цифрового сигнала. Щелкните правой кнопкой мыши на вводе **source** и выберите **Create»Constant** из контекстного меню. Для константы выберите значение Dev1/PFI1.

Поместите узел свойств DAQmx Trigger, расположенный в C. палитре Measurement I/O»DAQmx-Data Acquisition, на блок-диаграмму. Используйте этот узел свойств для настройки параметров запуска задачи. Щелкните правой кнопкой мыши на терминале узла и выберите **Properties**»Start»More»Retriggerable контекстного меню. Снова ИЗ щелкните правой кнопкой мыши узле свойств выберите на И Create»Constant из контекстного меню. Для константы установите значение True, чтобы разрешить перезапуск последовательности импульсов.

4. Переключитесь на лицевую панель и установите следующие значения для элементов управления:

- **counter:** Dev1/ctr0;
- **duty cycle:** 0,5;
- frequency: 5;
- idle state: Low;
- initial delay: 0;
- samples per channel: 5.

5. Присоедините выход счетчика 0 СТR0_ОUT к аналоговому входу АСН0+. Подсоедините кнопку согласно рис. 15.5.

6. Откройте утилиту МАХ и в тестовой панели оборудования откройте вкладку тестирования аналогового канала 0.

7. Запустите ВП. Нажмите кнопку цифрового триггера для запуска

генерации импульсов. Посмотрите на панель тестирования и сосчитайте количество импульсов. Число импульсов должно быть эквивалентно значению элемента управления **samples per channel.**

8. Снова нажмите кнопку цифрового триггера. Последовательность импульсов будет генерироваться каждый раз, когда наступит триггерное событие, осуществляя таким образом перезапуск последовательности.

9. Остановите ВП и работу панели тестирования.

10. Сохраните и закройте ВП.

Конец упражнения 15.5.

Упражнение 15.6. Измерение периода, полупериода и длительности импульса

Цель: создание ВП для измерения длительности импульса, периода и полупериода последовательности импульсов.

1. Откройте новый ВП и переключитесь на блок-диаграмму.

Измерение длительности импульса

- minimum value DBL 1 data maximum value DBL DBL counter DAOW I/0 F 68 nnn CI Pulse Width 🔻 Counter DBL 1Samp starting edge 1321 Рис. 15.11. Блок диаграмма ВП
- 2. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 15.11.

3. Coxpaните BП с именем Signal Measurements.vi.

4. Присоедините выход счетчика CTR0_OUT к входу разрешения счетчика 1 CTR1_GATE.

5. Откройте ВП Single Pulse Generation (упражнение 15.3).

6. Установите для элементов управления лицевой панели ВП Single Pulse Generation следующие значения:

- **counter:** Dev1/ctr0;
- duty cycle: 0.5;
- frequency: 1;
- idle state: Low;
- initial delay: 0,5.

7. Установите для элементов управления лицевой панели ВП Signal Measurements следующие значения:

- counter: Dev1/ctr1;
- starting edge: Rising;
- maximum value: 0,001;
- minimum value: 0,000001.
- 8. Запустите ВП Signal Measurements.
- 9. Запустите ВП Single Pulse Generation.

Вы должны увидеть, что ВП Signal Measurements измерил длительность 0,5 с для импульса, сгенерированного ВП Single Pulse Generation.

Измерение периода

1. Закройте ВП Single Pulse Generation и откройте ВП Pulse Train Generator, созданный Вами в упражнении 15.4.

2. Измените ВП Signal Measurements для измерения периода (Period) вместо длительности импульса (Pulse Width). Для этого необходимо переконфигурировать ВП DAQmx Create Virtual Channel. Создайте элемент управления **Measurement Time** и установите его значение равным 0,05.

3. Установите для элементов управления лицевой панели ВП Pulse Train Generator следующие значения:

- **counter:** /Dev1/ctr0;
- duty cycle 0,5;
- frequency: 2;
- idle state: Low;
- initial delay: 0,25.
 - 4. Запустите ВП Pulse Train Generator.

5. Запустите ВП Signal Measurements. Обратите внимание, что измеряемый период равен 0,5 с.

6. Остановите ВП Pulse Train Generator.

Измерение полупериода

1. Измените ВП Signal Measurements для измерения полупериода (semi period) вместо периода (Period).

2. Запустите ВП Pulse Train Generator, значения элементов которого оставьте такими же, что и при измерении периода.

3. Запустите ВП Signal Measurements. Полупериод равен 0,25 с.

- 4. Остановите ВП Pulse Train Generator.
- 5. Coxpaните BП Signal Measurements.
- 6. Закройте все ВП.

Конец упражнения 15.6.

Занятие 15.7. Измерение частоты

Цель: создание ВП для измерения частоты с использованием счетчика.

В этом упражнении применяются три различных метода измерения частоты: обратного периода, усреднения и деления вниз.

1. На наборном поле NI ELVIS соедините выход синхронизации генератора SYNC_OUT и на вход разрешения счетчика 1 CTR1_GATE.

