

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) отделение автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Цикл лабораторных работ на базе системы «LabVIEW Robotics»</b>

УДК 004.415.2: 621.865.004.896

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Генкель Вероника Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники	Казаков Вениамин Юрьевич	Кандидат физико-математических наук		

Руководитель ООП

Доцент отделения автоматизации и робототехники	Казаков Вениамин Юрьевич	Кандидат физико-математических наук		
--	--------------------------	-------------------------------------	--	--

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Старикова Екатерина Васильевна	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения контроля и диагностики	Авдеева Ирина Ивановна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения автоматизации и робототехники	Леонов Сергей Владимирович	Кандидат технических наук		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения по направления

### 27.03.01 Стандартизация и метрология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК-17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>Универсальные компетенции</b>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность) 27.03.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Казаков В.Ю.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Генкель Веронике Александровне

Тема работы:

Цикл лабораторных работ на базе системы «LabVIEW Robotics»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

28.03.2018, № 2184/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2018

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Мобильная платформа на базе платы «NI Single Board RIO – 9632»;  
 Процессор FPGA «Xilinx Spartan»;  
 Процессора реального времени «Freescale MPC5200»;  
 Программная среда «LabVIEW», с дополнительными модулями «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics».

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аппаратная среда мобильной платформы на базе платы «NI Single Board RIO – 9632»;</p> <p>Программная среда необходимая для лабораторного цикла;</p> <p>Тематика лабораторных работ;</p> <p>Разработка методических указаний к лабораторным работам;</p> <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе «Microsoft Power Point»</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Старикова Екатерина Васильевна</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Авдеева Ирина Ивановна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.09.2017</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент отделения автоматизации и робототехники</p>	<p>Казиков Вениамин Юрьевич</p>	<p>Кандидат физико-математических наук</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Г41</p>	<p>Генкель Вероника Александровна</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Генкель Веронике Александровне

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 Стандартизация и метрология

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости ресурсов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчет расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, SWOT-анализ, FAST -анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИ, бюджет НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.04.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Старикова Екатерина Васильевна	Кандидат философских наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Генкель Вероника Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Генкель Веронике Александровне

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 Стандартизация и метрология

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Создание цикла лабораторных работ на базе платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» в среде «LabVIEW», основными библиотеками «LabVIEW Robotics», «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-Time.» Описание рабочего места. Объект применим в учебных отраслях.
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Производственная безопасность</b>	1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – отклонение параметров температуры и влажности; – недостаток освещенности; – электромагнитное поле от компьютера; – шум; – статические физические нагрузки; – нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение. 1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности: – возможность поражения электрическим током; – короткое замыкание; – статическое электричество; – движущиеся механизмы робота.
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Анализ влияния объекта на окружающую среду Разработать решения по обеспечению экологической безопасности.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Перечень возможных ЧС на объекте:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возможность возникновения пожара;</li> <li>– повышенное значение напряжения в электрической цепи.</li> </ul> <p>Наиболее типичные чрезвычайные ситуации: возможность возникновения пожара и повышенное значение напряжения в электрической цепи.</p>
<b>4.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>– управление мобильным роботом происходит в автономном и ручном режиме;</li> <li>– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения контроля и диагностики	Авдеева Ирина Ивановна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Генкель Вероника Александровна		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа инженерных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность) 27.03.01 Стандартизация и метрология

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.11.2018	Основная часть	
01.04.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
01.03.2018	Социальная ответственность	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники	Казиков Вениамин Юрьевич	Кандидат физико-математических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения автоматизации и робототехники	Казиков Вениамин Юрьевич	Кандидат физико-математических наук		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа на 125 с., 21 рисунок, 20 таблиц, 22 формулы, 32 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: лабораторные работы, мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0», устройство «NI Single Board RIO – 9632», процессор FPGA «Xilinx Spartan - 3», процессор реального времени «Freescale MPC5200».

Объект исследования – цикл лабораторных работ на базе системы «LabVIEW Robotics».

**Целью** выпускной квалификационной работы является разработка цикла лабораторных работ в программной среде «LabVIEW» с дополнительными модулями «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics».

В процессе работы производилось теоретическое ознакомление с аппаратной и программной средой, используемой для разработки лабораторного практикума, формирование тематики лабораторных работ и разработка методических указаний к лабораторным работам.

В результате работы был создан цикл лабораторных работ, состоящий из трех работ. Лабораторные работы имеют практическое и самостоятельное задание для студентов.

**Степень внедрения.** Цикл лабораторных работ мог бы войти в лабораторный практикум по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов» направления 27.04.01 «Стандартизация и метрология» по профилю «Компьютеризация измерений и контроля».

**Область применения.** Данный цикл лабораторных работ может применяться в технических вузах.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 и представлена в распечатанном виде на листах формата А4.

В будущем планируется разработка дополнительных лабораторных работ и внедрение их в лабораторный практикум по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов».

## **Обозначения и сокращения**

LabVIEW - Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench;

NI - National Instruments;

SbRIO - Single Board RIO;

FPGA - Field-Programmable Gate Array или программируемая логическая интегральная схема;

UDP - User Datagram Protocol или протокол пользовательских датаграмм;

HTTP - HyperText Transfer Protocol или протокол передачи гипертекста;

FTP - File Transfer Protocol или протокол передачи файлов;

АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ПК - персональный компьютер;

ПЭВМ - персональная электронно-вычислительная машина;

ВКР - выпускная квалификационная работа;

НИ - научное исследование;

НР - научный руководитель;

С - студент.

## Содержание

	С.
Введение	17
1 Аппаратные средства, используемые при разработке цикла лабораторных работ	20
1.1 Устройство «National Instruments Single Board RIO – 9632»	21
1.2 Процессор FPGA «Xilinx Spartan-3»	26
1.3 Процессор «Freescale Semiconductor MPC5200»	29
1.4 Вспомогательные устройства	34
1.5 Серводвигатель «Hitec HS - 485HB»	35
1.6 Ультразвуковой датчик «Parallax PING)))»	35
2 Программные средства, используемые при разработке цикла лабораторных работ	38
2.1 Модуль «LabVIEW FPGA»	38
2.2 Модуль «LabVIEW Real-Time»	42
2.3 Модуль «LabVIEW Robotics»	44
2.4 Первоначальная настройка и тестирование аппаратных и программных средств	46
3 Описание цикла лабораторных работ	49
3.1 Лабораторная работа «Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»	50
3.2 Лабораторная работа «Управление двигателем мобильной платформы NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».	52
3.3 Лабораторная работа «Управление двигателями постоянного тока и ультразвуковым датчиком мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0.»	54
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	57
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	59
4.1.3 SWOT-анализ	60
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	62
4.3 Планирование научно-исследовательских работ	64
4.3.1 Структура работы в рамках научного исследования	64
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	65
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	66
4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования	68
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	70
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	70
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	72
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	72
4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	74
4.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды	74
4.4.6 Накладные расходы	75
4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	75
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	76
5 Социальная ответственность	79
5.1 Производственная безопасность	79
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	79

5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования	80
5.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	81
5.2.1 Механические опасности	81
5.2.2 Шум	82
5.2.3 Электромагнитное излучение	82
5.2.4 Освещенность	83
5.2.5 Микроклимат	87
5.2.6 Психо-физические факторы	87
5.2.7 Электрический ток	88
5.3 Экологическая безопасность	89
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	89
5.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	90
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	90
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	91
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта	91
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	92
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	93
5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	94
5.6 Вывод по разделу «Социальная ответственность»	95
Заключение	96
Список использованных источников	97

Приложение А Методическое указание для проведения лабораторной работы № 1	101
Приложение Б Методическое указание для проведения лабораторной работы № 2	112
Приложение В Методическое указание для проведения лабораторной работы № 3	120

## Введение

В настоящее время робототехника является стремительно развивающейся областью знания, которая имеет достаточно большой потенциал, чтобы существенно повлиять на характер инженерного и научного образования на всех его уровнях. Робототехника является одним из ведущих направлений современной прикладной науки. Данное направление занимается созданием и внедрением в жизнь человека автоматических машин, существенно облегчающих как промышленную сферу деятельности человека, так и его бытовую жизнь [1].

Широкое распространение мобильных автономных платформ (роботов) ставит задачу знакомства выпускников технических вузов с принципами их программирования и управления.

В связи с модернизацией учебного плана магистров по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология» по профилю «Компьютеризация измерений и контроля» необходима разработка лабораторного практикума по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов». Учебный план имеет практическую направленность, поэтому требуется значительное увеличение числа лабораторных работ, а также расширение их тематики. Так как целью вышеуказанной дисциплины являются изучение современных программных средств сбора и обработки измерительной информации, то возникла потребность расширить лабораторный практикум тематикой относящиеся к мобильным платформам.

Целью выпускной квалификационной работы является создание цикла лабораторных работ, которые могли бы войти в лабораторный практикум по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов». В ходе выполнения лабораторных работ студент должен получить знания:

- о составе, функционировании, устройстве мобильной платформы на базе платы «NI Single Board RIO – 9632»;

- о принципах программирования FPGA с помощью программной среды «LabVIEW», на примере процессора FPGA «Xilinx Spartan»;
- о принципах программирования систем «реального времени» в программной среде «LabVIEW», на примере процессора реального времени Freescale MPC5200.

В ходе выполнения лабораторных работ студент должен также получить навыки и умения – создавать виртуальные приборы в среде «LabVIEW», подключать и настраивать мобильную платформу (робота), разрабатывать и тестировать алгоритмы измерений расстояния с помощью ультразвукового датчика, разрабатывать и тестировать алгоритмы управления приводами мобильной платформы и систем управления с обратной связью.

В рамках достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) провести ревизию оборудования и программного обеспечения, которое имеется в отделении ОАР ИШИТР, пригодного для лабораторного цикла;
- 2) определить номенклатуры и тематику лабораторных работ;
- 3) разработать задания для студентов в рамках данного цикла;
- 4) провести испытание лабораторных работ студентами;
- 5) разработать методические указания к лабораторным работам.

В первой главе выпускной квалификационной работы описывается аппаратные средства, используемые при разработке и выполнении лабораторных работ, а именно: автономная мобильная платформа - робот «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0», плата «NI Single Board RIO – 9632», процессоры FPGA «Xilinx Spartan» и «Freescale Semiconductor MPC5200», двигатели постоянного тока, источник питания платформы, серводвигатель и ультразвуковой датчик.

Вторая глава описывает программные средства, использованные при разработке и выполнении цикла лабораторных работ, такие как программная среда «LabVIEW», модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics» и дополнительная программа для настройки и тестирования аппаратных и программных средств «NI Measurement & Automation Explorer».

В третьей главе представлено описание цикла лабораторных работ, его целей, практических и самостоятельных заданий.

Четвертая глава дает технико-экономическое обоснование работы с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию проекта.

В пятой главе рассматривается описание рабочей зоны, предназначенной для выполнения ВКР: требования к организации рабочих мест, возможным выбросам, а также правовые вопросы обеспечения охраны труда и пожарной безопасности.

В работе приведены заключение, список использованных источников.

## **1 Аппаратная средства, используемые при разработке цикла лабораторных работ**

Автономная мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» широко используется в учебном процессе в разных университетах мира. Созданы аналогичные курсы в университетах Северной Каролины в Шарлотте UNC Charlotte [2], а также в Техасском университете в Остине UT Austin [3], которые направлены на изучение данной платформы и ознакомлением с программной средой «LabVIEW».

При разработке и выполнении цикла лабораторных работ по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов» использовалась мобильная платформа - робот «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0», приведенная на рисунке 1.

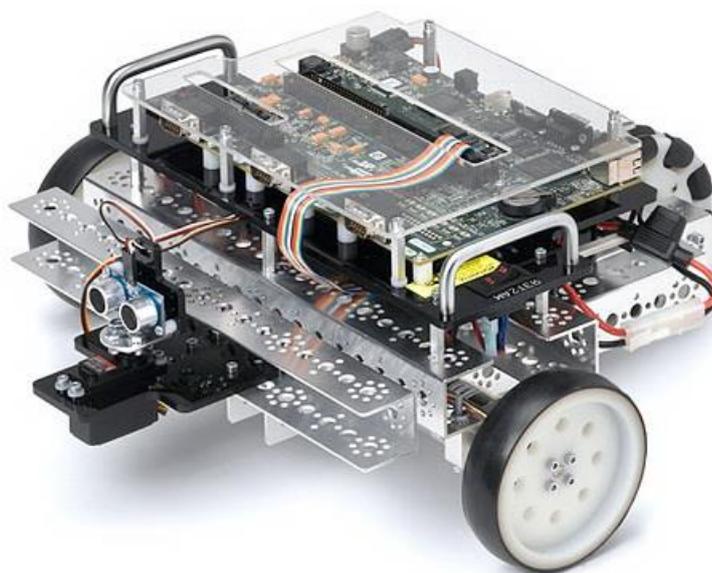


Рисунок 1 – Внешний вид мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»

Также на рисунке 2 представлена структурная схема «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

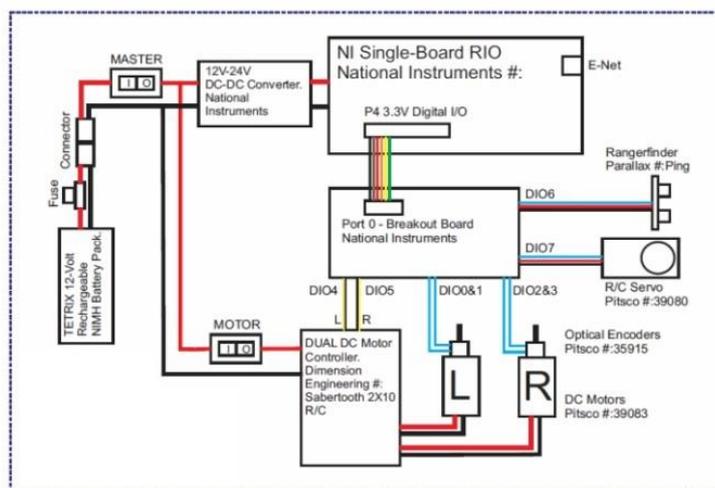


Рисунок 2 – Структурная схема «NI SbRIO – 9632»

Вся аппаратная система разработана вокруг устройства на базе процессора «Xilinx», сопряженного с цифровыми и аналоговыми входными/выходными каналами и периферийными схемами, двумя двигателями постоянного тока, которые обеспечивают возможность планового перемещения робота, механическим преобразователем движения, ультразвуковым датчиком для ориентации робота, а также аккумуляторной батареей, обеспечивающая мощность, необходимую для работы всей системы.

### 1.1 Устройство «National Instruments Single Board RIO – 9632»

Наиболее важной частью платформы является устройство «NI SbRIO – 9632», которое имеет следующую аппаратную конфигурацию [4]:

- основной процессор FPGA «Xilinx Spartan»;
- промышленный процессор реального времени «Freescale MPC5200» с частотой 400 МГц;
- 110 цифровых каналов ввода/вывода;
- 32 однопроводных и 16-дифференциальных аналоговых входов;
- 4 канала аналогового вывода;
- порт Ethernet 10 Мбит/с, 100 Мбит/с для подключения к сети;
- коннекторы для модулей C серии;

- последовательный порт для обмена данными.

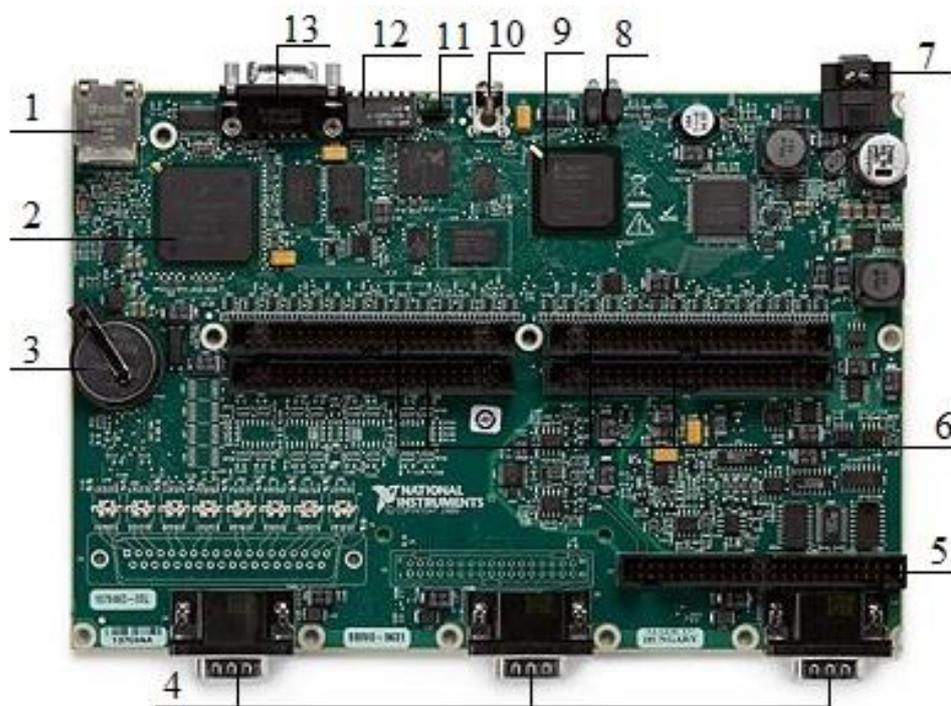


Рисунок 3 – Устройство «NI SbRIO – 9632»

Устройство «NI SbRIO – 9632» (рисунок 3) состоит из:

- 1) порта Ethernet RJ-45;
- 2) процессора реального времени «Freescale MPC5200»;
- 3) батареи автономной подпитки;
- 4) коннекторов для модулей С серии;
- 5) разъема аналоговых входов/выходов;
- 6) цифровых вводов/выводов 3,3 В;
- 7) разъема питания;
- 8) светодиодных индикаторов;
- 9) процессора FPGA «Xilinx Spartan – XC3S1000»;
- 10) «ушка заземления»;
- 11) кнопки «Reset»;
- 12) DIP переключателя;
- 13) последовательного порта RS-232.

Для подключения Ethernet порта RJ-45 к сети Ethernet используется стандартный Ethernet кабель категории 5 (CAT-5).

Персональный компьютер (далее ПК) взаимодействует с устройством посредством стандартного Ethernet соединения. Если ПК находится в сети, то необходимо сконфигурировать устройство для той же подсети, что и ПК. Если ни ПК, ни устройство не подключены к сети, нужно соединить два устройства напрямую, используя кабель с перекрёстным соединением [5].

Если устройство используется в подсети, отличной от той, где расположен ПК, вначале следует подключить устройство к той же сети, что и ПК. Для выделения IP-адреса или назначения статического IP-адрес в той подсети, где устройство будет находиться, используется DHCP, затем следует физически перенести устройство в эту подсеть.

При включении питания устройства «SbRIO-9632» вначале выполняет самотестирование. В это время индикаторы «Power» и «Status» горят. Затем индикатор (рисунок 4) «Status» гаснет, показывая, что самотестирование завершено [5].

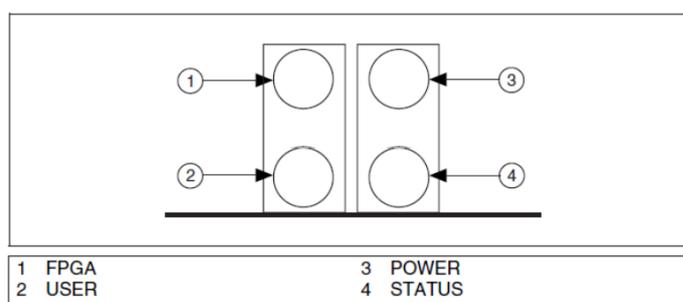


Рисунок 4 - Светодиодные индикаторы устройства sbRIO – 9632

У устройства имеются DIP переключатели (рисунок 5), которые изначально находятся в выключенном состоянии – положение «OFF» (верхнее).

Положение переключателя «SAFE MODE» (БЕЗОПАСНЫЙ РЕЖИМ) определяет, будет ли при включении системы стартовать движок «LabVIEW Real-Time». Если переключатель находится в положении «OFF», то движок «LabVIEW Real-Time» запускается. При нормальной работе этот переключатель должен находиться в положении «OFF». Если при включении устройства он находится в положении «ON», в устройстве SbRIO запускаются только основные

службы, необходимые для обновления конфигурации и установки программного обеспечения. Движок «LabVIEW Real-Time» не начинает работу.

Для сброса настроек IP-адрес на «0.0.0.0» необходимо переключить «IP RESET» (Сброс IP) в положение «ON» и перезагрузить устройство. После этого в программе «NI Measurement & Automation Explorer» можно задать устройству новый IP-адрес [5].

При переведении переключателя «NO APP» (Без приложения) в положение «ON» будет предотвращён запуск стартовой «LabVIEW Real-Time» при включении системы.

Для того, чтобы программа «LabVIEW FPGA» при включении устройства не была запущена, необходимо переключатель «NO FPGA» (БЕЗ ПЛИС) привести в положение «ON».

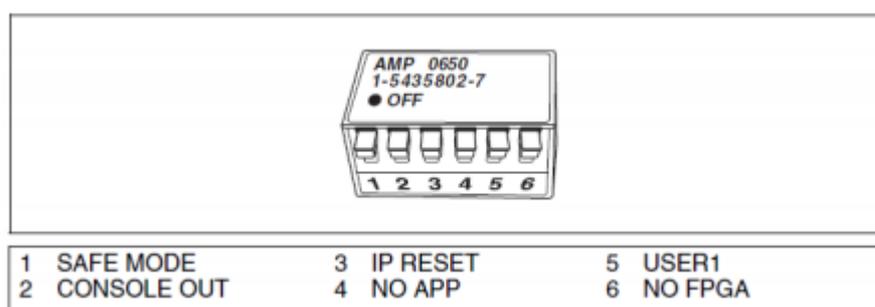


Рисунок 5 - DIP переключатели

Нажатие кнопки «Reset» приводит к перезагрузке контроллера. Приложение на ПЛИС продолжает выполняться, если не выбрана опция загрузки «Autoload VI on Device Reboot» (Автоматически загрузить ВП при перезагрузке устройства) [5].

