

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

_____ Е. М. Разинкина

« ____ » _____ 2020 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
повышения квалификации

**«Программирование систем реального времени и микросхем ПЛИС с
использованием модулей LabVIEW RT и LabVIEW FPGA с использованием
платформы National Instruments»**

(название программы)

направление подготовки (специальности):

«09.03.01. Информатика и вычислительная техника»

(Код и наименование ООП)

область профессиональной деятельности:

«Связь, информационные и коммуникационные технологии»

Наименование

Объем: 72 часа

Санкт-Петербург

2020 г.

Разработчик:

А. В. Медведев, к. ф.-м. н., доцент ВШПФиКТ ИФНиТ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Нормативно-правовые основания разработки программы

Нормативную правовую основу разработки программы составляют:

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Федеральный Государственный Образовательный Стандарт ВО по направлению «09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (зарегистрирован в Минюсте России 10 октября 2017 г. N 48489, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. №929);
3. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 «О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов»;
5. Приказ Минтруда России от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификаций в целях разработки проектов профессиональных стандартов».

Программа разработана на основе профессионального стандарта "**Программист**" (утвержден приказом Минтруда России от №679н от 18.11.2013, зарегистрирован в Минюсте России 18.12.2013 N 30635).

Программа является преемственной к ООП ВО по направлению подготовки **«09.03.01 Информатика и вычислительная техника»**.

1.2. Категории слушателей: лица, желающие освоить данную программу повышения квалификации, должны иметь среднее профессиональное или высшее образование. К обучению по программе также допускаются лица, получающие среднее профессиональное или высшее образование.

1.3. Форма обучения и форма организации образовательной деятельности

Формы обучения: очная.

По всем темам программы предусмотрены лекционные и практические занятия. Выполнение практических работ проводится в специально оснащенной стендовым и контрольно-измерительным оборудованием лаборатории. Выполнение практических работ контролируется преподавателем.

1.4. Трудоемкость обучения и режим занятий слушателей

Трудоемкость освоения данной программы составляет 72 часа.

Режим занятий:

- по очной форме обучения – не более 8 часов в день.

2. ЦЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Целью реализации программы повышения квалификации «Программирование систем реального времени и микросхем ПЛИС с использованием модулей LabVIEW RT и LabVIEW FPGA с использованием платформы National Instruments» является совершенствование имеющихся и (или) приобретение новых навыков использования модуля LabVIEW Real-Time для разработки надежных приложений с детерминированным поведением; приобретение навыка создания детерминированных систем мониторинга и управления на основе программного обеспечения NI LabVIEW и аппаратной платформы NI CompactRIO, необходимых для профессиональной деятельности.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Выпускник должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими видам деятельности в соответствии с профессиональным стандартом "Программист" (утвержден приказом Минтруда России от №679н от 18.11.2013, зарегистрирован в Минюсте России 18.12.2013 N 30635).

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций с указанием
ВД 1	Разработка и отладка программного кода
ПК 1.1.	Формализация и алгоритмизация поставленных задач
ПК 1.2.	Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными
ПК 1.3.	Оформление программного кода в соответствии с установленными требованиями

Выпускник должен обладать общепрофессиональными компетенциями (ОПК) и универсальными компетенциями (УК) в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению «09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (Приказ № 929 Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г., зарегистрированный в Минюсте России 10 октября 2017 г. N 48489).

Код	Наименование общепрофессиональных компетенций и(или) общих (общекультурных) компетенций
ОПК 1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК 2	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК 8	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения
ОПК 9	Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач
УК 1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК 2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать

	оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК 3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде

В результате освоения программы у слушателей должен сформироваться следующий комплекс знаний, умений и навыков:

