

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»  
Институт Математики и информационных технологий  
Кафедра компьютерных наук и экспериментальной математики

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Зав. кафедрой *КНЭМ*  
Клячин В.А.  
«\_\_» сентября 20\_\_ г.

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ на ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ  
ПРАКТИКУ (проектно-технологическая) на 2021 - 2022 год**

Студент	Курбанов Эльдар Ровшанович (ФИО)	МОСМ-201 (группа)
Руководитель практики от ВолГУ	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор, д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Ответственный за организацию практики от кафедры	Полубоярова Н.М. (ФИО)	доцент каф. КНЭМ, к.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Руководитель практики от профильной организации (предприятия) <sup>1</sup>	Полубоярова Н.М. (ФИО)	доцент каф. КНЭМ, к.ф.-м.н. (должность)
Место прохождения практики	Лаборатория «Математического и программного обеспечения ЭВМ» кафедры КНЭМ ИМИТ ФГАОУ ВолГУ (наименование учреждения, структурного подразделения)	
Сроки прохождения практики	с «15» апреля 2022 г.	по «28» апреля 2022 г.

1. Содержание и задания практики:

---

№ п/п	Этапы практики	Содержание работы и задания этапов	Коли- чество часов	Календар- ные сроки проведе- ния	Форма отчётности <sup>2</sup>
1	Подгото- витель- ный этап	Решение органи- зационных вопросов	10	15 апреля	собеседование
2	Ориенти- ровочный этап	Знакомство с базовой организацией практики, поставка задачи	18	16 апреля - 17 апреля	Собеседование. Постановка целей и задач практики (включается в отчёт)
3	Основной этап	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определение проблемы, объекта и предмета исследования,</li> <li>- постановка исследовательской задачи;</li> <li>- разработка инструментария исследования;</li> <li>- использование интерактивных и проектных технологий для реализации поставленной задачи</li> </ul>	60	18 апреля - 27 апреля	Письменный отчёт: комплексные ситуационные задания; анализ литературы; анализ аналогов по поставленной задаче; составление плана решения поставленной задачи; краткое описание хода выполнения поставленной задачи.
4	Заключи- тельный этап	Подготовка отчета по практике	20	28 апреля	Отчёт по практике

## 2. Планируемые результаты практики<sup>3</sup>:

*студент должен знать*: современные технологии проектирования и производства программного продукта; направления развития: компьютеров с традиционной (нетрадиционной) архитектурой; современных систем программных средств, операционных систем, операционных и сетевых оболочек, сервисных программ; тенденции развития функций и архитектур проблемно-ориентированных программных систем и комплексов в профессиональной деятельности; концептуальные положения функционального, логического, объектно-ориентированного и визуального направлений программирования, ме-

<sup>2</sup>Указывается форма отчётности для каждого этапа практики, например, научно-исследовательская работа, презентации, конспект занятия и т.д.

<sup>3</sup>заполняется в соответствии с программой практики

тоды, способы и средства разработки программ в рамках этих направлений; современные методы разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; основы по стандартам, нормам и правилами разработки технической документации программных продуктов и программных комплексов.

*студент должен уметь:* использовать современные технологии проектирования и производства ПО при создании программных продуктов; программировать для компьютеров с различной современной архитектурой; программировать в рамках функционального, логического, объектно-ориентированного направлений; разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; использовать стандарты, нормы и правила разработки технической документации при подготовке технической документации программных продуктов.

*студент должен владеть умениями:* применения современных технологий проектирования и производства ПО; оптимального выбора архитектуры и комплексирования современных компьютеров, систем, комплексов и сетей системного администрирования; разработки программ в рамках функционального, логического, объектно-ориентированного направлений; разработки и реализации алгоритмов их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; подготовки технической документации.

Студент	<hr/>	<hr/>
	(подпись)	(расшифровка подписи)
Руководитель практики от ВолГУ	<hr/>	<hr/>
	(подпись)	Полубоярова Н.М. (расшифровка подписи)
Ответственный за организацию практики от кафедры	<hr/>	<hr/>
	(подпись)	Клячин В.А. (расшифровка подписи)
Руководитель практики от профильной организации (предприятия) <sup>а</sup>	<hr/>	<hr/>
	(подпись)	Полубоярова Н.М. (расшифровка подписи)

---

<sup>а</sup>указывается в случае прохождения практики в профильной организации, в случае отсутствия не формируется в документе.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»  
Институт математики и информационных технологий  
Кафедра компьютерных наук и экспериментальной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой КНЭМ

Клячин В.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ОТЧЕТ

о прохождении производственной практики  
(проектно-технологическая)  
2021-2022 учебный год

Студент	Курбанов Эльдар Ровшанович (ФИО)	МОСМ-201 (группа)
Руководитель практики от ВолГУ	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор., д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Ответственный за организацию практики от кафедры	Полубоярова Н.М. (ФИО)	доцент каф. КНЭМ, к.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Руководитель практики от профильной организации (предприятия) <sup>4</sup>	Полубоярова Н.М. (ФИО)	руководитель лаборатории «Математического и программного обеспечения ЭВМ» (должность, ученое звание и степень)
Место прохождения практики	Лаборатория «Математического и программного обеспечения ЭВМ» кафедры КНЭМ ИМИТ ФГАОУ ВолГУ (наименование учреждения, структурного подразделения)	
Сроки прохождения практики	с «15» апреля 2022 г. по «28» апреля 2022 г.	