Благодаря порту Ethernet RJ-45 и последовательным портам 10 Мбит/с, 100 Мбит/с можно обмениваться данными с внешними устройствами и системами через протоколы TCP/IP, UDP, Modbus/TCP и последовательные протоколы. Встроенный процессор реального времени также оснащен веб-серверами (HTTP) и файловыми (FTP) серверами.

Устройство «SbRIO-9632» допускает питание от 19 В до 30 В постоянного тока и может работать в диапазоне температур от минус 20°C до 55 °C.

Остальные технические характеристики «NI Single Board RIO – 9632» представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Технические характеристики «SbRIO-9632».

Название	Значение
<b>Сеть</b>	
Сетевой интерфейс	10BASE-T и 100BASE-TX Ethernet
Соответствие стандарту	IEEE 802.3
Скорость передачи	10 Мбит/с, 100Мбит/с
Максимальная длина кабеля	100 м/сегмент
<b>Процессор</b>	400 МГц
<b>Память</b>	
Энергонезависимая память	256 МБайт
Системная память (ОЗУ)	128 МБайт
<b>Цифровой ввод/вывод 3,3 В</b>	
Количество цифровых каналов ввода/вывода	110
Максимальный протестированный ток, на одну линию	3 мА
Максимальный суммарный ток, на все линии	330 мА
Максимальная протестированная частота цифрового ввода/вывода	10 МГц
Логические уровни цифрового ввода: Входное напряжение, высокий уровень, $V_{IH}$ Входное напряжение, низкий уровень, $V_{IL}$	2,0 В мин.; 5,25 В макс. 0 В мин., 0,8 В макс.
Логические уровни цифрового вывода Выходное напряжение, высокий уровень, $V_{OH}$ , исток тока 3 мА Выходное напряжение, низкий уровень, $V_{OL}$ , сток тока 3 мА	2,7 В мин; 3,3 В макс. 0,07 В мин; 0,54 В макс.
Защита от перегрузки по напряжению при температуре от $-20$ до $70$ °С	$\pm 20$ В (перегрузка максимум на двух линиях)
<b>Аналоговый ввод</b>	
Количество каналов	32 однопроводных или 16 дифференциальных аналоговых входов
Разрешение АЦП каналов	16 бит
Дифференциальная нелинейность	Гарантировано без пропуска кодов
Время преобразования	4,00 мкс (250 кГц)
Связывание входов	по постоянному току

Название	Значение
Номинальные входные диапазоны.	$\pm 10$ В, $\pm 5$ В, $\pm 1$ В, $\pm 0,2$ В
Минимальная защита от превышения диапазона (для диапазона 10 В)	4%
Максимальное рабочее напряжение для аналоговых входов (сигнал + синфазное)	Каждый канал должен оставаться в диапазоне $\pm 10,4$ В от общего
Входной ток утечки	$\pm 100$ пА
Полоса пропускания малых сигналов	700 кГц
<b>Аналоговый вывод</b>	
Количество каналов	4 канала аналогового вывода
Разрешение ЦАП	16 бит
Тип ЦАП	String (цепочечного типа)
Выходной диапазон	$\pm 10$ В
Рабочие напряжения:	
Номинальное	$\pm 10,7$ В
Минимальное	$\pm 10,3$ В
Максимальное	$\pm 11$ В
Ток	$\pm 3$ мА на канал
Выходное сопротивление	0,1 Ом

## 1.2 Процессор FPGA «Xilinx Spartan-3»

FPGA (Field-Programmable Gate Array) — программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС), конфигурация которой может быть загружена после включения питания. ПЛИС - это микросхема, которая состоит из множества логических вентилях. В отличие от традиционных микросхем, обладающих заданной функциональностью, ПЛИС можно конфигурировать и реконфигурировать применительно к каждой конкретной задаче.

Большинство FPGA не имеют встроенной энергонезависимой памяти, поэтому повторное включение устройства требует повторной загрузки конфигурации FPGA. Микросхему FPGA можно настроить в соответствии с требованиями конкретной задачи.

Проект для ПЛИС может быть разработан, к примеру, в виде принципиальной схемы. Также существуют специальные языки описания аппаратуры типа Verilog или VHDL.

В любом случае, и графическое и текстовое описание проекта реализует цифровую электронную схему, которая, в конечном счете, будет «встроена» в ПЛИС.

Обычно, сама микросхема ПЛИС состоит из:

- конфигурируемых логических блоков, реализующих требуемую логическую функцию;
- программируемых электронных связей между конфигурируемыми логическими блоками;
- программируемых блоков ввода/вывода, обеспечивающих связь внешнего вывода микросхемы с внутренней логикой.

Некоторые устройства, такие как CompactRIO и продукты Single-Board RIO, содержат встроенные FPGA, напрямую подключенные к модулям ввода/вывода, которые получают доступ к данным датчиков и исполнительных механизмов.

FPGA автоматически связывают с модулями ввода/вывода и обеспечивают детерминированный ввод/вывод для процессора реального времени. Таким образом, FPGA программируется для выполнения задач ввода/вывода самого низкого уровня и задач управления с самым критическим уровнем синхронизации [6].

Крупнейшими производителями ПЛИС на данный момент являются компании «Altera» и «Xilinx».

Мобильная платформа «Starter Kit 2.0» имеет процессор FPGA компании «Xilinx», который можно запрограммировать для чтения данных о препятствиях и отрегулировать приводные двигатели для того, чтобы робот избегал препятствий.

«Xilinx Spartan-3» - семейство ПЛИС выполненное по техпроцессу 90 нм и предназначенное для применения в устройствах массового потребления [7].

Архитектура «Xilinx Spartan-3 XC3S1000» состоит из пяти основных программируемых функциональных элементов [8]:

- настраиваемые логические блоки (CLB), содержащие таблицы Look-Up, основанные на ОЗУ, для реализации логических и запоминающих элементов, которые могут использоваться в качестве триггеров или защелок. CLB могут быть запрограммированы для выполнения широкого спектра логических функций, а также для хранения данных;

- блоки ввода/вывода (IOB) управляют потоком данных между выводами ввода/вывода и внутренней логикой устройства. Каждый IOB поддерживает двунаправленный поток данных плюс трехпозиционное управление. Двадцать шесть различных стандартов сигналов, включая восемь высокопроизводительных дифференциальных стандартов;

- блок ОЗУ обеспечивает хранение данных в виде двухпортовых блоков;

- блоки множителя принимают два 18-битных двоичных числа в качестве входов и вычисляют продукт;

- блоки Digital Clock Manager (DCM) обеспечивают самокалибрующиеся полностью цифровые решения для распределения, задержки, умножения, деления и фазового сдвига.

Процессор «Xilinx Spartan-3 XC3S1000» имеет богатую сеть трасс и переключателей (рисунок 6), которые соединяют все пять функциональных элементов, передавая сигналы между ними. Каждый функциональный элемент имеет связанную матрицу переключателей, которая допускает множественные соединения с маршрутизацией.

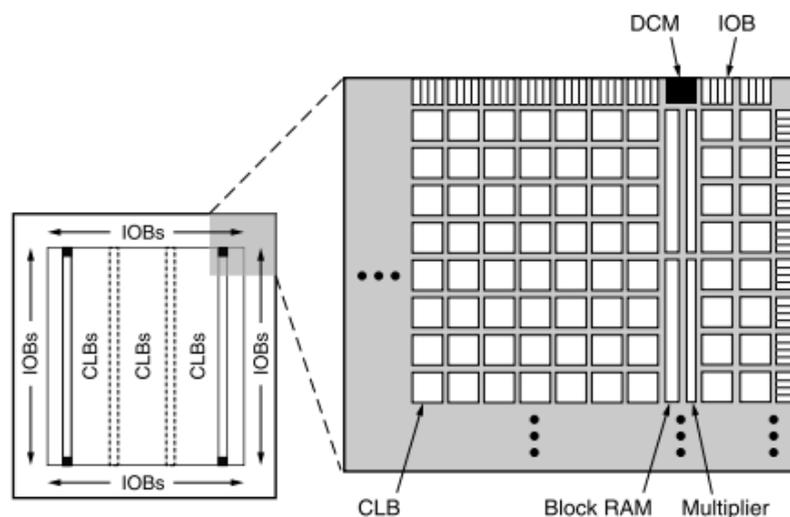


Рисунок 6 – Архитектура «Xilinx Spartan-3 XC3S1000»

Технические характеристики процессора FPGA «Xilinx Spartan-3 XC3S1000» [7]:

- 1000000 логических вентиляей;
- объем памяти до 2,3 Мбит;
- 333 контактов ввода-вывода доступных пользователю;
- возможность передачи данных со скоростью до 622 Мбит/с по одной дифференциальной паре ввода/вывода;
- напряжение питания ядра 1,2 В.

### 1.3 Процессор «Freescale Semiconductor MPC5200»

Система реального времени (далее СРВ) — это система, если правильность ее функционирования зависит не только от логической корректности вычислений, но и от времени, за которое эти вычисления производятся. Система работает в реальном времени, если ее быстродействие обработки данных и генерирования управляющих сигналов адекватно скорости протекания физических процессов на объектах контроля или управления [9].

Принято различать системы мягкого и жесткого реального времени. В системе жёсткого реального времени ситуация, в которой обработка событий происходит за время, большее предусмотренного, считается фатальной

ошибкой. Примерами систем жёсткого реального времени могут быть бортовые системы управления, системы аварийной защиты, регистраторы аварийных событий. Системами мягкого реального времени называются системы, не попадающие под определение "жесткие". Системы мягкого реального времени могут не успевать решать задачу, но это не приводит к отказу системы в целом.

При создании систем реального времени имеется два подхода:

- СРВ на основе промышленных компьютеров и бортовых компьютеров;

- СРВ на основе программируемых логических контроллеров.

В настоящее время на рынке предпочтительны программируемые логические контроллеры. Главным преимуществом программируемых контроллеров является их простота в использовании, устойчивость к тяжелым условиям среды, электромагнитному излучению, пыли и вибрации.

В случае использования промышленных компьютеров, а также бортовых систем управления для создания программного обеспечения применяют операционные системы реального времени (далее ОСРВ).

Главной целью в ОСРВ является планирование задач, которое обеспечивало бы предсказуемое поведение системы при всех обстоятельствах. В основе работы ОСРВ лежит четкий детерминизм: гарантия того, что в нужное время или при возникновении определенного события система среагирует на него. В многозадачных операционных системах общего назначения используется алгоритм круговой диспетчеризации, основанные на понятии непрерывного кванта времени («time slice»), предоставляемого процессу для работы. Планировщик по истечении каждого кванта времени просматривает очередь активных процессов и принимает решение, кому передать управление, основываясь на приоритетах процессов. Приоритеты могут быть фиксированными или меняться со временем - это зависит от алгоритмов планирования в данной операционной системе, но рано или поздно процессорное время получат все процессы в системе. Алгоритмы круговой диспетчеризации неприменимы в чистом виде в операционных системах реального времени [9].

Мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» имеет встроенный процессор реального времени «Freescale Semiconductor MPC5200», который может поддерживать связь с удаленными компьютерами по сети Ethernet и обладает встроенными WEB и FTP серверами. Возможности, предоставляемые WEB - сервером, позволяют автоматически публиковать в сети лицевые панели приложения, исполняемых на контроллере, тем самым, предоставляя удаленным пользователям возможность мониторинга и управления приложением [10].

«MPC5200» интегрирует высокопроизводительное ядро G2\_LE серии MPC603e с богатым набором периферийных функций, ориентированных на коммуникацию и системную интеграцию, а также является частью платформы MobileGT от Freescale [11].

Основной проект G2\_LE основан на базовой архитектуре PowerPC™. MPC5200 включает подсистему ввода/вывода BestComm, которая изолирует текущее обслуживание периферийных функций от встроенного ядра G2\_LE. MPC5200 содержит контроллер памяти SDRAM/DDR, гибкий интерфейс внешней шины, контроллер PCI, USB, ATA, Ethernet, шесть программируемых последовательных контроллеров (PSC), I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, J1850, таймеры и GPIO.

Процессор реального времени может запитываться напряжением 6-25 В, обладает DIP переключателем, позволяющим проводить его конфигурацию, набором световых индикаторов состояния, тактовым генератором реального времени, сторожевым таймером и другими особенностями [10].

«MPC5200» объединяет улучшенное высокопроизводительное процессорное ядро PowerPC™ серии MPC603e с FPU с двойной точностью с подсистемой ввода/вывода, содержащей интеллектуальный модуль DMA BestComm. BestComm способен реагировать на периферийные прерывания, не зависящие от ядра обработки, и обеспечивает низкоуровневое периферийное управление, обработку протоколов и функции перемещения периферийных данных.

«MPC5200 оснащен высокоскоростным DDR SDRAM-контроллером, предназначенным для поддержки интерфейса внешней памяти процессора, что позволяет оптимизировать передачу команд и данных.

«MPC5200» также содержит внешнюю шину, совместимую с PCI. Эта шина позволяет подключаться к широкому спектру внешних периферийных устройств, включая графические контроллеры или устройства CMOS-камеры. Существует также интерфейс ATA/IDE для поддержки внешних накопителей. Кроме того, имеется интерфейс ROM/Flash для поддержки загрузочного файла и хранения программ/данных.

«MPC5200» имеет оптимизированную периферийную платформу для поддержки более полнофункциональных продуктов. Существует шесть программируемых последовательных каналов (четыре конфигурируемых как I2S), один SPI, один 10/100 BaseT Ethernet и программируемые каналы ввода/вывода общего назначения (GPIO), поддерживаемых непосредственно подсистемой ввода/вывода BestComm. Функции обработки данных низкого уровня и задачи обработки протокола для этих периферийных функций обрабатываются независимо от ядра процессора PowerPC модулем BestComm. BestComm имеет выделенный канал DMA для каждого из этих периферийных интерфейсов, позволяющий эффективно и эффективно организовать входящие и исходящие данные во внешней памяти для использования ядром процессора PowerPC.

Кроме того, на внутренней процессорной шине имеются два USB, два I2C, один BDLC-D (J1850) и два канала MSCAN 2.0B. В совокупности этот массив разнообразных интегрированных операций ввода/вывода обеспечивает очень экономичные системные решения для высокосерийных продуктов и приложений.

Функциональная схема процессора «Freescale Semiconductor MPC5200» представлена на рисунке 7.

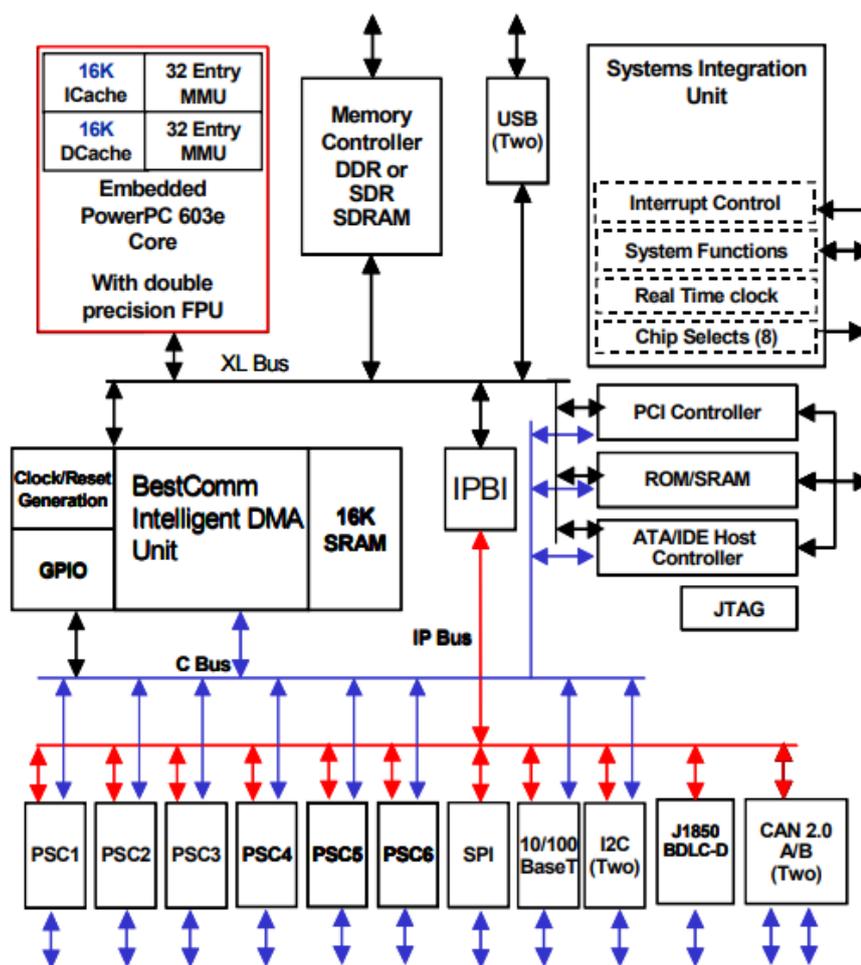


Рисунок 7 – Функциональная схема процессора «Freescale Semiconductor MPC5200»

Технические характеристики процессора «Freescale Semiconductor MPC5200» [10]:

1. MPC603e:
  - внутренне напряжение 1,5 В (2,5 В для интерфейса DDR);
  - TTL-совместимые каналы ввода/вывода;
  - рабочая температура от -40 до 85 °C;
  - 272-контактный PBGA;
2. высокоскоростной интерфейс памяти типа SDRAM:
  - работа на частоте 133 МГц;
  - поддержка SDR и DDR SDRAM;
  - 32-битная шина данных;
3. внешняя шина:

- поддержка интерфейсов PCI, ATA/IDE и ROM/RAM/Flash;
- версия 2.2 PCI-совместимость;
- 32-битный мультиплексированный адрес;
- внешний интерфейс версии 4 ATA;
- подключение к IDE-диску;
- интерфейс ROM/RAM/Flash;
- Boot ROM, внешняя периферийная связь;
- 4. подсистема ввода/вывода BestComm:
  - виртуальный контроллер DMA BestComm;
  - программируемые последовательные контроллеры (PSC);
  - 10/100 BaseT Ethernet;
  - USB Master 1.1 с поддержкой OHCI;
  - поддержка двух независимых USB-портов;
  - поддержка двух независимых портов I<sup>2</sup>C;
  - контроллер последовательного периферийного интерфейса (SPI).

#### **1.4 Вспомогательные устройства**

Помимо устройства «SbRIO – 9632» у робота имеется два двигателя постоянного тока «TETRIX DC GEAR MOTOR» и 3 колеса. Двенадцативольтный двигатель постоянного тока имеет количество оборотов двигателя равное 152 об/мин и крутящий момент - 2,26 Н·м [12]. Двигатели постоянного тока расположены между передними колесами с каждой стороны и соединены с помощью зубчатой передачи 2-1 на оба колеса. Двигателем для каждой (левой или правой) стороны можно управлять независимо.

Робот питается от 12-вольтовой перезаряжаемой аккумуляторной батареи «NIMH». Она состоит из 10 ячеек, и поэтому обладает высокой емкостью – 3000 мА·ч, что позволяет дольше конструировать и тестировать робота. Длительный срок эксплуатации и высокая производительность батареи делают ее

незаменимой при создании роботов. Встроенный плавкий предохранитель 20-amp защищает батарею от перепадов напряжения в электрической сети. Тип батареи – литий-ионная [13].

### **1.5 Серводвигатель «Hitec HS - 485HB»**

Конструкция мобильного робота включает серводвигатель «Hitec HS - 485HB». Это аналоговая сервомашинка стандартного размера. В редукторе используются карбонитовые шестерни повышенной износостойчивости и 3-х полюсный ферритовый мотор [14].

Технические характеристики серводвигателя «Hitec HS - 485HB»:

- габаритные размеры - 39,88 x 19,81 x 37,85 мм (ширина x длина x высота)
- масса изделия – 45 г;
- рабочее напряжение – 4,8 В/ 6,0 В;
- тип двигателя – 3-полюсный;
- тип подшипника – Top BB;
- скорость поворота без нагрузки (4,8 В) – 0,22 с/60°;
- скорость поворота без нагрузки (6,0 В) – 0,18 с/60°;
- крутящий момент (4,8 В) – 4,8 кг/см;
- крутящий момент (6,0 В) – 6,0 кг/см;
- максимальный диапазон сигналов PWM – от 553 до 2425 мкс;
- рабочая температура – от - 20 °С до +60 °С
- редуктор – карбонитовый.

### **1.6 Ультразвуковой датчик «Parallax PING»**

Робот оснащен ультразвуковым датчиком «Parallax PING» (рисунок 8). Взаимодействие с микроконтроллером осуществляется быстро. Один канал ввода/вывода используется для запуска ультразвукового импульса (значительно

выше человеческого слуха), а затем другой канал «прослушивает» обратный импульс эхо-сигнала. Датчик измеряет время, требуемое для возврата эха, и передает это значение на микроконтроллер.



Рисунок 8 – Внешний вид ультразвукового датчика «Parallax PING)))»

Под управлением микроконтроллера, датчик испускает короткий импульс на 40 кГц. Этот импульс пролетает по воздуху со скоростью около 359,66 м/с, попадает на объект, а затем возвращается к датчику [15]. Датчик передает выходной импульс микроконтроллеру, который завершается при обнаружении эха. Следовательно, ширина этого импульса соответствует расстоянию до объекта.