2. Откройте новый ВП и переключитесь на блок-диаграмму.

Метод обратного периода

3. Постройте блок-диаграмму в соответствии с рис. 15.12.



Рис. 15.12. Блок диаграмма ВП

а. Щелкните правой кнопкой мыши на следующих вводах ВП DAQmx Create Virtual Channel: measurement method, minimum value, maximum value, counter, starting edge, measurement time и divisor и выберите Create»Control из контекстного меню.

b. Для ВП DAQmx Read выберите опции Counter»SingleSample» Double из выпадающего меню конфигуратора. Щелкните правой кнопкой мыши на выходе data и выберите Create»Indicator из контекстного меню.

4. Coxpaните BП с именем Frequency Measurements.vi.

5. Установите для элементов управления на лицевой панели следующие значения:

- **counter:** Dev1/ctr1;
- minimum value: 2;
- maximum value: 10000;
- **devisor:** 4;
- starting edge: Rising;

• measurement time: 1.

6. На NI ELVIS установите переключатель частотного диапазона FrequencyRange в положение 50 Hz. Поверните ручку подстройки частоты в крайнее правое положение. Функциональный генератор должен выдавать сигнал с частотой примерно 50 Гц.

7. Запустите ВП. Индикатор данных должен отобразить примерно 50 Гц.

8. Поэкспериментируйте с ВП, изменяя частоту сигнала ручкой подстройки и снова запуская ВП.

Метод усреднения

1. На наборном поле NI ELVIS соедините выход синхронизации генератора SYNC_OUT и на вход счетчика 1 CTR1_SOURCE.

2. Измените значение элемента управления measurement method на High Frequency with 2 Counters. Уменьшите measurement time до 0,001. Увеличьте maximum value до 1000000.

3. На NI ELVIS установите переключатель частотного диапазона Frequency Range в положение 250 кГц. Поверните ручку подстройки частоты в крайнее правое положение.

4. Запустите ВП. Индикатор данных должен отобразить примерно 250 кГц.

5. Поэкспериментируйте с ВП, изменяя частоту сигнала ручкой подстройки и снова запуская ВП.

Метод деления вниз

1. Измените значение элемента управления **measurement method** на Large Range with 2 Counters. Установите **minimum value** равным 5.

2. На испытательной коробке установите переключатель частотного диапазона Frequency Range в положение 250 кГц. Поверните ручку подстройки частоты в крайне правое положение.

3. Запустите ВП. Индикатор данных должен отобразить примерно 250 кГц.

4. Поэкспериментируйте с ВП, изменяя частоту сигнала ручкой подстройки и снов запуская ВП.

Конец упражнения 15.7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис, Дж. Кринг. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 880 с.

2. Суранов, А. LabVIEW 8.20 : справ. по функциям / А. Суранов. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

3. Блюм, П. LabVIEW : стиль программирования / П. Блюм. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 400 с.

Содержание

Введение	
Упражнение 1.1. Частотный анализ	
Упражнение 2.1. Преобразование градусов Цельсия в градусы Фаренгейта	
Упражнение 3.1. Настройка ВП Преобразование градусов Цельсия в	
градусы Фаренгейта	
Упражнение 4.1. ВП Подсчет итераций	
Упражнение 4.2. Доступ к данным предыдущих итераций	
Упражнение 5.1. ВП Работа с массивами	
Упражнение 6.1. ВП Работа с кластерами	
Упражнение 7.1. Использование различных типов графиков	
Упражнение 8.1. Использование структуры Case	
Упражнение 9.1. ВП Компоновка строки	
Упражнение 10.1. ВП Запись файла	
Упражнение 11.1. Использование Measurement & Automation Explorer	
Упражнение 11.2. Помощник по сбору данных	
Упражнение 12.1. ВП Вольтметр	
Упражнение 12.2. Буферизированный ввод ограниченного количества	
данных	
Упражнение 12.3. Буферизированный сбор данных с исследованием	
осциллограммы	
Упражнение 12.4. Аналоговый ввод, синхронизированный по фронту	
дискретного сигнала	
Упражнение 12.5. Генератор кода NI-DAQmx	
Упражнение 13.1. Генерация одной выборки данных	
Упражнение 13.2. Непрерывная одноточечная генерация	
Упражнение 13.3. Буферизированная генерация сигнала	
Упражнение 13.4. Непрерывная буферизированная генерация сигнала	
Упражнение 13.5. Генерация с использованием цифрового триггера	
Упражнение 14.1. ВП цифровой записи	
Упражнение 14.2. ВП для считывания дискретных сигналов	
Упражнение 15.1. Простейший подсчет фронтов	
Упражнение 15.2. Усовершенствованный подсчет фронтов	
Упражнение 15.3. Генерация импульса	
Упражнение 15.4. Генератор последовательности импульсов	
Упражнение 15.5. Генерация последовательности импульсов с	
перезапуском.	
Упражнение 15.6. Измерение периода, полупериода и длительности	
импульса	
Занятие 15.7. Измерение частоты	
Библиографический список	