1. Ход выполнения практики

№ п/п	Этап практики	Дата	Описание выполненной работы	Отметки руководителя о выполнении
----------	------------------	------	--------------------------------	--

1	Подготовительный этап	15 апреля	Решение организационных вопросов	
2	Ориентировочный этап	16 апреля - 17 апреля	Знакомство с базовой организацией практики, постановка задачи	
3	Основной этап	18 апреля	определение проблемы, объекта и предмета исследования	
		19 апреля	постановка исследовательской задачи	
		20 апреля - 21 апреля	Разработка инструментария исследования	
		22 апреля - 27 апреля	Использование интерактивных и проектных технологий для реализации поставленной задачи	
4	Заключительный этап	28 апреля	Подготовка отчета по практике	

Студент \_\_\_\_\_  
(подпись)

Курбанов Э.Р.  
(расшифровка подписи)

**ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРАКТИКИ ОТ ПРОФИЛЬНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ (ПРЕДПРИЯТИЯ) О РАБОТЕ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ<sup>5</sup>**

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

(подпись)

(расшифровка подписи)

<sup>5</sup>Указывается в случае прохождения практики в профильной организации, в случае отсутствия не формируется в документе.

## This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

(по 100-бальной шкале)

Полубоярова Н.М.  


---

(расшифровка подписи)

Клячин В.А.  
(расшифровка подписи)

### Вступление

В ходе практики я работал над корректным подсчётом пройденного роботом расстоянием. Это позволит роботу самому оценивать его текущее местоположение на карте, выстраиваемой при помощи лазерного сканера LiDAR. Сам робот представляет собой платформу на двух гусеницах и оснащён двумя электродвигателями, драйвером, лазерным сканером и компьютером, управляющий процессом движения. Он изображён на Рисунке 1.



Рис. 1. Робот

Моей задачей стало исправление некорректного подсчёта числа оборотов колеса производимых на ведущей части гусеницы робота. Для успешного построения карты местности (пример изображён на Рисунке 2) при помощи лазерного сканера, изображённого на Рисунке 3 роботу необходимо решать задачу локализации в пространстве. Погрешностей в определении местоположения должно быть как можно меньше, они напрямую будут влиять на выстраиваемую карту местности. Будут возникать смещения или ещё хуже - артефакты<sup>7</sup>.

На данном роботе возможно реализовать три способа локализации в пространстве:

- 1) Анализ смещения облака точек;
- 2) Подсчёт одометрии;
- 3) Первые два способа вместе, корректирующие показатели друг друга.

---

<sup>6</sup>Приложения к отчету о прохождении практики: (приводятся материалы, указанные в индивидуальном плане на практику в графе «Форма отчетности», например, научно-исследовательская работа, презентации, конспект занятия и т.д.).

<sup>7</sup>объекты на карте, которых в реальности не существует



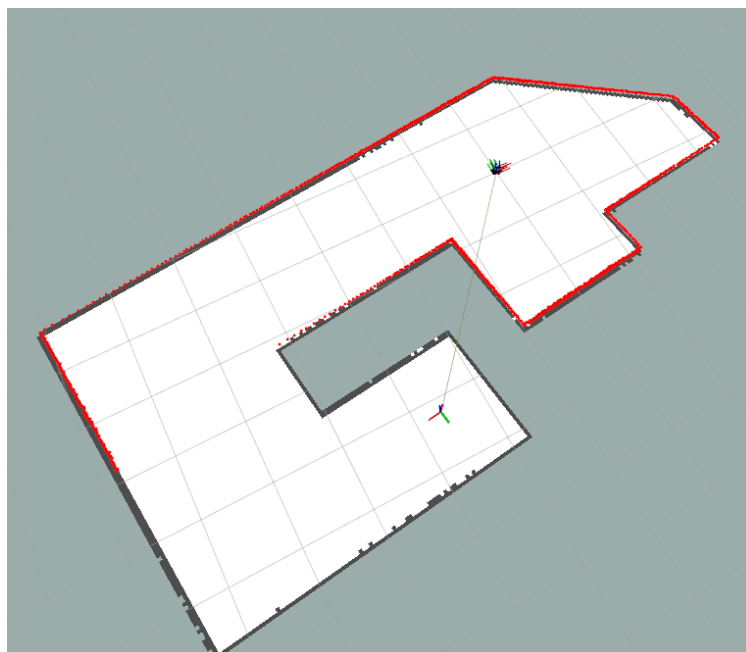


Рис. 2. Карта местности, построенная при помощи лазерного сканирования

Такие способы локализации, как триангуляция на основе заранее установленных радиомаяков и спутниковая связь Глонасс не рассматриваются ввиду требования полной автономности робота.