Датчик «Parallax PING)))» может воспринимать препятствия в диапазоне от 2 см до 3 м. Кроме того, ультразвуковой датчик установлен на серводвигателе. Таким образом, ультразвуковой датчик может вращаться от минуса 90° до 90°, то есть поворачивая датчик, объекты, находящиеся вокруг робота, могут быть обнаружены [15].

«PING)))» не может точно измерить расстояние до объекта, который находится на расстоянии более 3 метров, если объект имеет отражающую поверхность, расположенную под небольшим углом, так что импульс не возвращается назад к датчику, или объект слишком мал. Кроме того, если датчик

установлен на устройстве низко, то Parallax PING))) обнаружит импульс, отражающийся от пола.

Также объекты, которые поглощают звук или имеют мягкую поверхность, например, чучело животных, могут не отражать достаточное количество импульса. PING))) обнаруживает поверхность воды, однако она не рассчитана на использование на открытом воздухе. Конденсация на его преобразователях может повлиять на производительность и срок службы устройства.

Основные характеристики ультразвукового датчика [15]:

- напряжение питания:  $5\text{ В} \pm 10\%$  (абсолютное: минимальное 4,5 В, максимальное 6 В);
- светодиодный индикатор, показывающий активность датчика;
- двунаправленный интерфейс TTL-импульса на одном выводе I/O может связываться с микроконтроллерами 5 В TTL или 3,3 В CMOS;
- напряжение питания - +5 VDC;
- рабочая температура - от 0 °C до +60 °C;
- ток питания: 30 мА, максимальное 35 мА;
- 3-контактный интерфейс (питание, земля, сигнал);
- потребляемая мощность: 20 мА.

## **2 Программные средства, используемые при разработке цикла лабораторных работ**

Для лабораторного цикла на персональном компьютере должна быть установлена среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «LabVIEW», так как для программирования устройства «SbRIO – 9632» используется данная графическая среда разработки.

Для программирования была установлена среда разработки «LabVIEW 2015» с дополнительными модулями «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics».

### **2.1 Модуль «LabVIEW FPGA»**

Как и в других современных микроэлектронных устройствах, ПЛИС используются в модулях ввода/вывода для реализации интерфейса с системной шиной компьютера, создания специализированных блоков управления, запуска и синхронизации процессов аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования, ввода и вывода цифровых сигналов, счета события и генерации импульсных последовательностей. Благодаря ПЛИС реализуются гибкие алгоритмы и режимы работы модулей, сокращаются сроки их разработки и запуска в производство, если же применяются ПЛИС, допускающие перепрограммирование внутри системы, то обеспечивается возможность модернизации модулей без конструктивных изменений, требующих дополнительных затрат времени и средств. Все это доступно разработчикам, обладающим определенными знаниями и навыками проектирования ПЛИС с использованием специальных языков формализованного описания и конструирования цифровых автоматов.

В свою очередь, среда разработки «LabVIEW» позволяет на основе модулей ввода/вывода создавать прикладные системы для решения задач

измерения, управления и испытаний, программное обеспечение которых разрабатывается на простом и интуитивно понятном языке графического программирования G с привлечением обширных библиотек функций высокого уровня. Однако после того, как National Instrument создала дополнительный модуль к «LabVIEW» - модуль «LabVIEW FPGA», с помощью которого структуру микросхем FPGA, расположенную в модуле ввода/вывода стало возможным проектировать непосредственно в процессе разработки прикладной системы. То есть теперь, создавая программное обеспечение системы можно не только настраивать каналы ввода/вывода, выполнять операции измерения и генерации физических величин, сложную математическую обработку, визуализацию, регистрацию данных, но и создавать свои собственные каналы ввода/вывода, специализированные блоки управления, синхронизации и запуска этих каналов, собственные специализированные вычислительные и коммуникационные устройства.

Модуль «LabVIEW FPGA» позволяет воспользоваться методами графической разработки в «LabVIEW» на реконфигурируемой FPGA от NI. С помощью «LabVIEW FPGA» можно реализовать специализированную синхронизацию и запуск, передать на FPGA обработку и анализ сигналов, создать специализированные протоколы и получить доступ к вводу/выводу на максимальной частоте.

В программно-проектируемых измерительных приборах FPGA, программируемые пользователем, предоставляют возможность [18]:

- 1) выполнять измерения и генерацию стимулирующих воздействия в FPGA;
- 2) тестировать в контуре с обратной связью или в соответствии с протоколом;
- 3) реализовать пользовательский запуск и сжатие данных;
- 4) детерминировано выполнять тесты и управлять тестируемым объектом;

5) учитывать индивидуальные особенности тестируемого устройства или специализированного приложения.

Основное отличие разработки приложений для исполнения на платформе реконфигурируемого ввода/вывода заключается в том, что прежде чем приступить к проектированию программ, необходимо создать проект, в нем должен быть указан тип целевого устройства, определены и сконфигурированы ресурсы, которые потребуются для решения задач. После создания проекта можно приступить к разработке программ для каждого целевого устройства.

В «LabVIEW FPGA» графический редактор создает не просто схему FPGA, а графический обзор алгоритмов сбора, обработки и генерации данных, используя при этом не только условные графические обозначения элементов или макрофункции обработки данных, но и более сложные программные конструкции, не имеющие прямых аналогов языка описания аппаратных средств. Поэтому цепь преобразований в «LabVIEW FPGA» более сложная, и для выполнения некоторых преобразований «LabVIEW FPGA» использует стандартные компиляторы.

Модуль «LabVIEW FPGA» обеспечивают графическую разработку для микросхем FPGA на аппаратных целевых объектах ввода/вывода. С помощью модуля «LabVIEW FPGA» можно разрабатывать виртуальный прибор FPGA на хост-компьютере, а «LabVIEW» компилирует и реализует код на оборудовании.

Аппаратные средства реконфигурируемого ввода/вывода применяются для реализации специализированных пользовательских функций системы сбора данных: функций тактирования, функций запуска, жесткой синхронизации, специализированных счетчиков событий и других функций смешанного ввода-вывода [16].

Далее, данные могут пересылаться из FPGA-устройства в управляющий компьютер для обработки не в реальном времени с использованием библиотеки функций с плавающей запятой, пересылки данных через сеть (публикации данных в сети), архивирования (файлового ввода/вывода) или для отображения результатов на графическом интерфейсе пользователя.

Также можно создать встроенный виртуальный прибор FPGA, который объединяет прямой доступ к вводу/выводу с пользовательской логикой «LabVIEW» для определения настраиваемого оборудования для приложений, таких как связь с цифровым протоколом, аппаратно-интегральное моделирование и прототипирование быстрого управления.

В состав среды проектирования «LabVIEW FPGA» входит компилятор компании «Xilinx ISE», с помощью которого структура FPGA, представленная в текстовом виде на языке VHDL, преобразуется в двоичный код, загружаемый в FPGA. Для получения из кода «LabVIEW» используемого кода, загружаемого в FPGA, в процессе компиляции выполняется следующая последовательность действий:

- 1) исходный графический программный код «LabVIEW» преобразуется в набор промежуточные текстовых VHDL-файлов, которые могут быть восприняты сервером «Xilinx»;
- 2) сервер компиляции преобразует VHDL-код в двоичный код;
- 3) двоичный код возвращается в «LabVIEW» и интегрируется в код программы.

Таким образом, в процессе компиляции создается не просто массив данных для «прошивки» FPGA, а код, который конфигурирует канал ввода\вывода, организует взаимодействие FPGA, каналов ввода/вывода, а также других ресурсов модуля ввода/вывода. Одновременно этот код определяется и алгоритм обработки данных.

Хотя модуль «LabVIEW FPGA» содержит множество встроенных процедур обработки сигналов, также можно интегрировать существующий код описания аппаратного описания (HDL), а также сторонний IP-адрес, включая функции Xilinx CORE Generator [17].

Кроме того, «LabVIEW FPGA» интегрируется как с Mentor Graphics ModelSim, так и с инструментами Xilinx ISim для точного моделирования логики.

## 2.2 Модуль «LabVIEW Real-Time»

Модуль «LabVIEW Real-Time» сочетает удобство графического программирования в среде «LabVIEW» с помощью операционной системы реального времени (далее ОСРВ), часто называемой операционной системой жесткого реального времени, и позволяет создавать детерминированные приложения реального времени.

Ошибочно считать, что реальное время обозначает «быстро». Правильно сказать, что реальное время обозначает «вовремя». Другими словами, реальное время гарантирует, что отклик происходит за определенное время. Операционные системы общего назначения не могут гарантировать определенное время отклика, и вычислять могут значения как значительно большее, так и меньшее время по сравнению с ожидаемым.

Для того, чтобы система была системой реального времени, все ее части должны быть подсистемами реального времени. К примеру, если программа работает под управлением ОСРВ, так как она может задействовать, которые не могут работать в реальном времени.

Компания National Instrument разработала модуль «LabVIEW Real-Time» для виртуальных приборов (далее ВП) под управлением двух разных ОСРВ. «LabVIEW Real-Time» может выполнять ВП на аппаратуре, на которой работает ОСРВ «Venturcom Phar Lap Embedded Tool Suite» (ETS) или на компьютерах, на которых работает подсистема реального времени «Venturcom Real-Time Extension» (RTX).

Аппаратные средства National Instrument серии Real-Time удовлетворяют требованиям встраиваемых систем, которые работают детерминировано и имеют повышенную надежность.

«Venturcom RTX» добавляет подсистему реального времени (ПСРВ) в ОС Windows. «Venturcom RTX» позволяет запускать ОС Windows и ПСРВ одновременно на одном и том же компьютере. ПСРВ представляет собой среду разработки исполнения реального времени с обработкой приоритетов, которая

не зависит от расписания задач Windows. ПСРВ замещает расписание Windows для гарантии детерминированного исполнения задач в режиме реального времени.

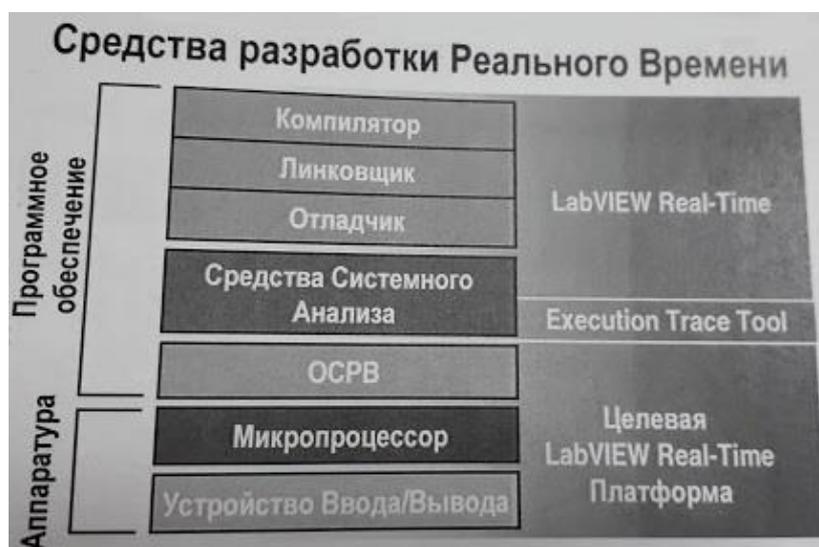


Рисунок 9 – Средства разработки реального времени

Средства разработки систем реального времени (рисунок 9) состоят из средств для генерации программного кода, включая компилятор, линковщик, отладчик. Кроме того, средства системного анализа позволяют детально изучить и оптимизировать приложения реального времени.



Рисунок 10 – Система «LabVIEW Real-Time» с ОСРВ ETS

На рисунке 10 показана базовая архитектура «LabVIEW Real-Time». Для того, чтобы обеспечить детерминизм, критическая по времени задача выгружается из Windows и передаётся на ядро реального времени или на целевую Real-Time систему. Поэтому требуется две системы. Первая система ОС Windows называется хост. На хост системе происходит разработка приложения.

Разработанное приложение загружается на процессор второй системы, которая называется целевой Real-Time системой и имеет ОСПВ «Venturcom Phar Lap ETS». Программное обеспечение, которое постоянно работает на целевой Real-Time системе, называется ядром «LabVIEW Real-Time Engine» (или RT ядром). RT ядро отвечает за выполнение программного кода, управление устройствами ввода/вывода и обмена данными с хост системой.

Модуль «LabVIEW Real-Time» является отличным решением для создания надежных автономных встроенных систем с графическим подходом к программированию [19].

В качестве дополнения к среде разработки LabVIEW модуль Real-Time помогает разрабатывать и регулировать графические, детерминированные приложения реального времени, которые можно выполнять на встроенных аппаратных устройствах, таких как NI CompactRIO, NI CompactDAQ, NI Single-Board RIO, PXI.

Модуль реального времени предназначен для организации детерминированной обработки данных с использованием функций с плавающей запятой и для решения задач управления на отдельном процессе.

«LabVIEW Real-Time» включает встроенные конструкторы для многопоточности и планирования потоков в реальном времени, также этот модуль помогает графически программировать автономные системы для надежной работы в течение длительного периода времени.

Некоторые модули реального времени, такие как продукты NI SingleBoard RIO, состоят из процессора и операционной системы реального времени и программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA).

### **2.3 Модуль «LabVIEW Robotics»**

Модуль «LabVIEW Robotics» - это программный пакет, который позволяет разрабатывать приложение для робототехники. Модуль «LabVIEW Robotics» включает в себя программные средства, необходимые для разработки

сложной автономной или полуавтономной системы [20]. Также на рисунке 11 представлена библиотека модуля «LabVIEW Robotics».

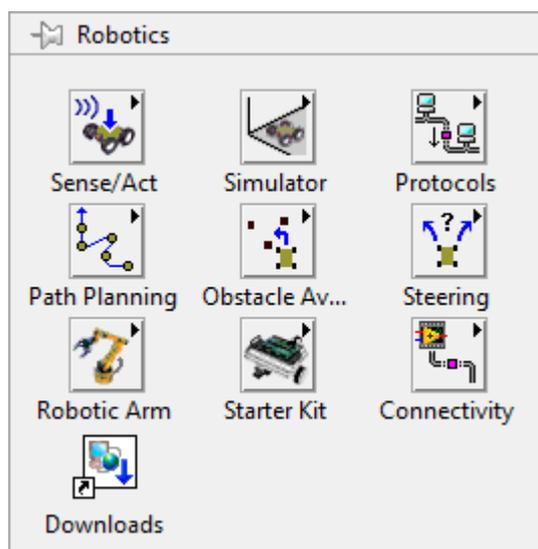


Рисунок 11 – Библиотека модуля LabVIEW Robotics

LabVIEW имеет два окна блок-диаграмму для записи всех кодов в программе и лицевую панель для отображения всех выходов и обеспечения пользовательского контроля.

Модуль «LabVIEW Robotics» подключается к среде разработки LabVIEW и предоставляет обширную библиотеку робототехники, в том числе [4]:

- возможность подключения к роботизированным датчикам;
- основополагающие алгоритмы для интеллектуальной работы и надежного восприятия;
- встроенный физический симулятор окружающей среды;
- функции движения для перемещения вашего робота или транспортного средства;
- примеры применения в реальном мире;
- прямая и обратная кинематика;
- библиотеки для протоколов, включая I<sup>2</sup>C, SPI, PWM и JAUS.

«LabVIEW Robotics» предоставляет инструменты для разработки различных роботов, от простых и образовательных роботов до сложных автономных систем. Программное обеспечение предлагает программные

архитектуры или шаблоны, которые можно использовать, чтобы легко запрограммировать простого робота на основе поведения и для программирования сложных роботов с несколькими подсистемами, выполняющимися параллельно.

Модуль «LabVIEW Robotics» включает встроенные драйверы для следующих датчиков и камер для встроенных платформ NI Single-Board RIO и NI CompactRIO [4]:

- 1) Hokuyo, SICK и Velodyne LIDAR;
- 2) инфракрасные датчики расстояния Sharp;
- 3) Garmin, NavCom и u-blox GPS;
- 4) Crossbow, Microstrain и OceanServer инерциальные измерительные модули (IMU, Inertial Measurement Unit);
- 5) ультразвуковой датчик расстояния Devantech и ультразвуковой сонар для детектирования объектов MaxSonar;
- 6) электронный компас Devantech compass;
- 7) IP-камеры Basler и Axis;
- 8) Аналоговые камеры с аналоговым захватом кадров AF-1501 от moviMED.

## **2.4 Первоначальные настройки и тестирования аппаратных и программных средств**

Чтобы удостовериться в том, что на ПК установлена программа «LabVIEW» и модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics» необходимо воспользоваться программой для настройки и тестирования «NI Measurement & Automation Explorer» (далее MAX).

Программа MAX обеспечивает доступ к устройствам National Instruments CAN, DAQ, FieldPoint, GPIB, IMAQ, IVI, модульным приборам, движкам, коммутаторам NI, устройствам VI Logger, VISA и VXI.

С помощью MAX можно: [21]:

- настроить оборудование и программное обеспечение National Instruments;
- создать резервные копии или репликации данных конфигурации;
- создавать и редактировать каналы, задачи, интерфейсы и виртуальные инструменты;
- выполнять диагностику системы и запускать тестовые панели;
- просмотреть устройства и инструменты, подключенных к системе;
- обновить программное обеспечение National Instruments.

Для того, чтобы просмотреть установленные программы необходимо открыть в программе MAX вкладку «My system» и далее «Software» (рисунок 12).

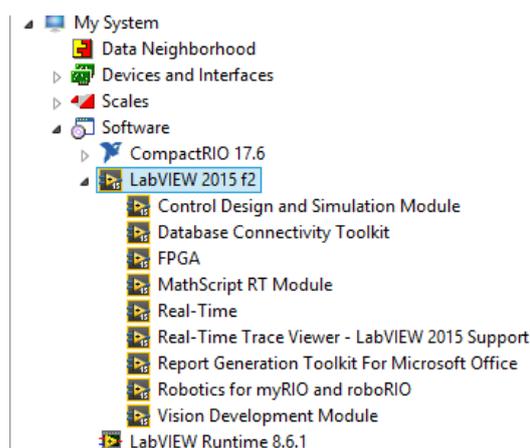


Рисунок 12 – Интерфейс NI Measurement & Automation Explorer

Как видно из рисунка 10 ПК, на котором был разработан лабораторный цикл, имеет «LabVIEW 2015» и модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics».

При помощи MAX возможно проверить подключение устройства «SbRIO-9632» (рисунок 13). В программе NI MAX нужно открыть вкладку «Remote Systems», в которой будет отображено устройство. Также можно посмотреть IP-адрес устройства, серийный номер и статус подключения.

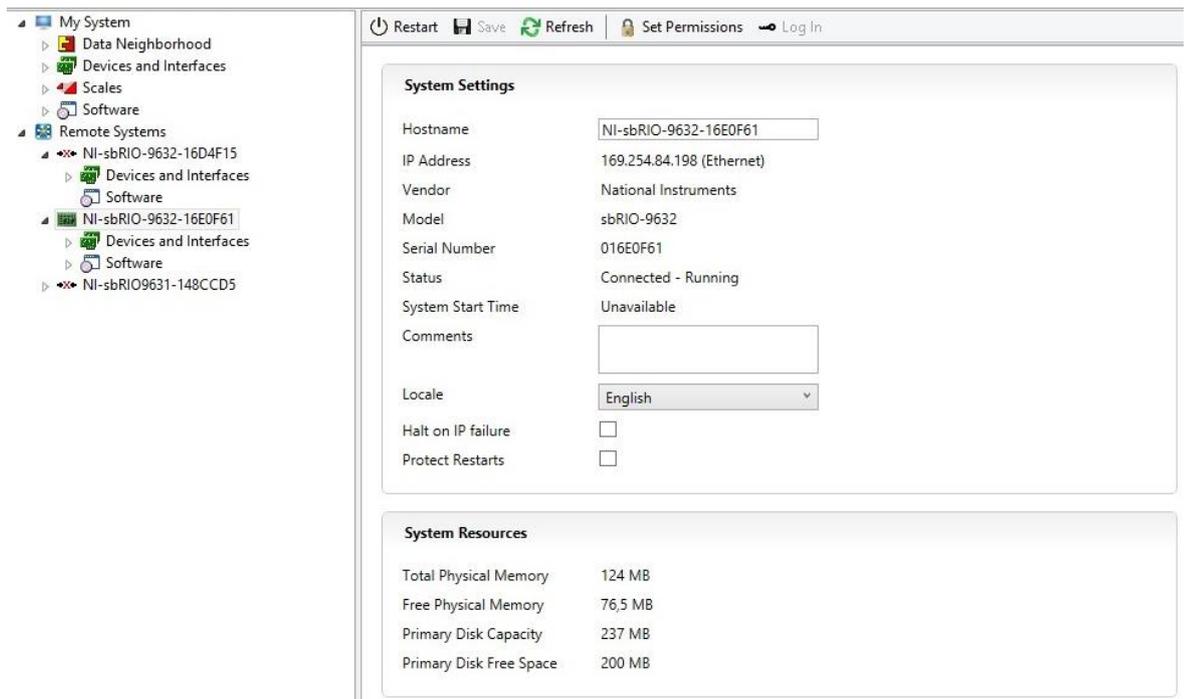


Рисунок 13 – Обнаружение устройства в NI MAX.

### 3 Описание цикла лабораторных работ

Лабораторный цикл представляет собой три лабораторные работы, в которых имеется описание практического задания, а также задание для самостоятельного выполнения.