Уровень квалификации	Показатели уровня квалификации:		
	Полномочия и ответственность	Характер умений	Характер знаний
4 уровень	<p>Владение методикой разработки надежных приложений с детерминированным поведением; методикой оптимизации задач реального времени; методикой настройки и коммуникации с устройствами РВ; методикой добавления CompactRIO в список удаленных систем; методикой добавления целевого устройства CompactRIO; методами тактирования.</p>	<p>Уметь определять, является ли использование операционной системы реального времени (ОСРВ) приемлемым решением существующей задачи; выбрать наиболее подходящее оборудование для данного приложения РВ; уменьшить отклонения в приложении РВ; выбрать подходящий метод обмена информацией; калибровать приложение РВ и запускать его в работу; создать реальную систему управления и мониторинга с помощью практических упражнений, выполняемых при обучении.</p>	<p>Знать сущность модуля LabVIEW Real-Time для разработки надежных приложений с детерминированным поведением; концепции реального времени и детерминизма; сущность системы CompactRIO, области ее применения и входящие компоненты.</p>

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

4.1. Учебный план

№ п.п.	Наименование разделов и дисциплин (модулей)	Всего часов трудоемкости	Всего, ауд. часов	в том числе		Форма контроля
				лекции	практ. занятия	
1	2	3	4	5	6	8
1.	Особенности работы на платформе DAQmx, подключение к измерительным датчикам, учет входного и выходного импедансов датчика и платы сбора информации, буферизация входных данных платы сбора информации	3	3	1	2	
2.	Системы реального времени. Концепция разработки приложений, выполняющихся в режиме «жесткого реального времени». NI LabVIEW Real-Time.	3	3	1	2	
3.	Архитектура приложений реального времени	3	3	1	2	
4.	Программируемые логические интегральные схемы и реконфигурируемые системы. Архитектура реконфигурируемых систем. CPLD и FPGA.	3	3	1	2	
5.	Аппаратные платформы LabVIEW FPGA. Модули R серии, cRIO, sbRIO, FlexRIO. Сравнение реконфигурируемых систем и систем с жесткой архитектурой.	3	3	1	2	
6.	Среда проектирования. Модули LabVIEW FPGA, LabVIEW RT. Конфигурирование аппаратных средств. Measurements and Automation Explorer.	3	3	1	2	
7.	Программирование в LabVIEW FPGA. Палитра FPGA. Разработка, компиляция и отладка FPGA VI.	4	4	2	2	
8.	Программирование операций ввода-вывода. Типы данных FPGA VI. Ввод-вывод калиброванных значений.	4	4	1	3	
9.	Таймирование операций в FPGA. Выполнение итерации цикла за один такт. Цикл SCTL.	4	4	1	3	
10.	Особенности проектирования FPGA VI. Оптимизация проекта FPGA по размеру и быстродействию. Конвейеризация данных.	4	4	2	2	

11.	Математическая обработка и анализ данных в FPGA. ЦОС во временной и частотной областях. Линейные цифровые фильтры, нелинейные цифровые фильтры	4	4	2	2	
12.	Параллелизм выполнения кода. Разделяемые ресурсы. Локальные переменные, блочная память, FIFO.	4	4	1	3	
13.	Синхронизация ввода-вывода и обработки данных.	4	4	1	3	
14.	Разработка Host VI. Палитра FPGA Interface. Обмен данными между Host и FPGA Target. Буферизация данных.	4	4	2	2	
15.	Разработка встраиваемых и распределенных систем реального времени на платформе cRIO. Конфигурирование проекта.	4	4	2	2	
16.	Сетевые переменные общего доступа. Обмен данными между приложениями Windows и RT Host. Создание и развертывание исполняемых приложений	4	4	2	2	
17.	Обмен данными между ведущей и целевой системами. Обзор методов передачи данных по сети Ethernet: TCP/IP, UDP, USB, LAN и т.д., переменные с общим доступом, VI Server.	4	4	2	2	
18.	Тестирование и отладка приложений. Инструменты отладки LabVIEW. Проверка загрузки процессора и памяти в менеджере Real-Time System Manager.	4	4	2	2	
19.	Окончательный перенос приложения на целевую систему РВ. Загрузка модулей на целевую систему, настройка автозапуска. Реализация web-интерфейсов: удаленные лицевые панели и встроенный web-сервер.	4	4	2	2	
20.	Итоговая аттестация	2	2		2	Зачет
	ИТОГО	72	72	28	44	

4.2. Календарный учебный график

График обучения Форма обучения	Ауд. часов в день	Дней в неделю	Общая продолжительность программы (часов)
Очная	не более 8	не более 5	72

