К 75-ЛЕТИЮ МОСКОВСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Бутырин П. А., Васьковская Т. А., Каратаев В. В., Материкин С. В.

Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7

(30 лекций)

Рекомендовано УМО
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений,
обучающихся по группе подготовки бакалавров
550000-«Технические науки»
дисциплине «Управление техническими системами»



Москва

УДК 004.94
ББК 32.973.26-018.2

Автоматизацмя физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7/ Под. ред. Бутырина П. А. –М.: ДМК Пресс. 265 с.: ил.

ISBN 5-94074-274-2

Рецензенты: лауреат Государственной премии, д.т.н., проф. В. Г. Миронов, к.т.н., доц. А. И. Евсеев

Книга состоит из 30 глав, названных лекциями. Эти главы содержат как информацию о тех или иных возможностях LabVIEW, так и практические задания, выполнение которых необходимо для овладения этим прикладным инструментом исследования физических процессов и управления ими. Материал каждой главы рассчитан на одно занятие за компьютером и может быть использован как при обучении группы студентов преподавателем, так и при самообучении студента. Для большей доступности курса большинство практических заданий ограничивается исследованием чисто виртуальных объектов, что не требует приобретения специальной материальной части (аналогово-цифровых преобразователей и т.д.).

Материал книги условно можно разделить на три части. В первой из них даются основные сведения о среде LabVIEW и ее возможностях, а также об исследовании виртуальных объектов при помощи математического моделирования. Вторая часть посвящена построению виртуальных приборов для проведения измерений в реальных физических устройствах, в частности, дано описание лабораторной установки ELVIS, разработанной корпорацией National Instruments. В третьей части описывается техника и методика составления больших проектов в среде LabVIEW.

Издание предназначено для инженеров и студентов технических вузов.

ББК 32.973.26-018.2
УДК 004.94

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложен в данной кнмге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94074-274-2

© Бутырин П. А. и др.
© Оформление, ДМК Пресс

Содержание

Введение ... 13
Автоматизация физических исследований и эксперимента ... 13
LabVIEW ... 14
Сведения о коллективе авторов пособия ... 14
Содержание пособия ... 15
Благодарности ... 16

Лекция 1. Общие сведения о программно-инструментальной среде LabVIEW ... 17
Введение ... 17
Вход в среду LabVIEW ... 17
Создание нового виртуального прибора ... 18
Главное меню ... 19
Палитра инструментов ... 19
Лицевая панель ... 20
Палитра элементов лицевой панели ... 20
Инструментальная панель лицевой панели ... 22
Блок-диаграмма ... 23
Палитра функций блок-диаграммы ... 23
Инструментальная панель блок-диаграммы ... 24
Пример 1.1 ... 24
Поиск объектов на палитрах Controls и Functions ... 25
Контекстное меню ... 26
Выводы ... 26

Лекция 2. Выполнение арифметических действий в среде LabVIEW 27
Пример 2.1 27
Пример 2.2 28
Задача 2.1 28
Редактирование ВП 29
Создание объектов 29
Выделение объектов 29
Перемещение объектов 30
Удаление объектов 30
Отмена и восстановление действий 30
Копирование объектов 30
Метки объектов 30
Выделение и удаление проводников данных 31
Автомасштабирование проводников данных 31
Разорванные проводники данных 32
Редактирование текста (изменение шрифта, стиля и размера) ... 32
Изменение размеров объектов 32
Выравнивание и распределение объектов в пространстве 33
Установка порядка размещения объектов, объединение объектов в группу и закрепление местоположения объектов на рабочем пространстве лицевой панели 33
Приведение нескольких объектов к одному размеру 34
Копирование объектов между ВП или между другими приложениями 34
Окрашивание объектов 34
Выводы 34

Лекция 3. Решение линейных алгебраических уравнений в среде LabVIEW 35
Пример 3.1. Определение токов в цепи с использованием формульного узла 35
Пример 3.2. Решение алгебраических уравнений в матричной форме 36
Дополнение. Матричные операции в среде LabVIEW 38
Выводы 40

Лекция 4. Моделирование и измерение переменных напряжений и токов в среде LabVIEW ... 41
Моделирование синусоидальных токов и напряжений ... 41
Пример 4.1 ... 42
Пример 4.2 ... 42
Пример 4.3 ... 44
Пример 4.4 ... 45
Выводы ... 46

Лекция 5. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений в среде LabVIEW ... 47
Расчетные алгоритмы ... 47
Пример 5.1 ... 48
Пример 5.2 ... 50
Выводы ... 50