Данные лабораторные работы были разработаны для дисциплины «Программное обеспечение измерительных процессов» по направления 27.04.01 «Стандартизация и метрология» по профилю «Компьютеризация измерений и контроля». Так как целью вышеуказанной дисциплины являются изучение современных программных средств сбора и обработки измерительной информации, то возникла потребность расширить лабораторный практикум тематикой относящиеся к мобильным платформам.

В ходе выполнения лабораторных работ студент должен получить знания:

- о составе, функционировании, устройстве мобильной платформы на базе платы «NI Single Board RIO – 9632»;
- о принципах программирования FPGA с помощью программной среды «LabVIEW», на примере процессора Xilinx Spartan FPGA;
- о принципах программирования систем «реального времени» в программной среде «LabVIEW», на примере процессора реального времени Freescale MPC5200.

Студент должен также получить навыки и умения – создавать виртуальные приборы в среде «LabVIEW», подключать и настраивать мобильную платформу (робота), разрабатывать и тестировать алгоритмы измерений расстояния с помощью ультразвукового датчика, разрабатывать и тестировать алгоритмы управления приводами мобильной платформы и систем управления с обратной связью.

### **3.1 Лабораторная работа «Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»**

Лабораторная работа имеет название «Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» и средой разработки «LabVIEW 2015»», методические указания представлены в приложении А.

Цель данной работы заключается в ознакомлении студента с средой разработки «LabVIEW 2015» и мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0». При выполнении работы используется мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» с устройством «NI Single Board RIO – 9632» и среда разработки «LabVIEW 2015» с дополнительными модулями «FPGA», «Real-time» и «Robotics».

Лабораторная работа используется в практикуме для того, чтобы студент смог проверить работоспособность робота, научить работать с оборудованием и выполнить простейшее задание.

Практическое задание представляет собой создание программы для измерения расстояния при помощи ультразвукового датчика («Parallax PING»)). Для выполнения работы необходимо создать виртуальный прибор, на передней панели которого будет расположен график «Waveform chart». График отображает по оси абсцисс время в миллисекундах, за которое датчик испускает выходной импульс на объект и принимает его обратно, а по оси ординат откладывается дистанция до объекта в метрах. На рисунке 14 представлена блок-схема виртуального прибора, которая включает элемент «Read/Write Control» для измерения расстояния до объекта.

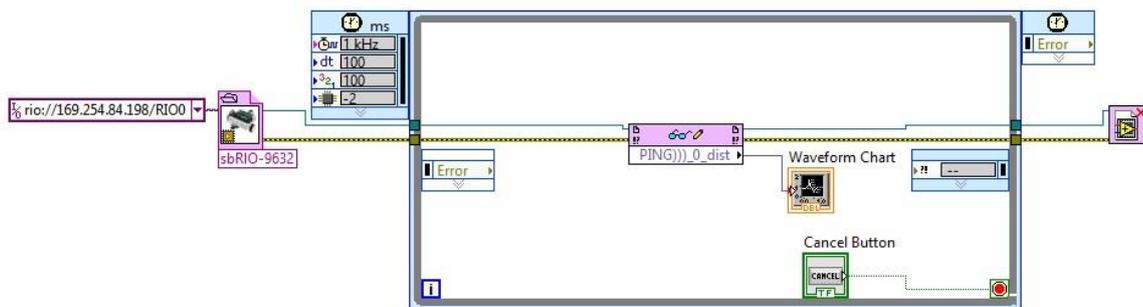


Рисунок 14 – Блок-схема практического задания лабораторной работы №1

Задачей для самостоятельного выполнения студенту необходимо создать виртуальный прибор для манипулирования ультразвуковым датчиком «Parallax PING)))» при помощи серводвигателя «Hitec HS - 485HB». Студент должен разработать виртуальный прибор (рисунок 15) на основе практического задания лабораторной работы № 1, добавив горизонтальный ползунок прокрутки «Horizontal Pointer Slider» на переднюю панель, для поворота серводвигателем «Hitec HS - 485HB» со значениями от  $-90^\circ$  до  $90^\circ$ .

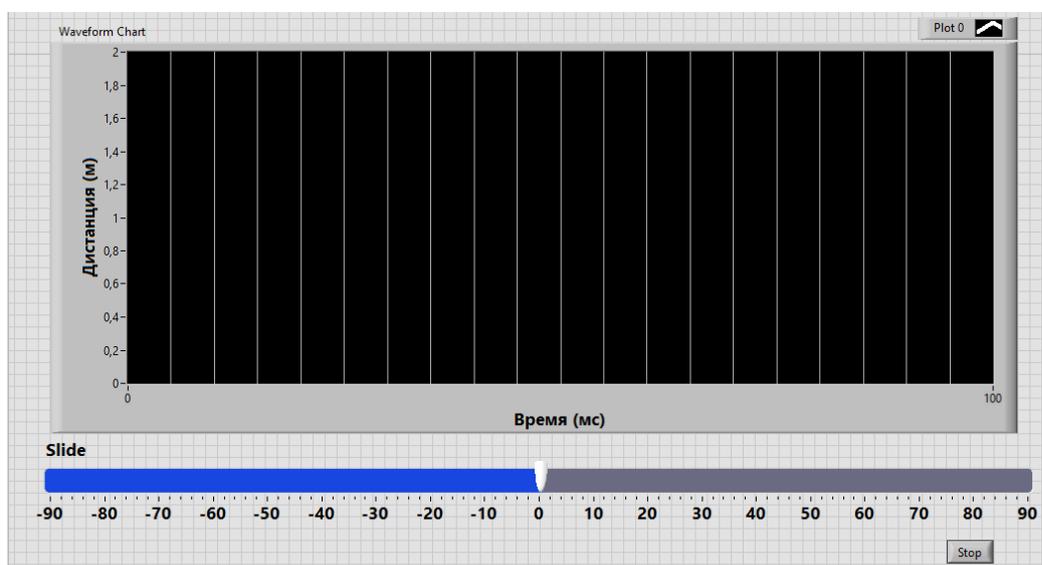


Рисунок 15 – Передняя панель самостоятельного задания лабораторной работы № 1

### **3.2 Лабораторная работа «Управление двигателем мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»»**

Лабораторная работа № 2 называется «Управление двигателем мобильной платформы «NI LabVIEW Robotic Starter Kit 2.0»», методические указания представлены в приложении Б. Целью работы является разработка алгоритма управления приводами мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0». Для реализации лабораторной работы использовалось следующее оборудование платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» и среда разработки «LabVIEW 2015» с дополнительными модулями «FPGA», «Real-time» и «Robotics».

Лабораторная работа используется в практикуме для того, чтобы студент ознакомился с аппаратной часть робота, а именно с двигателями постоянного тока «TETRIX DC GEAR MOTOR», и научиться управлять ими при помощи программы «LabVIEW 2015».

Лабораторная работа имеет практическое задание, в котором студент должен разработать программу для движения мобильной платформы по «квадрату». Студент должен создать виртуальный прибор, блок-схема (рисунок 16) которого будет включать элементы «Read/Write Control» для запуска двигателей мобильной платформы, а также поворота платформы на  $90^\circ$ . Для того чтобы осуществить поворот на  $90^\circ$  необходимо произвести расчет времени, за которое будет происходить поворот. Формулы для расчета поворота мобильной платформы на  $90^\circ$  находятся в приложения Б. Эти уравнения являются хорошей отправной точкой для получения значений, необходимых для завершения практического задания; однако есть много сил, которые не учитываются: трение, скольжение колес и т. д. Поэтому окончательные значения нужно будет настроить, для получения «идеального» квадрата. Также следует учесть полярность двигателей платформы, для определения вращения двигателей по часовой стрелке или против часовой стрелки.

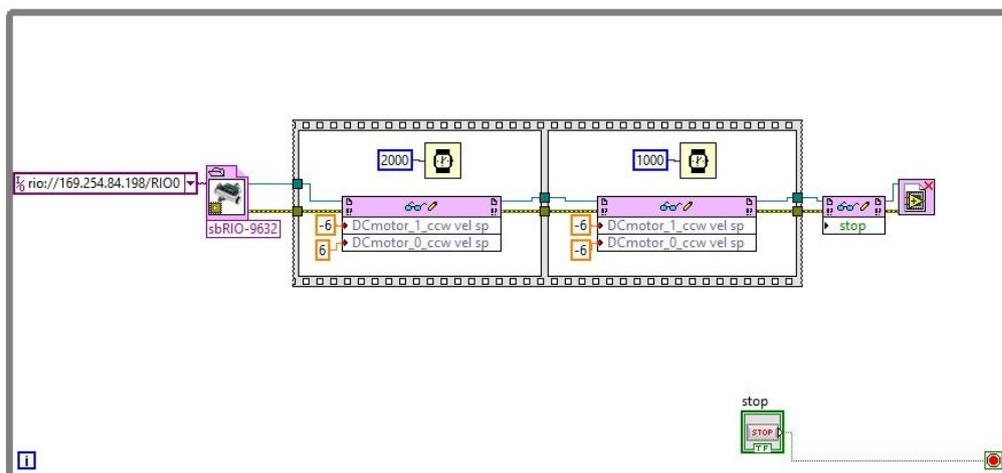


Рисунок 16 – Блок-схема практического задания лабораторной работы № 2

Самостоятельной задачей студента является разработка программы, при которой мобильная платформа будет двигаться по «восьмёрке». За основу программы берётся виртуальный прибор, созданный при выполнении практического задания лабораторной работы № 2. На блок-схему виртуального, приведенной на рисунке 17 и 18, прибора необходимо добавить дополнительные «Flat Sequence» и элементы «Read/Write Control». Также по формулам 1-6 из приложения Б следует рассчитать время поворота мобильной платформы на угол  $45^\circ$  и  $180^\circ$ . Произвести запуск программы и при необходимости произвести корректировку программы, для достижения поставленной задачи.

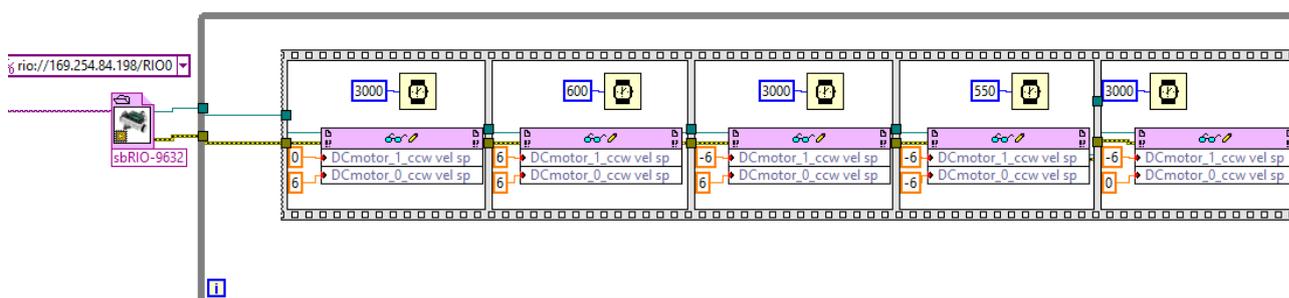


Рисунок 17 – Первая часть блок - схемы самостоятельного задания лабораторной работы № 2

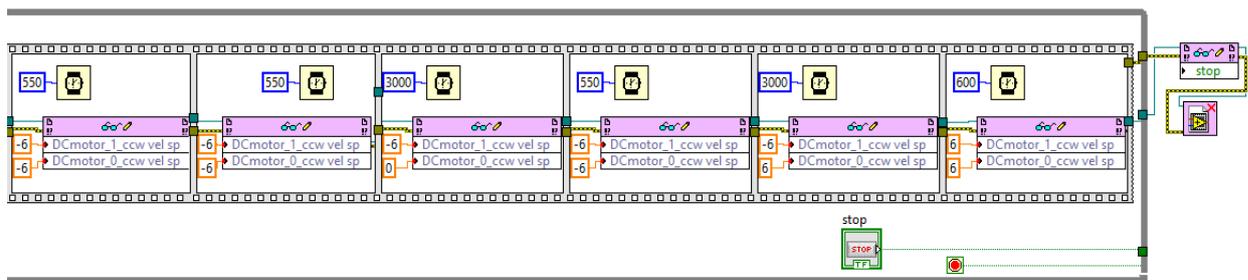


Рисунок 18 – Вторая часть блок – схемы самостоятельного задания лабораторной работы № 2

### 3.3 Лабораторная работа «Управление двигателем и ультразвуковым датчиком мобильной платформы NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»»

Третья лабораторная работа называется «Управление двигателями постоянного тока и ультразвуковым датчиком мобильного робота «NI LabVIEW Robotic Starter Kit 2.0.», методические указания представлены в приложении В.

Цель работы заключается в разработке алгоритма управления приводами мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» и систем управления с обратной связью. Для выполнения лабораторной работы использовалась мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» с устройством «NI Single Board RIO – 9632» и среда разработки «LabVIEW 2015» с дополнительными модулями «FPGA», «Real-time» и «Robotics»

Данная лабораторная работа задействована в практикуме для ознакомления студента со средой разработки «LabVIEW 2015», элементами робота «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0», а также со структурой «Case structure» и принципом ее работы.

Практическое задание заключается в разработке программы, при которой мобильная платформа будет двигаться по прямой и при обнаружении объекта, с помощью ультразвукового датчика («Parallax PING))), на расстояние одного метра будет осуществлена остановка двигателей мобильной платформы. Для

этот студент должен создать виртуальный прибор, главными элементами которого являются «Case structure» и «Read/Write Control» необходимый для запуска двигателей постоянного тока и ультразвукового датчика.

Структура «Case structure» позволяет осуществить выбор одного из двух (или более) случаев, и выполнить в зависимости от этого выбора нужную подпрограмму. «Case structure» похожа на конструкцию «if...then...else» в обычных текстовых языках программирования. По умолчанию структура является логической и имеет два варианта – «ИСТИНА (TRUE)» и «ЛОЖЬ (FALSE)». Структура автоматически преобразуется в числовую или строковую при подключении соответственно числовой или строковой переменной к терминалу селектора. В этом случае структура может иметь практически неограниченное количество вариантов, начиная с нулевого [22]. Задаем условие для «Case structure» (рисунок 19), то есть при расстоянии до объекта больше одного метра мобильная платформа будет двигаться по прямой, а при расстоянии меньше одного метра платформа производить остановку. Также на передней панели должен отображаться график для наглядного представления движения платформы.

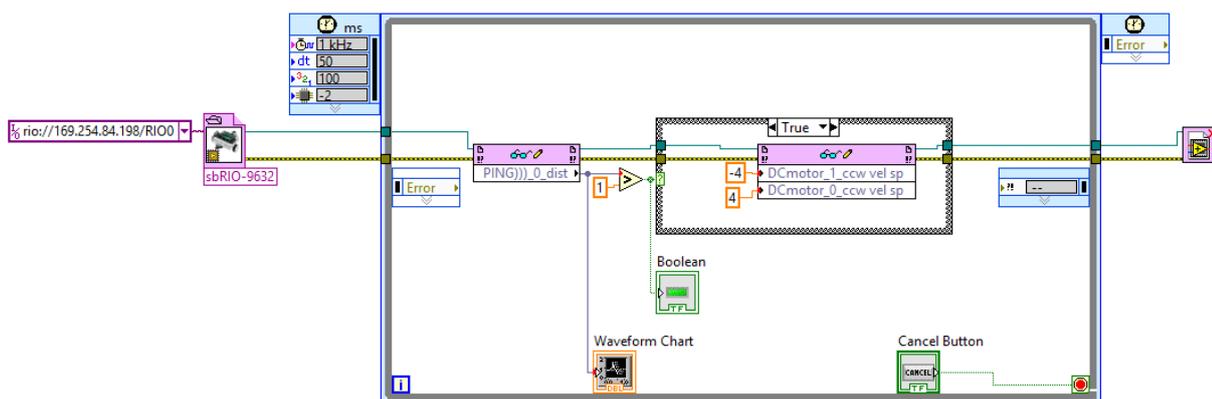


Рисунок 19 – Блок-схема практического задания лабораторной работы № 3

Задание для самостоятельного выполнения состоит в создании программы, при которой мобильная платформа будет двигаться по лабиринту.

Каждый студент должен придумать собственный лабиринт и продемонстрировать полученный результат. Для достижения цели следует воспользоваться виртуальным прибором, разработанным при выполнении практического задания лабораторной работы № 3.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В современном мире ценность образования специалиста во многом зависит от того, насколько его знания необходимы предприятию. Особенно ценятся специалисты, которые могут не только разработать технические и технологические решения, но и экономически обосновать их в соответствии с запросами рынка. Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В данном разделе выпускной квалификационной работы происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

В разделе произведен учет материальных затрат работа NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0, снабженного ультразвуковым датчиком расстояния, двигателями постоянного тока, колесами, серводвигателем, платформой Single Board RIO-9632.

В разделе представлен анализ готового к реализации проекта, а также оценка альтернативных решений создания проекта.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

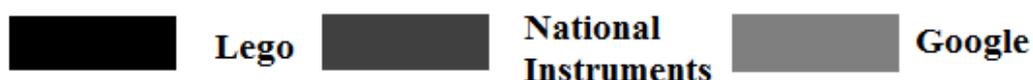
#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной работе рассматривается создание цикла лабораторных работ на базе платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» в среде «LabVIEW», основными библиотеками «LabVIEW Robotics», «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-Time» и освоение процедуры создания и отладки проекта. «LabVIEW», «NI Robotics» используются в сферах образования, промышленности и общего назначения. Группу потребителей могут составить предприятия, где требуется изучение структуры робота и среды «LabVIEW»; либо центры молодежного инновационного творчества, либо учебное заведение. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и вид компании. Карта сегментирования приведена в таблице (таблица 2).

Таблица 2 – Карта сегментирования

Критерий		Вид компании	
		Учебное заведение	Детские кружки по робототехнике
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

Карта сегментирования услуг по разработке роботов:



На карте сегментирования незанятыми являются ниши разработки роботов и лабораторных работ для мелких учебных заведений и детских кружках, а также для средних кружков по робототехнике.

В соответствии с картой сегментирования, в качестве сегментов, на которые следует направить максимальные усилия и ресурсы, выбраны следующие сегменты: разработка для средних и мелких детских кружков по робототехнике; разработка для некрупных учебных заведений.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ приведен в таблице 3

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,07	3,5	4	3	0,245	0,28	0,21
2. Удобство в эксплуатации	0,04	3,8	1,5	2	0,152	0,06	0,08
3.Помехоустойчивость	0,06	4	4,5	3,5	0,24	0,27	0,21
4.Энергоэкономичность	0,02	2,5	1	3	0,05	0,02	0,06
5.Надежность	0,06	3	1	1,5	0,18	0,06	0,09
6.Уровень шума	0,03	3,3	3	2,5	0,099	0,09	0,075
7.Безопасность	0,03	3	3,5	4,5	0,09	0,105	0,135
8.Потребность в ресурсах памяти	0,06	4,5	2,5	3,5	0,27	0,15	0,21
9. Функциональная мощность	0,07	2,5	3	3	0,175	0,21	0,21
10.Простота эксплуатации	0,04	3,5	1,5	2,5	0,14	0,06	0,1

11.Качество интеллектуального интерфейса	0,09	3	3,5	2,5	0,27	0,315	0,225
12.Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,09	3,5	3,5	3	0,315	0,315	0,27
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1.Конкурентоспособность	0,05	1,5	2,5	3	0,075	0,125	0,15
2.Уровень проникновения на рынок	0,05	1	3	1	0,05	0,15	0,05
3.Цена	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
4.Уровень проникновения на рынок	0,05	3	1,5	2,5	0,15	0,075	0,125
5.Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	3,5	2	1,5	0,14	0,08	0,06
6.Финансирование научной разработки	0,03	3,3	2,5	3,5	0,099	0,075	0,105
7.Срок выхода на рынок	0,04	2	3,5	2,5	0,08	0,14	0,1
8.Наличие сертификата разработки	0,05	0,5	2	3	0,025	0,1	0,15
<b>Итого</b>	1						

Слабыми сторонами проекта являются наличие сертификата разработки, уровень проникновения на рынок и энергоэкономичность.

В то же время, продукт удовлетворяет таким показателям, как возможность подключения к ЭВМ, качество интеллектуального интерфейса, удобство эксплуатации и повышение производительности труда. Таким образом, продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT анализ.

Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1.Наличие оборудования.  С2.Наличие программного обеспечения.  С3.Простота эксплуатации и обслуживания.  С4.Модульная структура установки.  С5.Качественное оборудование.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1.Высокая стоимость.  Сл2.Относительно низкая квалифицированность персонала.  Сл3.Ограниченный функционал устройства.  Сл4.Отсутствие финансирования.  Сл5.Недоработанность проекта.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1.Приобретение большего числа оборудования.  В2.Повышенный интерес к роботехнике.  В3.Тенденции к использованию роботов.  В4.Улучшение качества проекта.  В5.Более новое программное обеспечение.</p>	<p>В1В2В3С3С5 - проведение рекламной компании для потребителей.  В4В5С4С5 - модульная структура оборудования позволяет применять различные устройства.</p>	<p>Сл1Сл4В4 - привлечение внешнего финансирования  Сл2Сл3Сл5В1В2 - проведение мероприятий по повышению квалификации разработчика и персонала.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1.Большой срок поставки оборудования.  У2.Создание более совершенных роботов.  У3.Отсутствие спроса  У4.Развитая конкуренция  У5.Несвоевременное финансирование</p>	<p>У2У4С1С2 - модульная структура позволит заменить модули оборудования.  У4С3С5 – использование качественного оборудования для привлечения потребителей.</p>	<p>У1Сл5 – учет параллельных процессов сократит время ожидания.</p>

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Наличие оборудования и программного обеспечения, а также простота эксплуатации позволяют использовать практически все возможности для развития исследований. Модульная структура оборудования позволит применять различные устройства для проведения большего количества лабораторных работ и их совершенствования, что улучшит качество проекта. Также при проведении рекламных компаний будет привлечен большой рынок потребителей в сфере робототехники.

Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Чтобы минимизировать угрозы необходимо привлекать спонсоров для закупки большего количества оборудования и проводить мероприятия для повышения квалификации разработчика и обслуживающего персонала.

#### **4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

Вышеизложенный метод анализа предложенного технического решения ориентирован на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания объекта. Однако, для анализа возможных альтернатив построения объекта можно использовать и другой метод – морфологический.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей морфологии объекта исследования. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Для определения таких альтернатив используется морфологическая матрица (см. таблицу 5). Для ее построения были выделены следующие

морфологические характеристики: аппаратная платформа, датчик расстояния с учетом габаритов платформы, двигатели, питание робота.

Таблица 5 – Морфологическая матрица альтернативных решений

Вариант исполнения	1	2	3
А. Аппаратная часть	NI sbRIO-9632	NI sbRIO-9632	Без контроллера
Б. Датчик	Ультразвуковой датчик Parallax (PING))	ИК-датчик расстояния	Без датчика
В. Двигатель	Двигатель постоянного тока TETRIX DC	Двигатель постоянного тока TETRIX DC	Без двигателя
Г. Питание	Никель-металлгидридный аккумулятор	Никель-металлгидридный аккумулятор	Без аккумулятора

A1B1V1Г1 - Существующий вариант, наиболее эффективный в точки зрения разработчика.

A1B2V1Г1 - ИК-датчик имеет недостаток в виде ограничения минимально измеряемым расстоянием.

A1B1V1Г1 - Такой вариант питания не обеспечивает роботу автономность и делает его зависимым от длины кабеля, что отрицательно сказывается на функциональных возможностях робота. Поэтому, этот вариант анализу не подлежит.

## 4.3 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.3.1 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования; -
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для реализации проекта необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Постановка задачи	1	Подбор и изучение материалов по теме, определение целей, преследуемых разработчиками	Руководитель
Разработка технического задания - ТЗ	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Теоретические исследования	3	Календарное планирование по теме	Руководитель, студент
	4	Выбор способа решения задач	Студент
	5	Разработка примерных лабораторных работ	Студент
Экспериментальные исследования	6	Сборка оборудования	Студент
	7	Оптимизация аппаратной части	Студент

	8	Создание программной части лабораторных работ	Студент
	9	Тестирование и отладка	Руководитель, студент
	10	Оценка полученных результатов	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Студент

#### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула (1):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое

вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22, \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Полученные данные сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$		Длительность работы в календарных днях, $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни		Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент				
Подбор и изучение материал в по теме, определение целей, преследуемых разработчиком	1		4				2,2		3	
Составление и утверждение технического задания	3	3	5	5	3,8	3,8	1,9	3	3	3
Календарное планирование работы по теме	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	2	2
Выбор способа решения задач		2		4		2,8		2,8		4
Разработка примерных лабораторных работ		4		8		5,6		5,6		7
Сборка оборудования		2		4		2,8		2,8		4

Оптимизация аппаратной части		1		6		3		3		4
Создание программной части лабораторных работ		5		10		7		7		9
Тестирование и отладка	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	2	2
Оценка полученных результатов	3		6		4,2		4,2		6	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта		4		8		5,6		5,6		7

#### 4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученной таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Календарный план-график выполнения проекта

№	Содержание работы	Исполнитель	Т <sub>кi</sub> , кал.дн	Продолжительность выполнения работ														
				март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Подбор и изучение материалов по теме, определение целей, преследуемых разработчиками	Руководитель	3	■														
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент	3	■	■													
3	Календарное планирование по теме	Руководитель, студент	2	■	■													
4	Выбор способа решения задач	Студент	4		■	■												
5	Разработка примерных лабораторных работ	Студент	7			■	■	■										
6	Сборка оборудования	Студент	4				■	■	■									



$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 9 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 9 - Материальные затраты

Вид исполнения	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
А1Б1В1Г1	NI Single-Board RIO 9632	Шт.	1	50209	50209
	TETRIX	Шт.	1	10000	10000
	Ультразвуковой датчик Parallax (PING)))	Шт.	1	2169	2169
	Сервопривод	Шт.	1	700	700
	Двигатель постоянного тока	Шт.	2	3115	6230
	Аккумулятор	Шт.	1	500	500
	Итого				69808
А1Б2В1Г1	NI Single-Board RIO 9631	Шт.	1	50209	50209
	TETRIX	Шт.	1	10000	10000
	ИК-датчик	Шт.	1	1500	1500
	Сервопривод	Шт.	1	700	700
	Двигатель постоянного тока	Шт.	2	3115	6230

	Аккумулятор	Шт.	1	500	500
Итого					69139

#### **4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной техники, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет по приобретению спецоборудования включены в таблицу 10.

Таблица 10 - Расчет бюджета на приобретение спецоборудования

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Персональный компьютер	40000	1	40000
Интернет кабель	200	1	200
Итого			40200

#### **4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (8)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники/ выходные)	66	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	50	60
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	239

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{\partial}) \cdot k_p, \quad (9)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\partial}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад работников Томского политехнического университета указан в «Таблице окладов ППС и НС» ТПУ.

Расчет основной платы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$	$k_{пр}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_m$	$Z_{дн}$	$F_{\partial}$	$T_p$	$Z_{доп}$	$Z_{осн}$
Руководитель	22052	0,3	0,4	1,3	48735	2573	197	10,8	3612	27788,4
Мл. науч. сотрудник	14099	0,3	0,4	1,3	31159	1733	187	32,3	7277	55975,9
Итого:									11812	83764,3

#### 4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (10)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,13. Расчеты дополнительной заработной платы включены в таблицу 11.

#### 4.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 13.

Таблица 13 – расчет отчислений

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Итого для каждого	Итого
Руководитель	27788,4	3612	0,271	8509,5	25651
Студент	55975,9	7277		17141,5	

#### 4.4.6 Накладные расходы

В накладные расходы должны быть включены те затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, услуг связи, размножение материалов, печать и ксерокопирование материалов и т.д.

Накладные расходы определяются по формуле (12):

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16 %.

Получили следующие значения:

$$Z_{\text{накл}}(P) = 6385,6;$$

$$Z_{\text{накл}}(C) = 12863,1.$$

#### 4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета НТИ

Наименование статьи	Исп.1, Сумма, руб	Исп.2, Сумма, руб
1. Материальные затраты НТИ	69808	69139
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	40200	40200
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	83764,3	83764,3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10889	10889
5. Отчисление во внебюджетные фонды	25651	25651
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-
7. Контрагентские расходы	-	-
8. Накладные расходы	19248,7	19248,7
9. Бюджет затрат НТИ	249561	248892

#### **4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{249561}{249561} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{248892}{249561} = 0,99$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 15.

Таблица 15 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5
Удобство в эксплуатации	0,15	5	4
Энергосбережение	0,15	3	3
Надежность	0,20	4	3
Помехоустойчивость	0,25	4	4

Материалоемкость	0,15	4	3
<b>ИТОГ</b>	<b>1</b>	<b>4,1</b>	<b>3,6</b>

$$I_{p1} = 0,1*5+0,15*5+0,15*3+0,20*4+0,25*4+0,15*4 = 4,1$$

$$I_{p2} = 0,1*5+0,15*4+0,15*3+0,20*3+0,25*4+0,15*3 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}} \quad (15)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель	1	0,99
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,1	3,6
Интегральный показатель эффективности	4,1	3,64
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,13	

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является первый вариант исполнения.

## **5 Социальная ответственность**

Комплекс «NI Robotics Starter Kit 2.0» позволяет познакомиться с современными встраиваемыми системами реального времени и научиться их программировать для решения различных задач, таких как обработка изображений, управляющих сигналов, реализация интерфейсов и их преобразование.

Платформа «NI Robotics Starter Kit 2.0» состоит из набора программных и аппаратных средств, которые позволяют разрабатывать встраиваемые системы управления мобильными роботами. С помощью входящего в состав платформы программного обеспечения «LabVIEW Robotics Module» достаточно просто освоить навыки управления мобильным роботом.

Объектом исследования является мобильная платформа «NI Robotics Starter Kit 2.0». Управление осуществляется посредством «LabVIEW», основными библиотеками «LabVIEW Robotics», «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-Time. Движение платформы обеспечивается двумя двенадцативольтными двигателями постоянного тока, питание которых осуществляется от никель-металлогидридной аккумуляторной батареи.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на лабораторную деятельность студентов, работающего с «NI Robotics Starter Kit 2.0», выявлены воздействия на окружающую среду, рассмотрены правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

### **5.1 Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования**

При разработке устройства возникают опасные и вредные факторы,

влияющих на работу, в соответствии с ГОСТ 12.0.003 [23].

Таблица 17 – Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы по ГОСТ12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Подключение работа;</li> <li>– Наладка программной части за ПК;</li> <li>– Выполнение лабораторных работ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– шум на рабочем месте;</li> <li>– электромагнитные излучения;</li> <li>– освещенность;</li> <li>– микроклимат;</li> <li>– отклонение температуры воздуха рабочей зоны</li> <li>– отклонение влажности воздуха;</li> <li>– физические нагрузки;</li> <li>– нервно-психические перегрузки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– движущиеся механизмы работа;</li> <li>– электрический ток;</li> <li>– короткое замыкание;</li> <li>– статическое электричество.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;</li> <li>- ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление;</li> <li>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;</li> <li>–ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация</li> </ul>

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм требований, предъявленных к параметрам.

### **5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования**

В конструкции устройства применяются двигатели постоянного тока,

которые имеют невысокий уровень шума, а также серводвигатель, имеющий достаточно высокий уровень шума. Так же увеличению уровня шума способствует активная система охлаждения персональных компьютеров.

Электрический ток относится к категории опасных факторов. В помещении, где производится разработка устройства, присутствует большое количество аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц, в том числе персональный компьютер, за которым происходит наладка программного обеспечения и выполнение лабораторных работ.

Психофизические факторы:

- умственное перенапряжение от решения поставленных задач;
- обширный объем перерабатываемой информации;
- нервно-эмоциональные и нервно-психические перегрузки.

Основным источником электромагнитных излучений при разработке устройства является персональный компьютер. Электромагнитное поле, которое создается персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц. Требования к допустимым уровням электромагнитных излучений и времени воздействия на человека, также изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [24].

Кроме того, при внедрении цикла лабораторных работ и их выполнении важную роль играет планировка рабочего места.

## **5.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов**

### **5.2.1 Механические опасности**

Механические опасности несут в себе такие части объекта исследования, как металлическая платформа и вращающиеся механизмы – колеса.

Основные последствия механических опасностей для данного объекта

исследования – порезы, попадание под удар и поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения.

К средствам защиты работающих от механического травмирования в соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ [25] относятся оградительные устройства, блокировочные устройства, а также тормозные устройства.

При разработке системы исследователь имеет непосредственный контакт с работающим механизмом. В экстренном случае необходимо обеспечить остановку аппарата путем его обесточивания.

### **5.2.2 Шум**

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, в производственных помещениях при выполнении основных и вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. Так, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [26] при напряженности труда средней степени предельно допустимые уровни звука составляют 70 дБА. Уровень шума системы охлаждения ПК достигает 30 дБА, что соответствует нормам.

Однако совокупность шумов системы охлаждения, двигателей постоянного тока и сервопривода увеличит это число. Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений.

### **5.2.3 Электромагнитное излучение**

Допустимые уровни напряженности электромагнитного поля персонального компьютера в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ.

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может привести к дыхательной, нервной и сердечнососудистой систем, головным болям, утомляемости. Для обеспечения меньшего уровня электромагнитного излучение использован жидкокристаллический монитор. Необходимо чтобы компьютер был заземлен и по возможности сокращать время работы за компьютером.

#### 5.2.4 Освещенность

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза. Особенность рабочего места исследователя заключается в необходимости одновременной работы с разными информационными носителями: на бумаге и на экране монитора.

Согласно СП 52.13330.2016 [27] нормы на освещение для исследователя берутся для производственных помещений. Эти нормы сведены в таблицу 19.

Таблица 19 - Нормы на освещение.

Характеристика зрительной работы	Высокой точности
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	От 0,3 до 0,5
Разряд зрительной работы	III

Подразряд зрительной работы	Г
Контраст объекта с фоном	Средний
Характеристика фона	Светлый
Освещенность при системе комбинированного освещения, лк: всего	400
в том числе искусственный свет	200
Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации: UGR	25
К <sub>п</sub> , %	15
КЕО, е <sub>н</sub> , % при комбинированном освещении	3,0

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, где проводится основная работа по выполнению лабораторных работ, размерами: длина А = 6 метров, ширина В = 5 метров, высота Н = 3 метра, длина светильника равна 1,5 метра.

Согласно отраслевым нормам освещенности высота рабочей поверхности составляет 0,8 метров и установлена минимальная норма освещенности Е = 400 Лк.

Световой поток Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n * S * K_z * Z}{N * \eta}, \quad (16)$$

где E<sub>н</sub> - нормируемая минимальная освещенность по СП 52.13330.2016, лк;

S - площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

K<sub>з</sub> - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника;

Z - коэффициент неравномерности освещения;

N - число ламп в помещении;

η - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть

светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен ( $\rho_{ст}$ ) и потолка ( $\rho_{п}$ ).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} \quad (17)$$

Произведем расчеты:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{6 \cdot 5}{(3 - 0,8 - 0,5) \cdot (6+5)} = 1,9.$$

Экономичность осветительной установки выражается следующей формулой:

$$\lambda = \frac{L}{h}, \quad (18)$$

где  $L$  – расстояние между рядами светильников, м.

Принимая  $l = 1,4$  для люминесцентных светильников без защитной решетки типа ОД, ОДО, получим:

$$L = 1,4 \cdot 1,7 = 2,4 \text{ м.}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 0,8 \text{ м.}$$

Количество рядов светильников определяются по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3} * L)}{L} + 1 \quad (19)$$

Таким образом количество рядов светильников равно 2.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3} * L)}{l_{\text{св}} + 0,5} \quad (20)$$

Количество светильников равно 2.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} * n_{\text{св}} \quad (21)$$

Из формулы 21 следует, что количество светильников равно 4.

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 8$

Так как стены и потолок являются побеленными, окна без штор, следовательно, коэффициент отражения поверхности стен  $\rho_{ст} = 50\%$ , а коэффициент отражения поверхности потолка  $\rho_{п} = 70\%$ .

Коэффициент  $\eta$  имеет значения 0,6.

Таким образом, подставив полученные значения в формулу (16), получаем значение светового потока:

$$\Phi = \frac{400 * 30 * 1,5 * 1,1}{8 * 0,6} = 4125 \text{ лм}$$

Согласно расчетам, выбираем лампу ЛХБ - 65 со световым потоком 4400 лм.

Выразим  $E$  из формулы (16):

$$E_{н} = \frac{\Phi * N * \eta}{S * K_3 * Z} = \frac{4400 * 8 * 0,6}{30 * 1,5 * 1,1} = 426 \text{ лк}$$

Результаты показывают, что минимальная освещенность находится в пределах нормы.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} * 100\% \leq +20\% \quad (22)$$

Получаем

$$-10\% \leq 6,3\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 8 * 65 = 520 \text{ Вт.}$$

В соответствии с размерами комнаты, план размещения светильников приведен на рисунке 20.

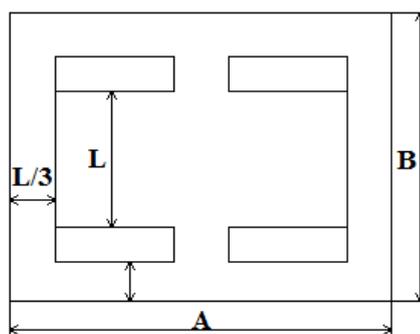


Рисунок 20 – План размещения светильников.

### 5.2.5 Микроклимат

На микроклиматические условия оказывает влияние множество факторов, такие как испарение от лабораторного стенда, температура в помещении, наличие вентиляции и т.д. Оптимальные показатели микроклимата установлены СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Оптимальные параметры микроклимата во всех учебных помещениях с использованием ПЭВМ

Температура, °С	Оптимальная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м <sup>3</sup>	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	< 0.1
20	58	10	< 0.1
21	55	10	< 0.1

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Для охлаждения воздуха предусмотрены вентиляция – естественная – и кондиционирование.

### 5.2.6 Психо-физические факторы

Физическое напряжение организма при выполнении трудовой деятельности может быть обусловлено выполнением или физической работы,

или нагрузками на центральную нервную систему. При выполнении цикла лабораторных работ происходит статическая нагрузка, т.е. все действия человека происходят в сидячем положении.

В целях обеспечения оптимальных условий труда необходима правильная компоновка и расположение рабочего места, обеспечение свободы трудовых движений и удобной позы сотрудника. Этого можно достичь с использованием оборудования, которое соответствует требованиям инженерной психологии и эргономики, обеспечивает высокую производительность труда, снижает риск развития профессиональных болезней.

Перенапряжение зрительных анализаторов зависит от напряжения зрения, вызванного непрерывностью наблюдения за недостаточно контрастными, небольших размеров элементами, а также неблагоприятными условиями работы органов зрения. Перенапряжение зрительных анализаторов может привести к утомлению и как следствие к нарушению сократительной функции глазных мышц.

Способами снижения напряженности труда в условиях зрительного и психоэмоционального перенапряжения могут стать полная автоматизация процесса. К таким способам относится и проведение мер по совершенствованию техники и технологий, введение рационального режима труда и отдыха.

### **5.2.7 Электрический ток**

В соответствии с п.1.1.13 главы 1.1 раздела 1 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [28] по опасности электропоражения помещение, в котором проводятся работы, относится к помещениям без повышенной опасности. Это обусловлено отсутствием высокой влажности, высокой температуры, токопроводящей пыли и возможности одновременного соприкосновения с заземленными предметами и металлическими корпусами оборудования.

Мероприятия по устранению опасности поражения электрическим током

сводятся к правильному размещению оборудования и применению технических средств защиты. В соответствии с главой 1.7 ПУЭ к основным техническим средствам защиты от поражения электрическим током относятся:

- основная изоляция токоведущих частей;
- защитное заземление или зануление;
- автоматическое отключение питания;
- защитное электрическое разделение цепей.

В соответствии с ТОИ Р-45-084-01 [29], к работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Не приступать к работе до устранения неисправностей. При получении травм или внезапном заболевании немедленно известить своего руководителя, организовать первую доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь.

### **5.3 Экологическая безопасность**

#### **5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

В результате выполнения ВКР был разработан цикл лабораторных работ на платформе «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0». Рассмотрим воздействие робота на природную среду.

Объем производства прямо пропорционально зависит от уровня энергетики. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

### **5.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования**

Источниками загрязнения окружающей среды в данной работе являются аккумуляторная батарея и двигатели постоянного тока. Согласно ГОСТ 30772-2001 [30] отходами являются остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. Таким образом, в процессе отработки аккумулятор и двигатели станут отходами, загрязняющими окружающую среду, так как их составные части требуют специальной утилизации.

Кроме того, влияние на окружающую среду могут оказывать образования и поступления твердых отходов в виде отработанных ПК и платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0», их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

### **5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

В современных ПК, как правило, постоянно оптимизируется энергопотребление, в связи с чем происходит сокращение потребления электрической энергии. Кроме того, проблема потребления должна также решаться за счет эффективного и экономичного использования электроэнергии самими потребителями.

Платформа «LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» не содержит в своем составе токсичных материалов, а потому может быть утилизирован в соответствующих местах утилизации электронных устройств. Перед утилизацией металлические составные части необходимо отсортировать по видам металла, удалить неметаллические части. Переработка использованных аккумуляторов позволяет опять получить элементы, из которых можно создать новые аккумуляторы. Безопасная утилизация старых аккумуляторов производится специализированными компаниями.

При росте рынка люминесцентных ламп происходит массовое увеличение числа выработавших свой ресурс изделий. Обратная сторона применения таких ламп состоит в том, что в случае нарушения целостности корпуса отслуживших свой срок изделий выделяются пары ртути. Лампы по окончании этого срока положено сдавать на специальные предприятия, где они подлежат дальнейшей утилизации, суть которой состоит в сборе и нейтрализации веществ, содержащих ртуть.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Наиболее вероятным чрезвычайными ситуациями при разработке устройства являются пожар на рабочем месте. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- наличие горючей пыли;
- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

### **5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта**

Пожар в кабинете исследователя может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и

неосторожное обращение с огнем.

К причинам электрического характера относятся короткое замыкание, перегрузка проводов, большое переходное сопротивление, искрение, статическое электричество.

### **5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Согласно НПБ 105-03, лаборатория, где проводятся работы, относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в ней присутствуют негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды;
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации;

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников;

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В случае обнаружения возгорания необходимо сообщить руководителю и

попытаться потушить очаг возгорания своими силами с помощью средств первичного пожаротушения. В случае, если потушить очаг возгорания не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель. Необходимо сообщить о чрезвычайной ситуации в пожарную охрану по телефону 01, назвать адрес объекта, место и причины возникновения пожара. После этого принять меры по эвакуации людей, материальных ценностей.

План эвакуации из кабинета представлен на рисунке 21.