4.3 Рабочие программы учебных дисциплин (модулей)

№ п/п	Наименование тем	Содержание обучения по темам, наименование и тематика практических занятий, самостоятельной работы слушателя
1.	Особенности работы на платформе DAQmx, подключение к измерительным датчикам, учет входного и выходного импедансов датчика и платы сбора информации, буферизация входных данных платы сбора информации	Изучается универсальный драйвер устройств сбора данных, возможности по управлению аппаратными средствами согласования сигналов датчиков: питание, усиление, фильтрация и др.
2.	Системы реального времени. Концепция разработки приложений, выполняющихся в режиме «жесткого реального времени». NI LabVIEW Real-Time.	Рассматриваются концепции РВ, включающие детерминизм и отклонения, сущность операционных систем РВ; раскрываются понятия главных узлов и объектов РВ; обзор оборудования ввода/вывода РВ.
3.	Архитектура приложений реального времени	Обучение методу многопоточной обработки, обучение пониманию и использованию уровней приоритетов; обучение использованию спящего режима для проверки синхронизации процессора; обучение навыку выбора метода для обмена данными между потоками; обучение управлению памятью; обзор функций, которые не поддерживаются в среде РВ.
4.	Программируемые логические интегральные схемы и реконфигурируемые системы. Архитектура реконфигурируемых систем. CPLD и FPGA.	Объясняется понятие и назначение FPGA. Рассматриваются различия в функционировании процессоров общего назначения и ПЛИС. Изучаются отличия программирования ПЛИС и систем с ЦПУ.
5.	Аппаратные платформы LabVIEW FPGA. Модули R серии, cRIO, sbRIO, FlexRIO. Сравнение реконфигурируемых систем и систем с жесткой архитектурой.	Рассматриваются семейства аппаратных средств, реализующих функционал ПЛИС, обладающие различным форм-фактором, интерфейсами подключения и назначением.
6.	Среда проектирования. Модули LabVIEW FPGA, LabVIEW RT. Конфигурирование аппаратных средств. Measurements and Automation Explorer.	Обзор по сборке и установке оборудования; обучение методики конфигурирования объектов РВ в Measurement and Automation Explorer; методики использования проекта LabVIEW; обучение конфигурированию объектов РВ через проект LabVIEW; обучение запуску Виртуальных Приборов (ВП) на объекте РВ.

7.	Программирование в LabVIEW FPGA. Палитра FPGA. Разработка, компиляция и отладка FPGA VI.	Изучается графический метод программирования ПЛИС в составе реконфигурируемых платформ. Дается обзор особенностей палитры функций модуля FPGA и её отличие от палитры функций программирования под ОСРВ и пользовательской ОС.
8.	Программирование операций ввода-вывода. Типы данных FPGA VI. Ввод-вывод калиброванных значений.	Изучаются типы данных с фиксированной запятой: представление целой и дробной части, абсолютная точность. Приводится сравнение с типами данных с плавающей запятой и относительной точностью. Изучается получение калиброванных данных от измерительных модулей с фиксированной запятой.
9.	Таймирование операций в FPGA. Выполнение итерации цикла за один такт. Цикл SCTL.	Особенность времени выполнения операций на ПЛИС. Изучаются циклы с нормальным временем выполнения и с выполнением за один такт. Изучается реализация одноктактовых алгоритмов.
10.	Особенности проектирования FPGA VI. Оптимизация проекта FPGA по размеру и быстродействию. Конвейеризация данных.	Используя знания, полученные в предыдущих разделах, создается код ПЛИС. Проводится анализ быстродействия и используемых ресурсов FPGA. Обозначаются особенности компиляции бит-файла прошивки ПЛИС.
11.	Математическая обработка и анализ данных в FPGA. ЦОС во временной и частотной областях. Линейные цифровые фильтры, нелинейные цифровые фильтры	Исследуются функции палитры математических операций FPGA Math. Изучаются особенности применения сложных многостадийных функций в обычных циклах и в одноктактовых циклах. Определяется назначение выполнения операций ЦОС на ПЛИС и на уровне ЦПУ.
12.	Параллелизм выполнения кода. Разделяемые ресурсы. Локальные переменные, блочная память, FIFO.	Дается объяснение реализации параллелизма в ПЛИС в сравнении с другими исполнительными устройствами. Изучаются инструменты обмена данными через различные разделяемые ресурсы.
13.	Синхронизация ввода-вывода и обработки данных.	Обзор реакции приложения на простое событие; обучение использованию ПО с циклом заданной длительности для синхронизации; обучение использованию оборудования для синхронизации.
14.	Разработка Host VI. Палитра FPGA Interface. Обмен данными между Host и FPGA Target. Буферизация данных.	Рассматриваются вопросы взаимодействия ПЛИС и операционной системы. Изучается палитра функций связи с ПЛИС и инструменты информационного обмена.
15.	Разработка встраиваемых и распределенных систем реального времени на платформе cRIO. Конфигурирование проекта.	Проводится обзор особенностей и назначения применения операционных систем реального времени. Изучается последовательность операций конфигурирования контроллера реального времени cRIO в составе проекта LabVIEW.
16.	Сетевые переменные общего доступа. Обмен данными между	Изучаются высокоуровневые специализированные инструменты информационного обмена контроллера под управлением ОС РВ и компьютера, под управлением