Лекция 6. Массивы ... 51
Создание массива элементов управления и индикации ... 51
Двумерные массивы ... 53
Математические функции (полиморфизм) ... 54
Основные функции работы с массивами ... 54
Автоматическое масштабирование функций работы с массивами ... 56
Дополнительные функции работы с массивами ... 56
Функции для работы с массивами логических переменных ... 57
Выводы ... 57

Лекция 7. Структуры ... 58
Цикл с фиксированным числом итераций (For) ... 59
Автоматическая индексация ... 60
Пример 7.1. Автоиндексация ... 60
Пример 7.2. Окружность ... 60
Индексация нескольких массивов в одном цикле ... 61
Организация доступа к значениям предыдущих итераций цикла ... 62
Сдвиговый регистр (Shift Register) ... 62
Пример 7.3. Сдвиговый регистр ... 62
Стек сдвиговых регистров ... 63
Пример 7.4. Стек сдвиговых регистров ... 63

Узел обратной связи ... 64
Выводы ... 64

Лекция 8. Логические элементы управления и индикации ... 65
Механическое действие (Mechanical Action) ... 65
Логические функции ... 66
Цикл по условию (While) ... 68
Доступ к значениям предыдущих итераций цикла ... 68
Автоиндексирование в цикле по условию ... 68
Пример. 8.1. Цикл While ... 69
Задание 8.1. Решение нелинейного уравнения ... 69
Выводы ... 72

Лекция 9. Структура выбора (Case) ... 73
Задание 9.1. Ввод пароля ... 74
Задание 9.2. Калькулятор ... 75
Структура последовательности (Sequence) ... 77
Структура открытой последовательности (Flat Sequence Structure) ... 77
Задание 9.3. Время выполнения программы ... 77
Структура многослойной последовательности (Stacked Sequence Structure) ... 78
Выводы ... 79

Лекция 10. Структура обработки данных события (Event) ... 80
Пример 10.1. Обработка события закрытия ВП ... 85
Задание 10.2. Секундомер ... 86
Выводы ... 87

Лекция 11. Кластеры ... 88
Создание кластеров из элементов управления и индикации ... 88
Порядок элементов в кластере ... 89
Создание кластера констант ... 90
Функции работы с кластерами ... 90
Сборка кластеров ... 90
Разделение кластера ... 92
Пример 11.1. Масштабирование кластера (рис.11.7) ... 92
Преобразование кластера в массив ... 93
Пример 11.2. Преобразования массива в кластер и наоборот ... 93

Кластеры ошибок ... 93
Обработка ошибок ... 94
Кластеры ошибок ... 95
Объяснение ошибки ... 95
Использование цикла пока (While) при обработке ошибок ... 96
Использование структуры варианта (Case) при обработке ошибок ... 96
Выводы ... 96

Лекция 12. Графическое представление данных ... 97
График диаграмм ... 97
Соединение графиков ... 97
График осциллограмм и двухкоординатный график осциллограмм ... 99
Одиночный график осциллограмм ... 100
График множества осциллограмм ... 100
Пример 12.1. График множества осциллограмм ... 100
Одиночные двухкоординатные графики осциллограмм ... 102
Двухкоординатные графики множества осциллограмм ... 102
Графики интенсивности ... 102
Настройки графиков и таблиц интенсивности ... 103
Выводы ... 104

Лекция 13. Виртуальные подприборы (SubVI) ... 105
Создание и настройка ВПП ... 105
Редактирование иконки (Edit Icon) ... 106
Привязка полей ввода/вывода данных к элементам лицевой панели ... 108
Использование подпрограмм ВП ... 109
Редактирование подпрограммы ВП ... 109
Установка значимости полей ввода/вывода данных: обязательные, рекомендуемые и дополнительные (не обязательные) ... 109
Создание ВПП из секции блок-диаграммы ... 110
Использование единиц измерения ... 110
Пример 13.7. Использование размерностей ... 112
Выводы ... 113

Лекция 14. Строки ... 114
Создание строковых элементов управления и индикации ... 114

Функции работы со строками ... 115
Преобразование строк в числовые данные ... 117
Таблицы ... 118
Задание 14.1. Сортировка таблицы ... 118
Выводы ... 120