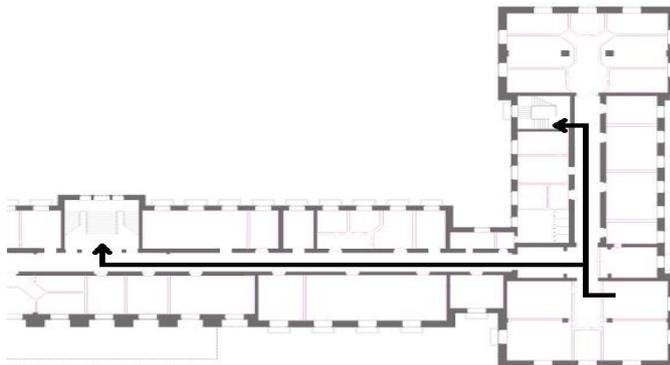


Рисунок 21 – План эвакуации.

В офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на достигаемом расстоянии находится пожарный щит.

## **5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Согласно «Трудовому кодексу Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ [31], рабочее время – это время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать

40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. (часть третья введена Федеральным законом от 22.07.2008 N 157-ФЗ).

### **5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Работа по исследованию объекта ведется в основном на ПЭВМ. Такие документы, как ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [32] обеспечивают рациональное и безопасное использование рабочей области.

Рабочие места, оборудованные персональными компьютерами, должны располагаться по отношению к световым проемам таким образом, чтобы естественный свет падал с боковой стороны, преимущественно слева. Конструкция рабочего места должна обеспечивать возможность изменения положения тела человека относительно ПЭВМ.

Стол должен иметь достаточное пространство для свободного перемещения мыши, клавиатуры, устройств оргтехники. Конструкция рабочего стула (кресла) должна поддерживать рациональную позу исследователя.

Экран монитора должен иметь антибликовое покрытие. Центр экрана монитора должен быть расположен чуть ниже уровня глаз, монитор должен отстоять от глаз человека на расстоянии 45-60 сантиметров. Важнейшим условием эргономической безопасности человека при работе с экраном монитора является правильный выбор визуальных параметров самого монитора и светотехнических условий рабочего места, поэтому должна регулироваться яркость и контрастность изображения.

Таким образом, рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

## **5.6 Вывод по разделу «Социальная ответственность»**

При разработке раздела «Социальная ответственность» были установлены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при создании цикла лабораторных работ на базе платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

Также были представлены пути решения и установки мероприятий по исключению данных факторов. Разработка лабораторного цикла и его выполнения производится на ПК, для установки более комфортного рабочего места, в разделе был рассмотрен комплекс мероприятий по организации рабочей зоны.

## Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы разработан цикл лабораторных работ по дисциплине «Программное обеспечение измерительных процессов» для студентов, обучающихся по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология» по профилю «Компьютеризация измерений и контроля».

В ходе выполнения которых студент должен получить навыки и умения – создавать виртуальные приборы в среде «LabVIEW», подключать и настраивать мобильную платформу (робота), разрабатывать и тестировать алгоритмы измерений расстояния с помощью ультразвукового датчика, разрабатывать и тестировать алгоритмы управления приводами мобильной платформы и систем управления с обратной связью.

Для достижения поставленной задачи были в полной мере решены следующие задачи:

- 1) проведена ревизия оборудования и программного обеспечения, которое имеется в отделении ОАР ИШИТР, пригодного для лабораторного цикла;
- 2) определена номенклатуры и тематики лабораторных работ;
- 3) разработаны задания для студентов в рамках данного цикла;
- 4) проведены испытание лабораторных работ студентами;
- 5) разработаны методические указания к лабораторным работам.

## Список использованных источников

- 1 Ильичев К.В, Манцеров С.А. Разработка масштабируемой мобильной робототехнической системы [Текст] / Ильичев К.В, Манцеров С.А //Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления – 2017. - № 21. – С. 91- 108.
- 2 UNC Charlotte. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.uncc.edu/> - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 3 The University of Texas at Austin. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.utexas.edu/> - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 4 NI LabVIEW Robotics Starter Kit - Data Sheet - National Instruments. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-217> - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 5 Руководитель по эксплуатации NI SbRIO - 961х/963х/964х. [Электронный ресурс]. – URL: [ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/NIsbRIO\\_961x963x964x.pdf](ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/NIsbRIO_961x963x964x.pdf) - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 6 Руководство разработчика CompactRIO. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docplayer.ru/25856586-Rukovodstvo-razrabotchika-compactrio.html> - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 7 Xilinx Spartan-3. [Электронный ресурс]. – URL: <http://fpga.su/spartan-3> - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 8 Spartan-3 FPGA Family Data Sheet. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.xilinx.com/support/documentation/data\\_sheets/ds099.pdf](https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds099.pdf) - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 9 Операционные системы реального времени. [Электронный ресурс]. – URL: [https://edu.kpfu.ru/pluginfile.php/272644/mod\\_resource/content/1/1%20%D0%9E%D0%A1%D0%A0%D0%92.pdf](https://edu.kpfu.ru/pluginfile.php/272644/mod_resource/content/1/1%20%D0%9E%D0%A1%D0%A0%D0%92.pdf) - Загл. с экрана (дата обращения хх.хх.2018 г.)
- 10 Жуков К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.

11 MPC5200 Data Sheet. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPC5200.pdf> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

12 TETRIX® MAX DC Motor. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tetrixrobotics.com/Motors/TETRIX-DC-Gear-Motor> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

13 12V NiMh аккумуляторная батарея. [Электронный ресурс]. – URL: [http://raor.ru/equipment/katalog/tetrix/tetrix\\_63.html](http://raor.ru/equipment/katalog/tetrix/tetrix_63.html) - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

14 HS-485HB Servo. [Электронный ресурс]. – URL: [http://raor.ru/equipment/katalog/tetrix/tetrix\\_63.html](http://raor.ru/equipment/katalog/tetrix/tetrix_63.html) - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

15 PING))) Ultrasonic Distance Sensor (#28015) Data Sheet. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/28015-PING-Sensor-Product-Guide-v2.0.pdf> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

16 Барин Е.Д. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 448 с.

17 LabVIEW FPGA Module. [Электронный ресурс]. – URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/11834> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

18 Ведение в LabVIEW FPGA. [Электронный ресурс]. – URL: [http://nitech.nstu.ru/upload/lib/2016\\_Translated/Articles/LabVIEW\\_FPGA\\_Webcast\\_6.14\\_rus.pdf](http://nitech.nstu.ru/upload/lib/2016_Translated/Articles/LabVIEW_FPGA_Webcast_6.14_rus.pdf) - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

19 LabVIEW Real-Time Module. [Электронный ресурс]. – URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/209855> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

20 LabVIEW Robotics Module. [Электронный ресурс]. – URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/209856> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

21 What is Measurement & Automation Explorer (MAX)?. [Электронный ресурс] – URL:

<https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000P9KBSA0> -

Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

22 Структура Вариант (Case Structure). [Электронный ресурс]. – URL: <http://labview-ifit.narod.ru/page10.html> - Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

23 ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200224>. – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

24 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>. – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

25 ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901702099>. – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

26 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

27 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>– Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

28 Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.1 Общая часть (Издание седьмое). [Электронный ресурс]. – URL:

<http://docs.cntd.ru/document/1200030216> – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

29 ТОО Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030047/> – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

30 ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030216/> – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

31 "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ. [Электронный ресурс]. – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) – Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

32 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – <http://docs.cntd.ru/document/1200003913>– Загл. с экрана (дата обращения xx.xx.2018 г.)

## **Приложение А**

**(обязательное)**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Программное обеспечение измерительных процессов

Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» и  
средой разработки «LabVIEW 2015»

Методическое указание для проведения  
лабораторной работы

Томск 2018 г.

*Дисциплина:* Программное обеспечение измерительных процессов

*Время выполнения:* 2 часа

*Разработали:*

1 Цель работы: ознакомление с средой разработки «LabVIEW 2015» и мобильным роботом NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0.

2 Используемые технические средства: персональный компьютер (далее ПК), графическая среда разработки «LabVIEW 2015», модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics», мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

3 Программа работы.

- 1) Ознакомиться с краткой сводкой теоретических положений.
- 2) Произвести настройку оборудования
- 3) Протестировать сенсор робота
- 4) Выполнить задание

4 В зависимости от результата анализа сделать выводы и оформить отчет о проделанной лабораторной работе.

### **Практическое задание**

#### **1 Первоначальная настройка и тестирование аппаратных и программных средств**

1 Подключить мобильную платформу при помощи Ethernet - кабеля к ПК и установите «MASTER», на лицевой панели робота, в положение «On».

2 Запустите программу «NI Measurement & Automation Explorer» (далее MAX), для проверки соединения робота с ПК. В программе MAX откройте вкладку «Remote Systems», в которой будет отображено ваше устройство. Если устройство не подключено появится надпись «Disconnected».

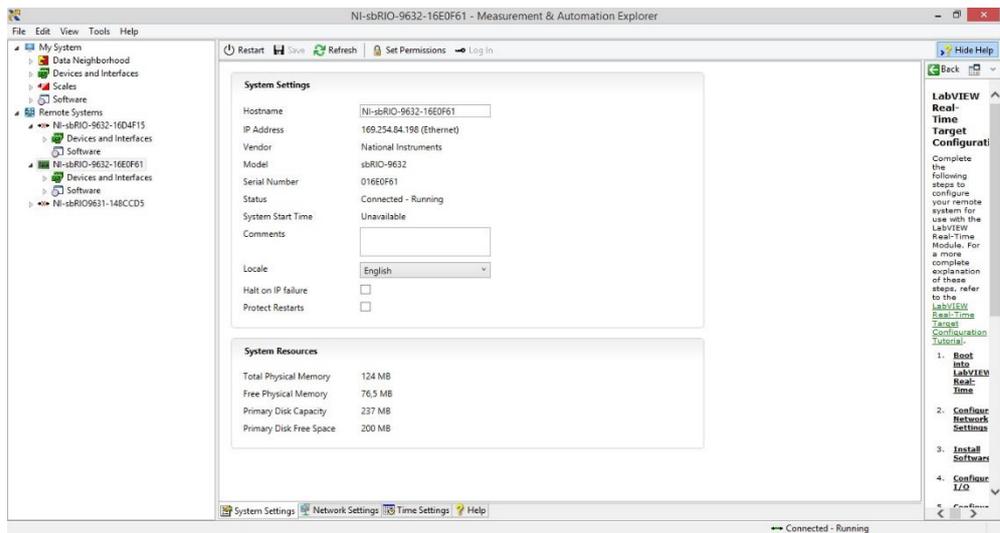


Рисунок 1

3 Запустите «LabVIEW 2015». В открывшейся программе нажмите «Create Project» и из предложенного списка используйте «Robotics Project» и нажмите «Finish».

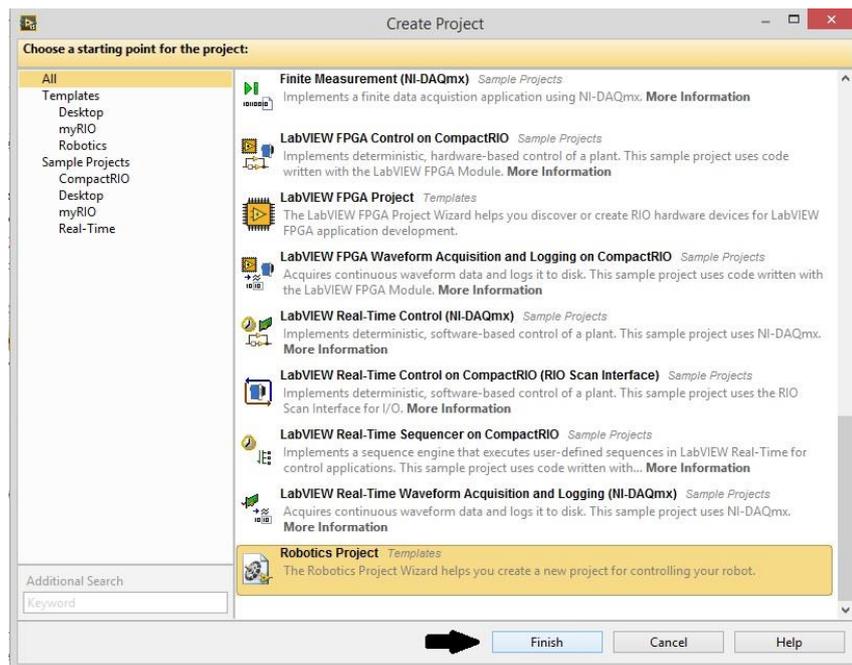


Рисунок 2

4 В окне «Create New LabVIEW Robotics Project» из предложенного списка выберете «Robotics Starter Kit 2.0» в качестве типа проекта и нажмите «Next».

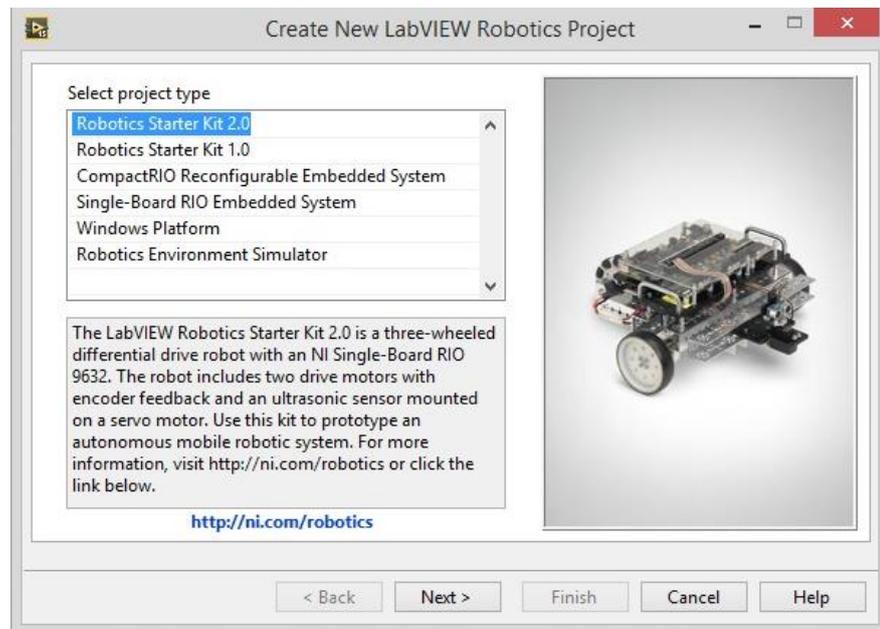


Рисунок 3

5 В сорочку «Controller IP address» введите IP-адрес устройства, который указан в МАХ, нажмите «NEXT».

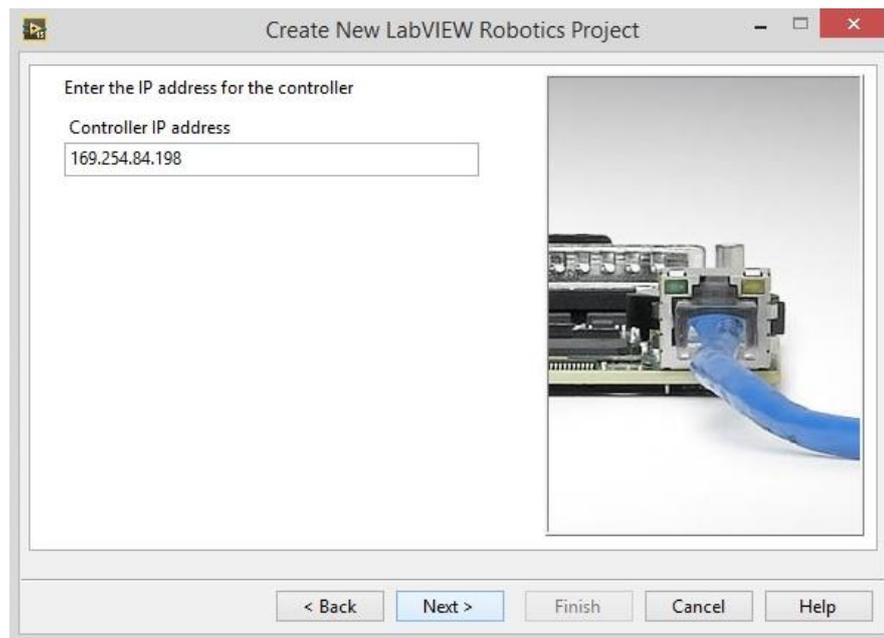


Рисунок 4

6 Укажите тип архитектуры «Starter Kit 2.0 Roaming» и нажмите «NEXT».

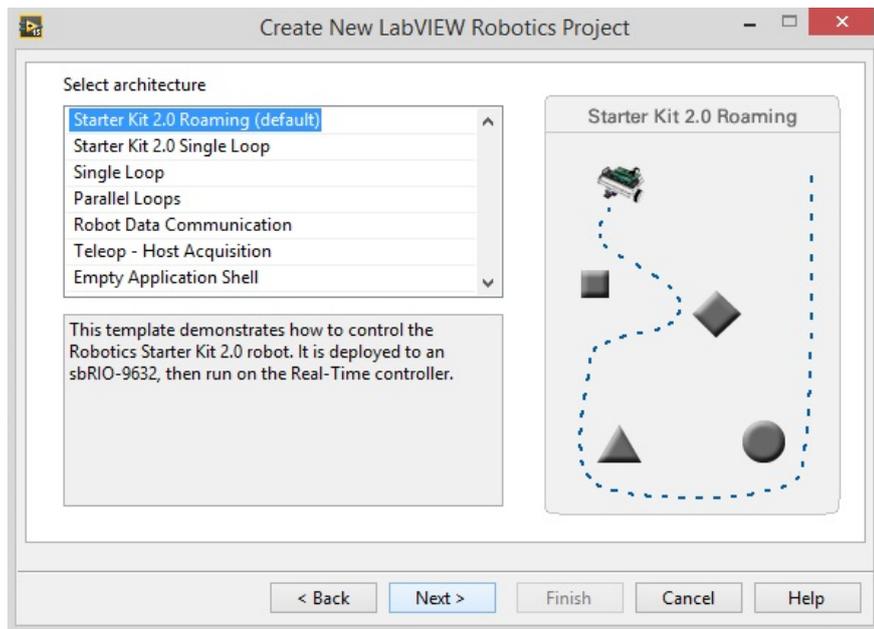


Рисунок 5

7 Назовите проект «Robotics Project» и создайте папку, в которой будет храниться файл.

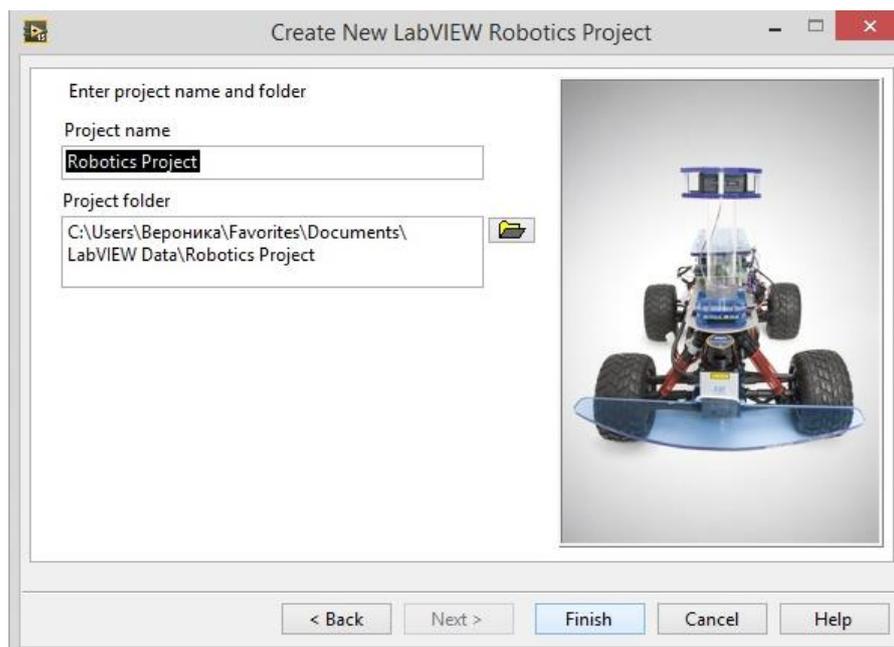


Рисунок 6

8 После создания проекта будет отображаться пример «Starter Kit 2.0 Roaming.vi». Запустите программу, нажав на стрелку запуска вверху приложения. Обязательно следуйте инструкции расположенной на передней панели.

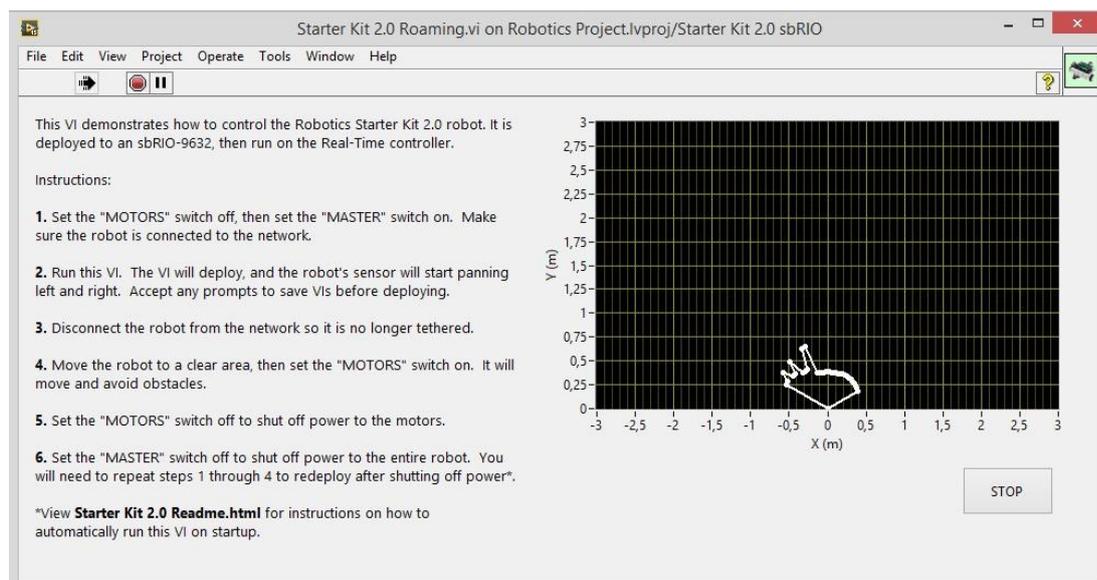


Рисунок 7

Для начала работы нужно выключить «MOTORS» и включить «MASTER». Далее робот при помощи ультразвукового датчика начнет сканирование местности.