	приложениями Windows и RT Host. Создание и развертывание исполняемых приложений	пользовательской операционной системы. Проводится изучение методов развертывания ПО на контроллере реального времени.
17.	Обмен данными между ведущей и целевой системами. Обзор методов передачи данных по сети Ethernet: TCP/IP, UDP, USB, LAN и т.д., переменные с общим доступом, VI Server.	Изучаются общепринятые протоколы взаимодействия, позволяющие интегрировать системы под управлением LabVIEW и иные, не использующие технологии LabVIEW.
18.	Тестирование и отладка приложений. Инструменты отладки LabVIEW. Проверка загрузки процессора и памяти в менеджере Real-Time System Manager.	Рассматриваются инструменты мониторинга процесса исполнения графического кода под управлением ОСРВ, средства отладки.
19.	Окончательный перенос приложения на целевую систему РВ. Загрузка модулей на целевую систему, настройка автозапуска. Реализация web-интерфейсов: удаленные лицевые панели и встроенный web-сервер.	Изучается внедрение разработанных алгоритмов ПЛИС и реального времени в целевую систему. Проводится обзор особенностей исполнения вне режима отладки, алгоритм автозапуска на целевом устройстве, методы сопровождения проекта после внедрения.

5. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

5.1. Материально-техническое обеспечение

Перечень кабинетов, лабораторий и их оборудование:

Занятия проводятся в специализированных аудиториях Высшей школы прикладной физики и космических технологий Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций СПбПУ (2 уч. корпус, ауд. № 224, НИК, ауд. Г.3.45), оснащенных оборудованием, поставляемым компанией National Instruments, компьютерной и проекционной техникой. Учебный процесс обеспечивается необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения (LabVIEW 2013 Professional Development System, LabVIEW Real-Time Module и др.).

5.2. Информационное и учебно-методическое обеспечение обучения

Рекомендуемая литература:

1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех + CD. 4-е издание, переработанное и дополненное. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 904с.
 2. Баран Е.Д. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы. - М.: ДМК Прес, 2009. – 448с.
 3. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В., Папуловский В.Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий + CD. – М.: ДМК Пресс, 2009 г., 208 с.
 4. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 456 с.
 5. Блюм П. LabVIEW: стиль программирования. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 400 с.
 6. Блюм П. LabVIEW: Профессиональное программирование в LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 400 с.
 7. Блюм П. LabVIEW: LabVIEW. Практический курс для инженеров и разработчиков. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 207 с.
 8. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20. Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007 г., 536 с.
 9. Кехтарнаваз Н., Ким Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW + CD: – М.: Додэка, 2007 г., 304 с.
- Электронные и Internet-ресурсы:
10. <http://www.ni.com/> - официальный сайт корпорации National Instruments.
 11. <https://www.ni.com/ru-ru/support/> - сайт для загрузки ПО и драйверов для продуктов NI.
 12. <http://www.ni.com/manuals/> - сайт для загрузки документации по продуктам NI.
 13. <https://forums.ni.com/> - сайт сообщества NI Community.