Лекция 15. Функции работы с файлами ... 121
Основы файлового ввода/вывода ... 121
Функции файлового ввода/вывода низкого уровня ... 122
Сохранение данных в новом или уже существующем файле ... 123
Пример 15.1. Запись строки в файл ... 123
Форматирование строк таблицы символов ... 124
Пример 15.2. Создание файла с таблицей ... 124
Функции файлового ввода/вывода высокого уровня ... 125
Экспресс ВП ... 126
Выводы ... 127

Лекция 16. Дополнительные приемы программирования: Экспресс ВП, создание собственного меню ... 128
Экспресс ВП ... 128
Пример 16.1. Экспресс-ВП Build Text Express VI ... 129
Динамический тип данных (Dynamic Data Type) ... 130
Преобразование экспресс-ВП в подпрограмму ВП ... 131
Создание собственного меню ... 132
Задание 16.1. Добавление пункта меню «About» ... 132
Выводы ... 134

Лекция 17. Дополнительные приемы программирования: формирование отчетов, изменение внешнего вида объектов лицевой панели, менеджер библиотек ... 135
Формирование отчетов ... 135
Задание 17.1. Формирование отчета ... 135
Изменение внешнего вида элементов управления и индикации ... 137
Окно редактирования внешнего вида элементов лицевой панели ... 137
Режим настройки ... 138

Режим редактирования ... 139
Определение типа ... 140
Диалоговое окно VI Library Manager ... 140
Выводы ... 142

Лекция 18. Сбор данных ... 143
DAQ-устройства ... 143
Назначение DAQ-устройств ... 143
Составление измерительных систем на базе компьютера и DAQ-устройства ... 144
Роль программного обеспечения ... 145
Настройка измерительных устройств ... 146
Measurement & Automation Explorer ... 146
Классические драйверы ... 148
DAQmx-драйверы ... 151
Частота дискретизации (отсчетов) ... 151
Подмена частот (при недостаточно высокой частоте дискретизации сигнала) ... 152
Выводы ... 152

Лекция 19. Сбор данных на базе традиционного NI-DAQ. Тип данных осциллограмма ... 153
Тип данных осциллограмма (waveform) ... 153
Аналоговый ввод реального сигнала ... 155
Простые функции аналогового ввода ... 155
Пример 19.1. Простейший анализатор спектра ... 156
Улучшенный аналоговый ввод ... 157
Пример 19.2. Непрерывный аналоговый ввод с использованием буфера ... 157
Выводы ... 158

Лекция 20. Запуск сбора данных. Использование DAQmx ... 159
Включение (triggering) ... 159
Использование DAQmx ... 161
Задание 20.1. Измерение переменного напряжения с помощью экспресс-ВП DAQmx Assistant ... 161
Задание 20.2. Измерение переменного напряжения с помощью функций палитры DAQmx – Data Acquisition ... 165

Задание 20.3. Измерение переменного напряжения с запуском по уровню и наклону сигнала ... 166
Выводы ... 166

Лекция 21. Аналоговый вывод сигнала ... 167
Реальные нелинейные элементы в виртуальных схемах ... 168
Задание 21.1. Исследование работы выпрямителя ... 169
Пример 21.2. Исследование работы выпрямителя в реальном времени ... 172
Выводы ... 174

Лекция 22. NI ELVIS ... 175
DAQ-устройство ... 176
Настольная станция NI ELVIS ... 176
Монтажная панель NI ELVIS ... 178
Задание 22.1. Полосовой фильтр ... 183
Выводы ... 184

Лекция 23. Программное обеспечение NI ELVIS ... 195
Модуль запуска виртуальных приборов – Instrument Launcher ... 195
Цифровой мультиметр – Digital Multimeter (DMM) ... 186
Осциллограф – Oscilloscope (Scope) ... 187
Генератор функций – Function Generator (FGEN) ... 187
Регулируемые источники питания – Variable Power Supplies ... 188
Частотно-фазовый анализатор – Bode Analyzer ... 188
Задание 23.1. Снятие АЧХ и ФЧХ ... 188
Анализатор динамических сигналов – Dynamic Signal Analyzer ... 189
Задание 23.2. Анализ динамических сигналов ... 190
Генератор сигналов произвольной формы – Arbitrary Waveform Generation ... 191
Задание 23.3. Генерация сигнала произвольной формы ... 192
Цифровое считывающее и записывающее устройство – Digital Reader и Digital Writer ... 192
Задание 23.4. Цифровой ввод-вывод ... 192
Анализатор входного сопротивления – Impedance Analyzer ... 192
Двухпроводный вольтамперный анализатор – Two-Wire Current-Voltage Analyzer ... 192