Отключите робота от ПК, отсоединив Ethernet - кабеля, включите «MOTORS» и дайте некоторое время для проверки мотора робота. Затем выключите «MOTORS».

## 2 Создание виртуального прибора

1 Чтобы создать первое приложение, щелкните правой кнопкой мыши «My Computer» и выберите «New >> VI».

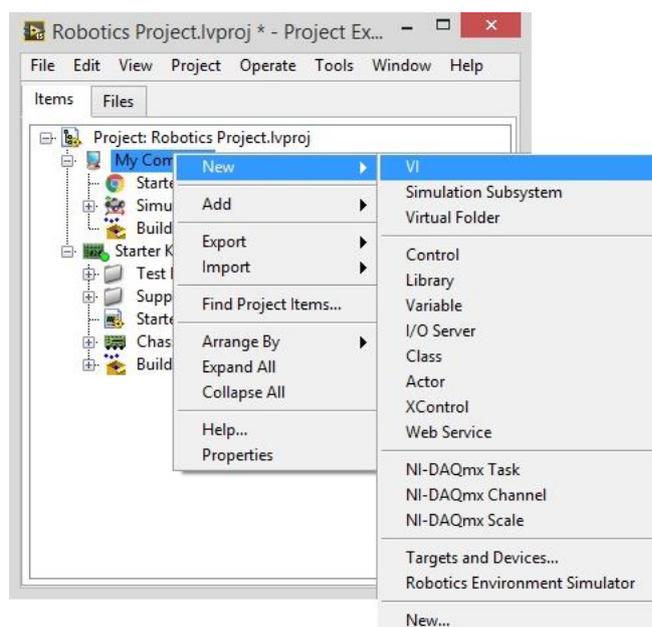


Рисунок 8

2 Сохраните вновь созданный виртуальный прибор (далее ВП) как «Robotics Project». Как только это будет сделано, новый элемент появится в дереве проекта.

3 Также добавьте «FPGA Target», нажав правой кнопкой мыши на «Chassis (sbRIO – 9632)» и выберите «New >> FPGA Target».

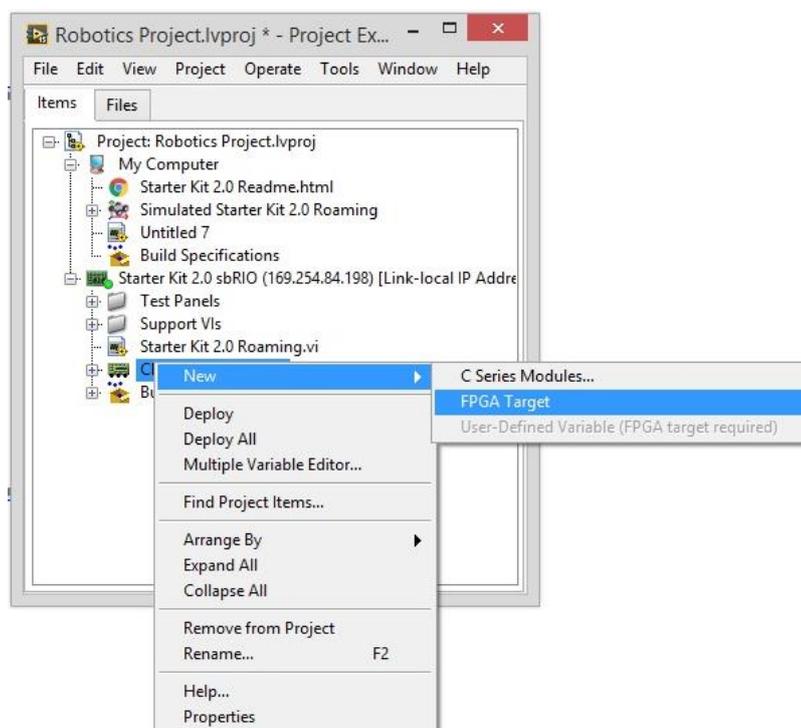


Рисунок 9

4 Выберите «Window>> Tile Left and Right», чтобы увидеть блок-диаграмму и переднюю панель.

5 Начните программирование на блок-диаграмме, поставив цикл «Timed Loop» из палитры функций «LabView». Чтобы получить цикл «Timed Loop», перейдите в палитру «Structures >> Timed Structures».

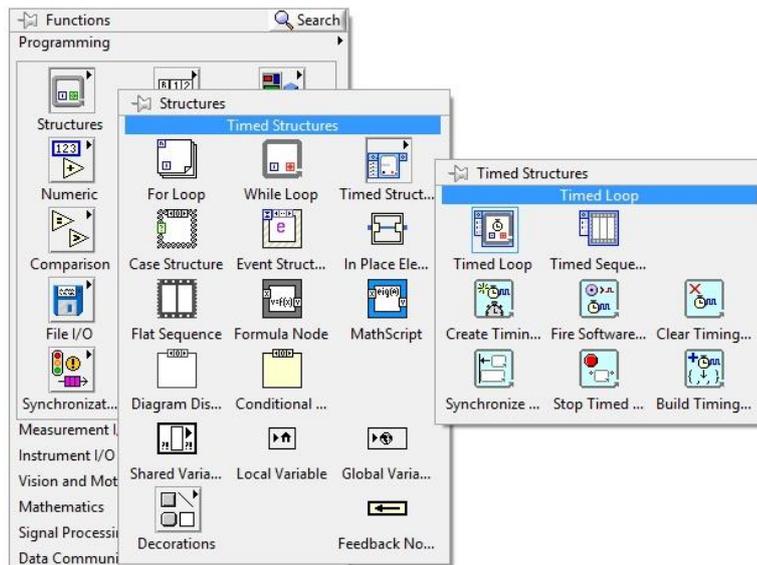


Рисунок 10 -

6 Необходимо добавить кнопку «Stop», чтобы остановить приложение. Это делается путем создания элемента управления на передней панели и подключения значения элемента управления к условию завершения цикла.

7 Далее необходимо добавить диаграмму «Waveform chart» на переднюю панель под кнопкой «Stop», щелкнув правой кнопкой на передней панели выберите «Graph»>»Waveform chart».

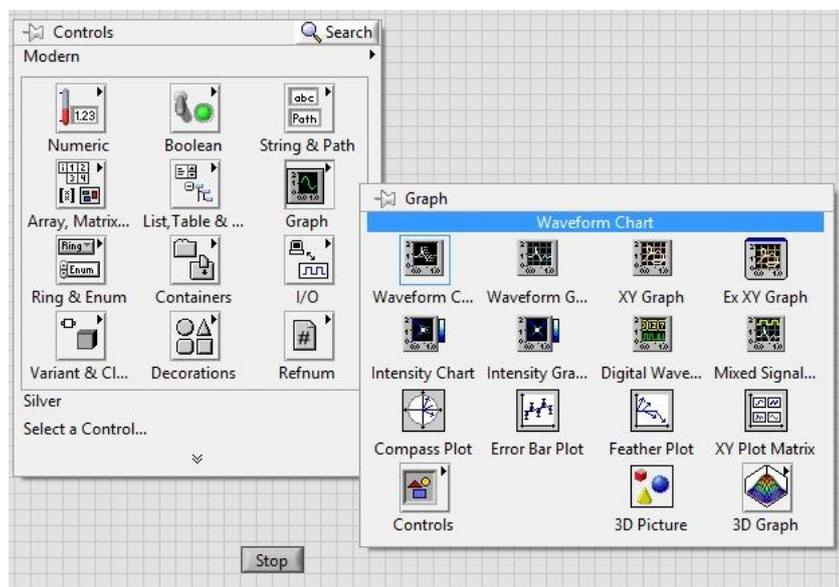


Рисунок 11

8 Вернитесь к блок-диаграмме и добавьте элемент для связи с ультразвуковым датчиком. Поместите «Open FPGA» на блок-диаграмму.

Щелкните правой кнопкой мыши на блок-диаграмме и выберите «FPGA Interface >> Open FPGA Reference.» Поместите его за пределы цикла.

9 Щелкните правой кнопкой мыши ссылку «VI Open FPGA Reference» и выберите «Configure Open FPGA Reference»

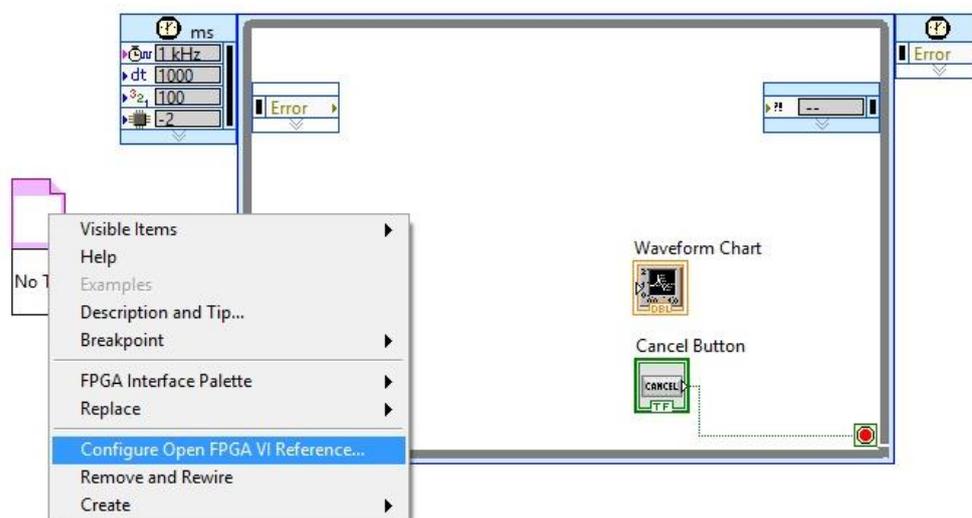


Рисунок 12

10 В диалоговом окне выберите «Bitfile», а затем перейдите к месту хранения bitfile FPGA в пути «C:\Program Files (x86) \National Instruments\LabVIEW 2015\vi.lib\robotics\Starter Kit\FPGA Bitfiles»

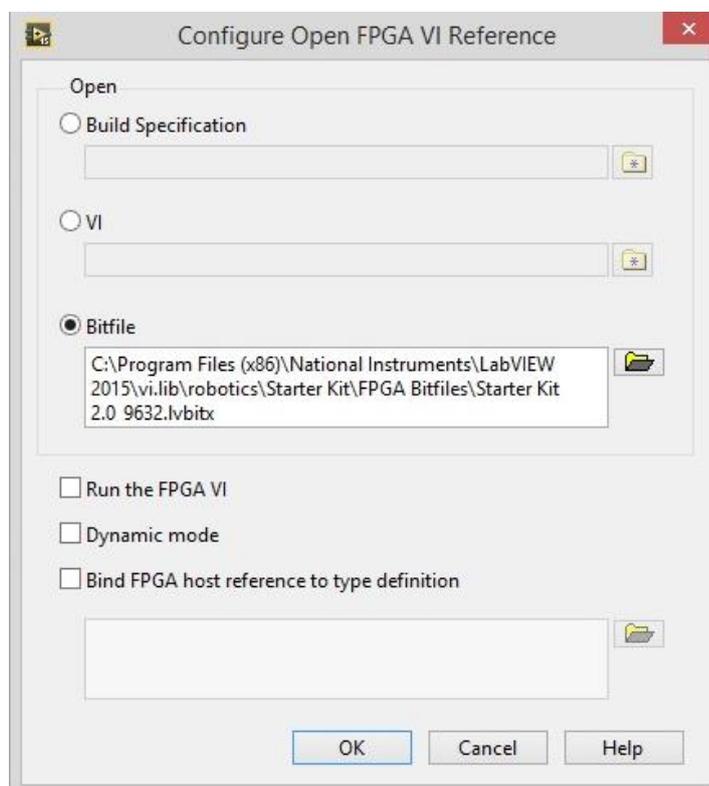


Рисунок 13

11 Щелкните правой кнопкой мыши в левом верхнем углу «Open FPGA Reference VI» и выберите «Create >> Constant». Для константы выберите «FPGA Target – rio://169.254.84.198/RIO0».

12 Теперь из палитры FPGA выберите «FPGA Read / Write VI» и поместите его внутри цикла. Далее подключите «FPGA VI Reference Out» «FPGAVI Reference In» на «FPGA Read / Write VI».

13 Поместите элемент «Close FPGA VI Reference» за пределы цикла.

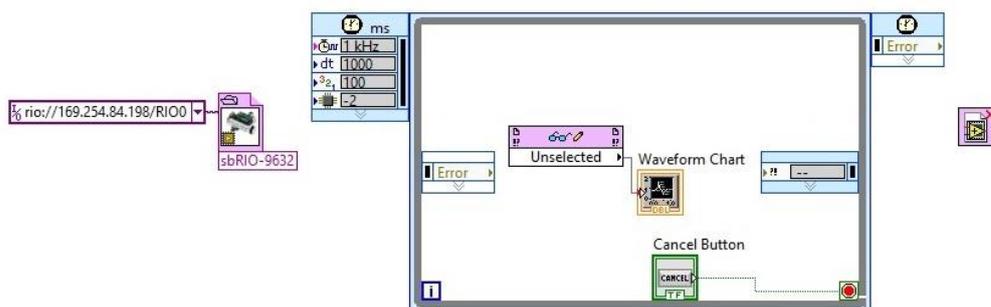


Рисунок 14

14 Теперь, когда блок подключен можно выбрать конкретное значение узла «Unselected» в блоке «FPGA Read / Write VI», которое будет прочитано или записано. На данный момент выберите «PING)))\_0\_dist» для считывания значения датчика и соедините с «Waveform chart».

15 Сохраните ВП и запустите программу. Передвиньте руку назад и вперед перед ультразвуковым датчиком и наблюдайте соответствующее изменение значения на графике.

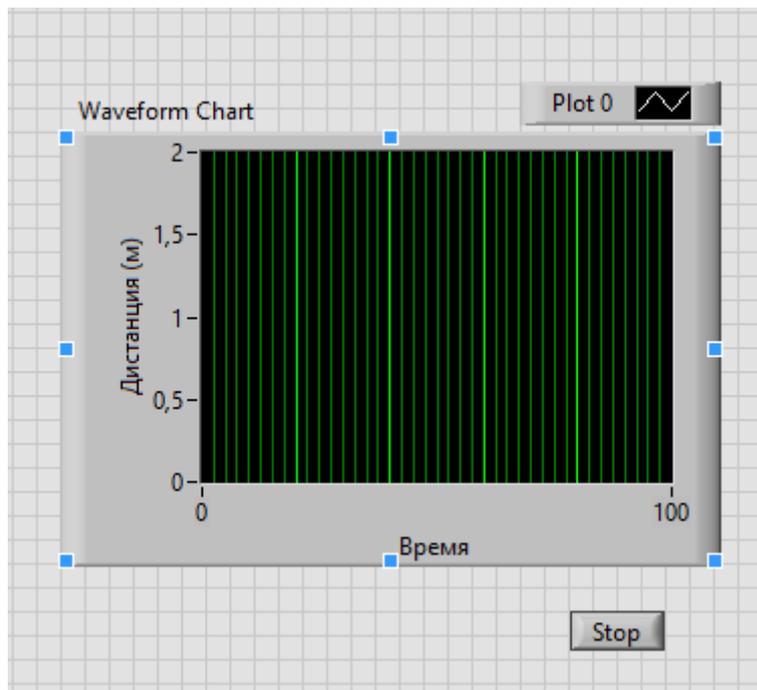


Рисунок 15

**Задание.** Создание ВП для манипулирования «Parallax PING)))» при помощи серводвигателя «Hitec HS - 485HB».

Задание будет основываться на ВП созданной ранее.

1 На переднюю панель необходимо поместить элемент управления, который будет устанавливать положение сервомотора для ультразвукового датчика. Разместите элемент «Horizontal Pointer Slider» под график.

2 Задайте диапазон движения двигателя датчика.

3 Затем на блок-схеме измените в цикле «Timed Loop» период времени выполнения программы с 1000 мс до 100 мс.

4 Расширьте элемент «FPGA Read / Write VI» и выберите функцию для изменения угла двигателя датчика.

5 Двигатель принимает значение только в радианах, следовательно, необходимо использовать уравнение 1 для преобразования значения поворота двигателя из градусов в радианы:

$$\frac{\pi}{180} * \alpha = \alpha_{rad} \quad (1)$$

6 Сохраните свой ВП и нажмите кнопку «Run».

## **Приложение Б**

**(обязательное)**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Программное обеспечение измерительных процессов

Управление двигателем мобильной платформы «NI LabVIEW Robotic Starter Kit  
2.0»

Методическое указание для проведения  
лабораторной работы

Томск 2018 г.

*Дисциплина:* Программное обеспечение измерительных процессов

*Время выполнения:* 2 часа

*Разработали:*

1 Цель работы: разработка алгоритма управления приводами мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

2 Используемые технические средства: персональный компьютер (далее ПК), графическая среда разработки «LabVIEW 2015», модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics», мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

3 Программа работы.

- 1) Ознакомиться с краткой сводкой теоретических положений.
- 2) Произвести настройку оборудования
- 3) Протестировать двигатели робота
- 4) Выполнить задание

4 В зависимости от результата анализа сделать выводы и оформить отчет о проделанной лабораторной работе.

### **Практическое задание**

1 Произведите первоначальную настройку и тестирование аппаратных и программных средств в соответствии с пунктами методического указания к лабораторной работе «Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»

2 Запустите «LabVIEW 2015», а затем создайте новый проект «Robotics Project». Сохраните этот проект. Как только проект будет создан, он автоматически создаст и откроет «Starter Kit Roaming VI».

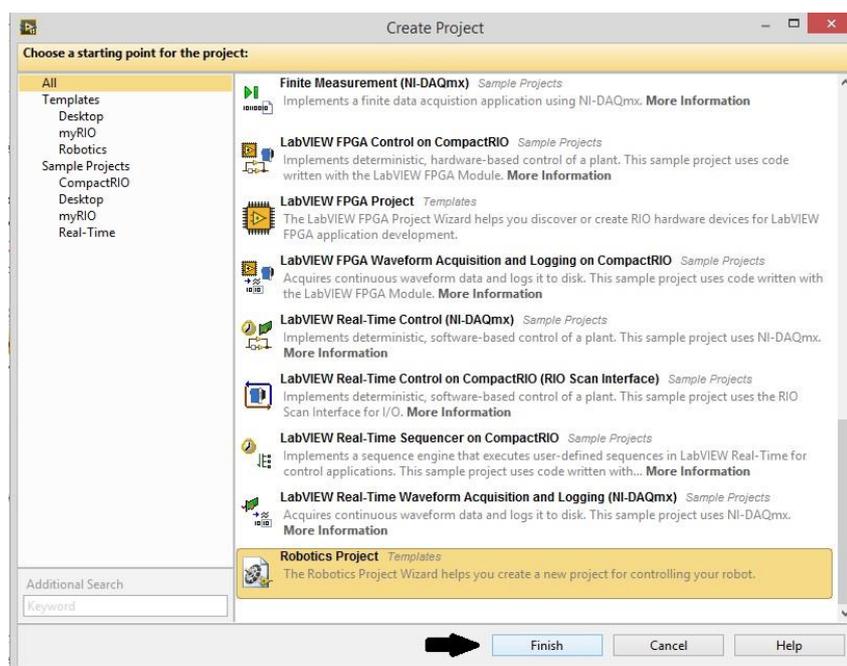


Рисунок 1

3 В окне проводника проекта создайте новый виртуальный прибор (далее ВП). Сохраните этот ВП.

4 Теперь необходимо разработать программу для достижения цели. Цель состоит в том, чтобы робот двигался вперед на заданное расстояние, а затем совершал поворот на  $90^\circ$ . Чтобы заставить мобильную платформу двигаться вперед и поворачиваться, необходимо использовать элемент «Read/Write Control». Чтобы эта часть программы выполнялась последовательно, мы будем использовать структуру «Flat Sequence».

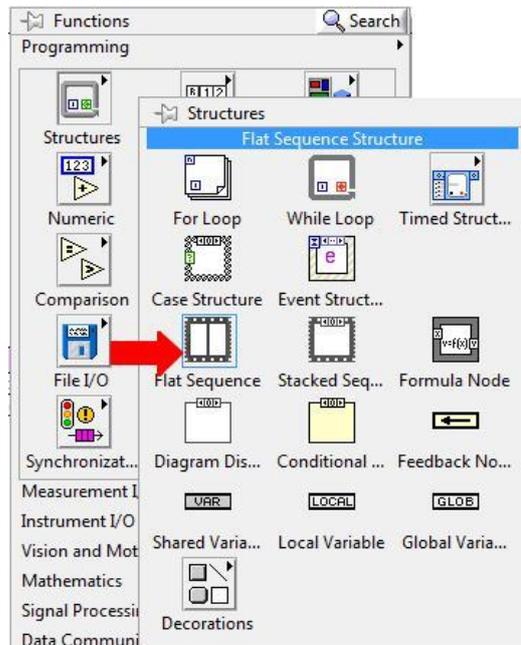


Рисунок 2

Для этого нам понадобятся два кадра. Щелкните правой кнопкой мыши по границе «Flat Sequence» и выберите «Add frame after». Поместите элементы «Read/Write Control», чтобы ваш программа выглядел как рисунок 3.