5.3. Организация образовательного процесса

Образовательный процесс в теоретической части реализуется с применением традиционных образовательных технологий – лекций, читаемых с применением мультимедийного проекционного оборудования.

Образовательный процесс в практической части реализуется с применением традиционных образовательных технологий – практических занятий, проводимых в компьютерном классе.

Консультационная помощь обучающимся оказывается в зависимости от совокупности обстоятельств: непосредственно в момент обращения, по окончании академического часа, по окончании учебного занятия.

5.4. Кадровое обеспечение образовательного процесса

Образовательный процесс по программе повышения квалификации «Программирование систем реального времени и микросхем ПЛИС с использованием модулей LabVIEW RT и LabVIEW FPGA с использованием

платформы **National Instruments**» обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю дисциплины (модулю), и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и/или научно-методической деятельностью.

К образовательному процессу по дисциплинам (модулям) также привлечены преподаватели из числа действующих руководителей и ведущих работников профильных организаций, предприятий и учреждений.

6. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Формы аттестации

Текущая аттестация проводится в форме устного опроса в ходе занятий или собеседования по итогам освоения каждой дисциплины.

Промежуточная аттестация не производится.

Итоговая аттестация – зачет.

6.2. Комплект оценочных средств

Итоговая аттестация по программе модуля производится в форме зачета. Зачет проводится в виде выполнения практических заданий и сдачи теста. Оценка уровня освоения модуля осуществляется по двухбалльной системе («зачет», «незачет»).

Лицам, успешно освоившим программу повышения квалификации и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение установленного образца.

Пример типового итогового теста:

Тест 1.

Выбрать соответствие между (1 – 4) и (А – Е).

1. Джиттер
2. Детерминизм
3. Встраиваемая система
4. Время итерации цикла

А) Система откликается на событие или выполняет определенные операции в отведенное время

Б) Разброс значений измеренных величин

В) Время выполнения одной итерации цикла

Г) Отклонение фактического времени итерации цикла от заданного

Д) Система с модульной архитектурой

Е) Компьютерная система, которая, как правило, является частью большей системы

Тест 2.

Объясните значение следующих терминов:

Проект

Цель

Обмен данными через Переднюю Панель (Front Panel Communication)

Тест 3.

Ответьте на вопросы:

Какие существуют методы для улучшения детерминизма?

Какой метод обмена данными между потоками является лучшим с точки зрения детерминизма?

Какой метод обмена данными между потоками самый простой при программировании?

Многозадачность запрещена в критическом по времени потоке; как это влияет на выбор методов программирования?

Тест 4.

Ответьте на вопросы:

Какой таймер имеет лучшее разрешение – таймер процессора или таймер операционной системы?

Какие преимущества имеет хронометражный цикл управления?

Тест 5.

Выбрать соответствие между (1 – 4) и (А – Г).

1. TCP

2. UDP

3. РП, публикуемые в сети

4. VI Server

А) Быстрый, протокол передачи данных с минимальной проверкой ошибок. Возможна потеря данных

Б) Непосредственно управляет ВП-и на целевой RT системе

В) Часто используемый протокол - достаточно быстрый, без потерь данных.

Г) Может передавать данные непосредственно из критического по времени цикла

Тест 6.

Ответьте на вопросы:

Назовите преимущества использования циклов заданной длительности

Являются ли циклы заданной длительности методом программной или аппаратной синхронизации?

При осуществлении оценки уровня сформированности компетенций, умений и знаний и выставлении отметки по результатам зачета используется аддитивный принцип:

- отметка «**зачтено**» выставляется обучающемуся, успешно справившемуся с выполнением всех практических заданий, показавшему освоение планируемых результатов, предусмотренных программой, выполнившему 70% и более тестов;

- отметка «**не зачтено**» выставляется обучающемуся, допустившему серьезные ошибки при выполнении практических заданий, не показавшему освоение планируемых результатов, предусмотренных программой, выполнившему менее 70 % тестов.

И. о. директора ИФНиТ

В. А. Сороцкий