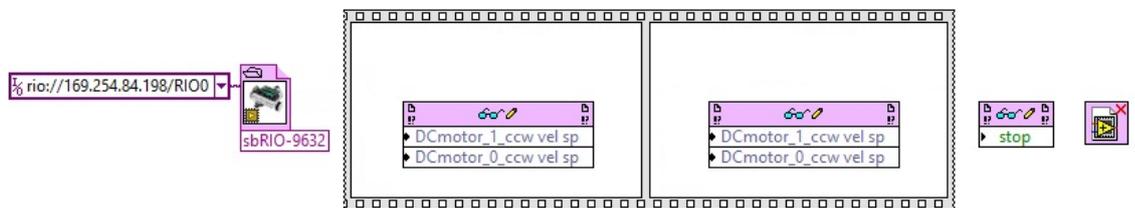


Рисунок 3

5 Следующая часть требует выполнение циклического процесса до тех пор, пока не будет выполнено условие выхода из цикла. Для этого мы будем использовать цикл «While loop».

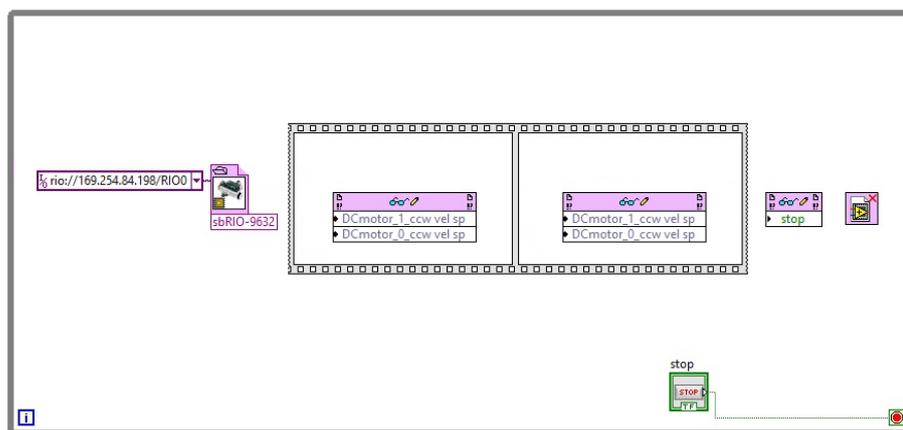


Рисунок 4

Теперь, когда установлен цикл «While loop» необходимо создать условие, которое заставит его выполнять бесконечно. Выберите «Boolean Palette», а затем «false constant». Также убедитесь, что выбрано «Stop if true».

6 Затем нужно добавить команды ожидания. Это приведет к тому, что программа в каждом кадре будет выполняться в течение определенного периода времени. Для этого щелкните правой кнопкой мыши в структуре «Flat Sequence» и выберите в разделе «Programming»>> «Timing» элемент «Wait». Входной параметр определяет время задержки в миллисекундах

Для первого кадра мы будем использовать значение 2000 мс. Для второго кадра мы будем использовать значение 1000 мс. (Это predetermined значения, которые заставят робота перемещаться и поворачиваться на 90° определенной скоростью.) Когда вы закончите, блок-схема должна выглядеть как рисунок 5.

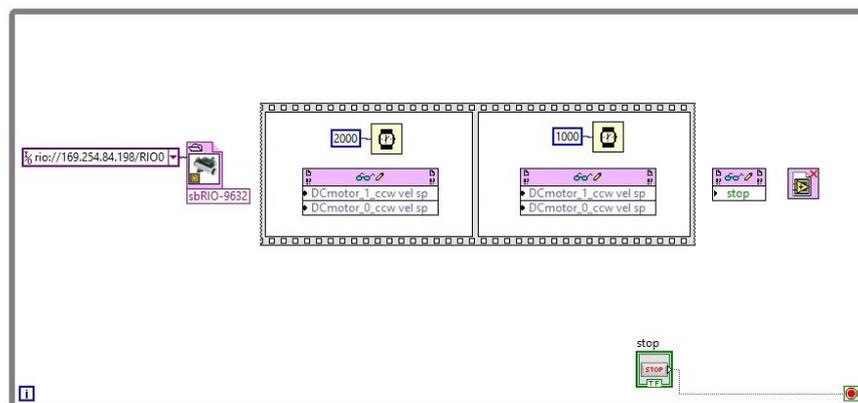


Рисунок 5

7 Теперь нужно добавить значения в элементы, которые управляют скоростью двигателя. Заданное значение скорости составляет  $\omega = 6$  рад/с. Нужно будет создать 4 константы и прикрепить их к указанному вводу. Также обратите внимание на полярность констант, для определения вращения двигателей по часовой стрелке или против часовой стрелки.

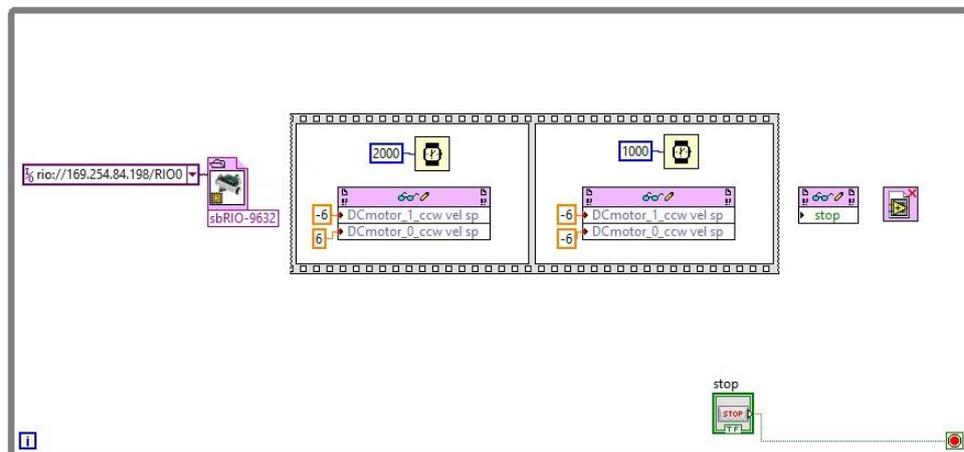


Рисунок 6

8 Соедините все элементы как показано на рисунке 7.

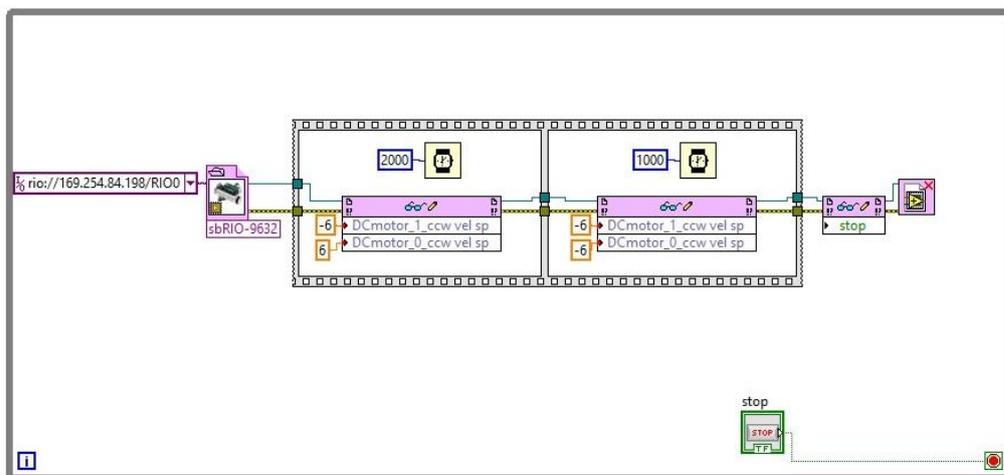


Рисунок 7

9 Сохраните ВП и запустите программу.

**Задание.** Создать ВП для управления роботом по траектории движения «восьмерка».

Задание будет основываться на ВП созданной ранее.

1 Для достижения цели поставленной задачи необходимо рассчитать время поворота с заданной угловой скоростью  $\omega = 6$  рад/с.

Эти уравнения являются хорошей отправной точкой для получения значений, необходимых для завершения данной лабораторной работы; однако есть много сил, которые не учитываются: трение, скольжение колес и т. д. Поэтому окончательные значения нужно будет настроить, чтобы сделать «идеальную» восьмерку.

Коэффициент передачи - это количество оборотов, которое требуется двигателю для каждого оборота колеса. Передаточное отношение платформы daNI Robotic составляет примерно 83:1. (Это значение учитывает коэффициент передачи двигателя)

Окружность колес:

$$C = \pi * d, \quad (1)$$

где  $d$  - диаметр одного из колес робота.

Угол поворота на 180°:

$$180\alpha = \frac{\pi * l}{4}, \quad (2)$$

где  $l$  - расстояние между передними колесами робота.

Угол поворота на 45°:

$$45\alpha = \frac{\pi * l}{2}, \quad (3)$$

Расстояние поворота вращения робота:

$$\text{Расстояние поворота вращения} = \frac{C}{180\alpha} \quad (4)$$

Поворот оборотов двигателя:

$$\text{Поворот оборотов двигателя} = \text{Передаточное число} * \text{Расстояние поворота вращения} \quad (5)$$

Время поворота:

$$t = \frac{\left(\frac{\text{Поворот оборотов двигателя}}{2 * \pi}\right)}{\omega} \quad (6)$$

2 Создайте дополнительные кадры (frame) в «Flat Sequence».

3 Выберите верное направления движения колес и укажите правильную полярность констант.

4 Далее сохраните ВП и запустите проект.

5 Проверьте движение робота и внесите корректировки времени для создания «идеальной» восьмерки.

## **Приложение В**

**(обязательное)**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Программное обеспечение измерительных процессов

Управление двигателем и ультразвуковым датчиком мобильной  
платформы NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»

Методическое указание для проведения  
лабораторной работы

Томск 2018 г.

*Дисциплина:* Программное обеспечение измерительных процессов

*Время выполнения:* 2 часа

*Разработали:*

1 Цель работы: разработка алгоритма управления приводами мобильной платформы «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0» и систем управления с обратной связью.

2 Используемые технические средства: персональный компьютер (далее ПК), графическая среда разработки «LabVIEW 2015», модули «LabVIEW FPGA», «LabVIEW Real-time» и «LabVIEW Robotics», мобильная платформа «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0».

3 Программа работы.

- 1) Ознакомиться с краткой сводкой теоретических положений.
- 2) Произвести настройку оборудования
- 3) Протестировать ультразвуковой датчик и двигатели робота
- 4) Выполнить задание

4 В зависимости от результата анализа сделать выводы и оформить отчет о проделанной лабораторной работе.

### **Практическое задание**

1 Произведите первоначальную настройку и тестирование аппаратных и программных средств в соответствии с пунктами методического указания к лабораторной работе «Знакомство с мобильной платформой «NI LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0»

2 Запустите «LabVIEW 2015», а затем создайте новый проект «Robotics Project». Сохраните этот проект. Как только проект будет создан, он автоматически создаст и откроет «Starter Kit Roaming VI».

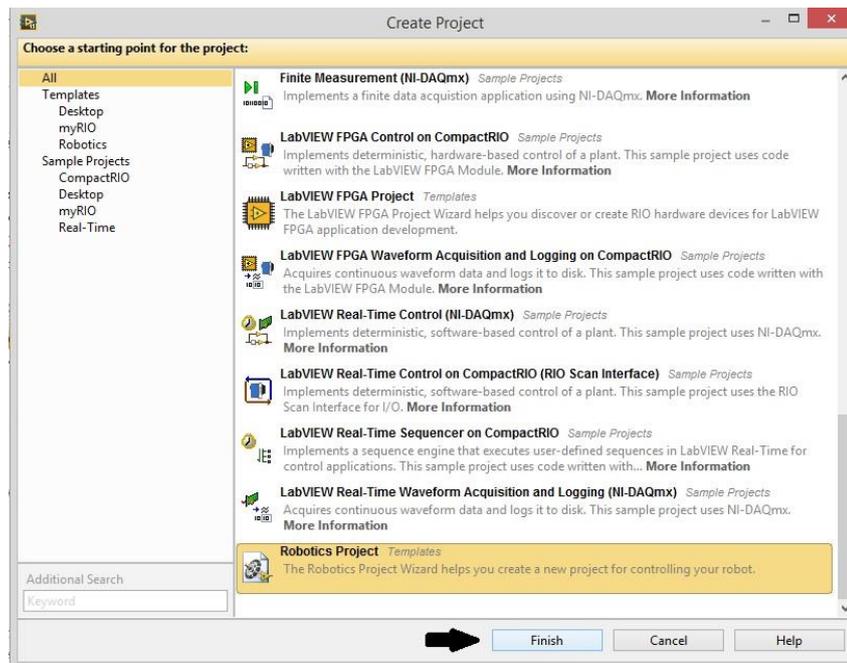


Рисунок 1

3 В окне проводника проекта создайте новый виртуальный прибор (далее ВП). Сохраните этот ВП.

4 Необходимо создать ВП, который заставит робота двигаться вперед и при обнаружении объекта, с помощью ультразвукового датчика «Parallax PING»)), на расстояние одного метра будет осуществлена остановка двигателей мобильной платформы. Для начала добавьте на блок-диаграмму структуру «Timed Loop», перейдите в палитру «Structures >> Timed Structures». Также добавьте кнопку «Stop».

5 Далее добавьте диаграмму «Waveform chart» на переднюю панель, для отображения расстояния до объекта.

6 На блок-диаграмме поместите элемент «Open FPGA» и выберете битфайл для дальнейшей работы в пути «C:\Program Files (x86) \National Instruments\LabVIEW 2015\vi.lib\robotics\Starter Kit\FPGA Bitfiles»

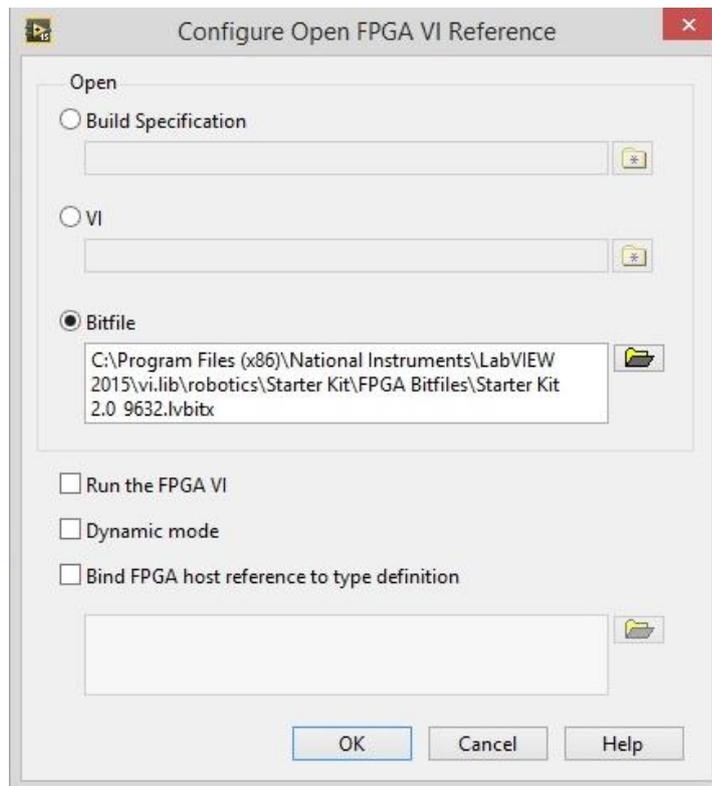


Рисунок 2

7 Теперь из палитры FPGA выберите «FPGA Read / Write VI» и поместите его внутри структуры «Timed Loop».

8 Поместите элемент «Close FPGA VI Reference» за пределы структуры «Timed Loop».

9 Для создания условия выполнения цели необходимо использовать «Case Structure», которая находится в палитре «Structures». Case позволяет осуществить выбор одного из двух (или более) случаев, и выполнить в зависимости от этого выбора нужную подпрограмму. «Case structure» похожа на конструкцию «if...then...else» в обычных текстовых языках программирования.

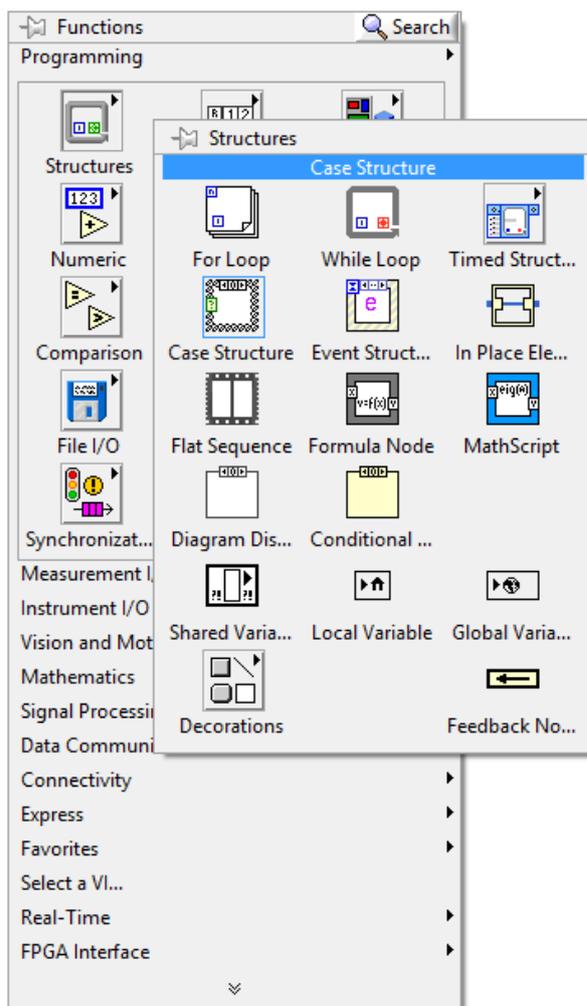


Рисунок 3

10 В «Case structure» в окно «True» поместите «FPGA Read / Write VI». Разместите элементы так как показано на рисунке 4.

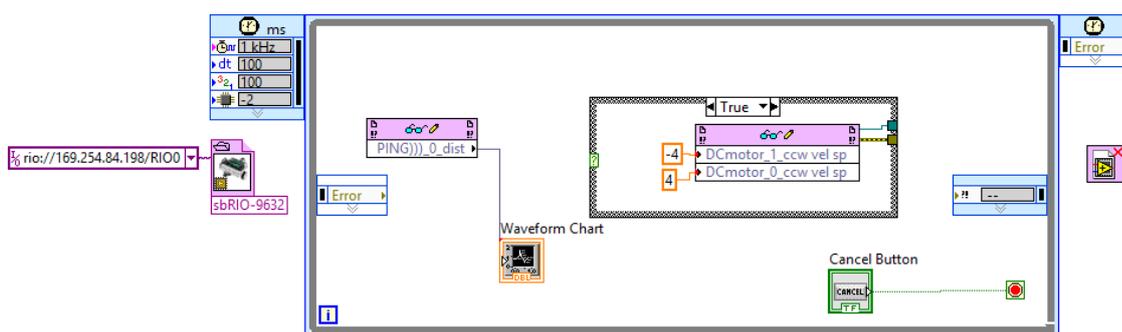


Рисунок 4

11 В окне «False» поместите элемент «FPGA Read / Write VI» со значение констант равных нулю. Это необходимо для того, чтобы робот перестал двигаться при данном условии.

12 Создайте условия для «Case structure» как показано на рисунке 5 и соедините все элементы.

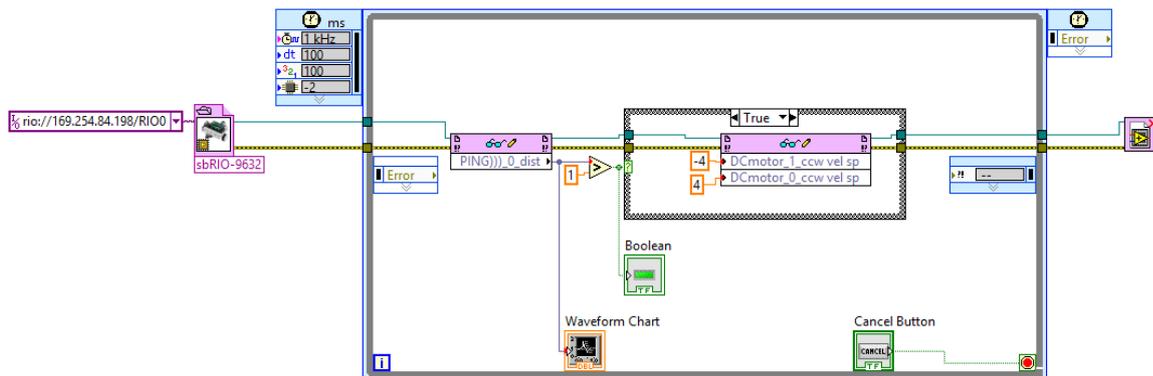


Рисунок 5

13 Сохраните ВП и запустите программу.

**Задание.** Создайте ВП для перемещения робота по лабиринту, используя ультразвуковой датчик и двигатели постоянного тока.

Каждый студент должен придумать собственный лабиринт и продемонстрировать полученный результат. Задание будет основано на ВП созданной ранее.