## Практика

Моей задачей является - "исправление расчета оборотов ведущего колеса гусенично-го шасси робота". На основе этих оборотов считается фактически пройденное роботом расстояние после применения команды движения в определённую сторону. Обнаружилось, что получаемые значения оборотов отличались от ожидаемых при высокой загрузке управляющего компьютера. Изначально исправлению подлежала только программная часть робота, однако в ходе работы выяснилось, что природа ошибки кроется в операционной системе робота.

Принцип получения показателей пройденного роботом расстояния следующий:

- Робот включается и инициализирует среду ROS<sup>8</sup>;
- Включается система навигации робота, которая требует лазерный сканер и текущее расстояние, пройденное гусеницами;
- Запускается лазерный сканер и происходит инициализация аппаратного интерфейса GPIO с цифровыми электрическими входами;
- Навигационная система по шине I<sup>2</sup>C даёт команду драйверам двигателя на движение;

---

<sup>8</sup>Robot Operating System



Рис. 3. Лазерный сканер YDLIDAR X4

- Датчики Холла, установленные на двигателях робота подают электрический сигнал 3.3 вольт в момент прохождения колесом одного оборота.
- Аппаратный интерфейс GPIO считывает данный сигнал и суммирует все такие обороты;
- На основе новых пройденных роботов подсчитывается пройденное роботом расстояние.

## 1 этап

Первоначально я посчитал, что причиной расхождения показателей является подвисание программы на каком-либо из циклов в программном коде и при высокой загрузке мы просто не успеваем исполнить код, отвечающий за чтение цифрового сигнала на интерфейсе GPIO. В таком случае вполне возможно мы могли недосчитать каких-то оборотов колеса и избавление от таких циклов станет решением проблемы.

Т.к. речь идёт о программном коде робота и мы имеем дело с Robot Operating System, оперирующей с входными данными, как с входящими в неё топиками, которые публикуют другие узлы, я нашёл какой узел отвечает за публикацию и суммирование текущих оборотов двигателя. Искать долго не пришлось, но никаких бесконечных циклов в коде узла и библиотеки Jetson.GPIO, которую он использует найдено не было. Каких-либо мест в коде, где исполнение узла могло бы застревать найдено не было.

Мною была выдвинута идея о том, что такие просчёты со стороны узла напрямую связаны с природой операционной системы Ubuntu, используемой на роботе. Данная

ОС не является системой, нацеленной на исполнение команд в режиме реального времени, а это значит, что в момент прохождения ведущим колесом робота датчика Холла мы не можем гарантировать квант времени от операционной системы на исполнение программы нашего узла, а значит не можем и гарантировать подсчёт всех оборотов колеса. Примерная схема такого подсчёта представлена на Рисунке 4

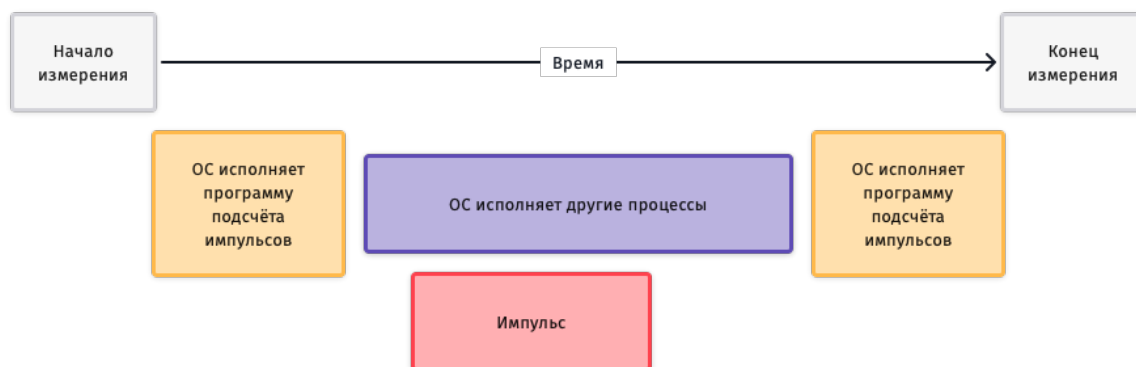


Рис. 4. Пример импульса, который не будет подсчитан программой

Заручившись поддержкой тематических интернет-форумов и своего научного руководителя, я приступил ко второму этапу...

## 2 этап

Выходом из данной ситуации стало бы использование операционной системы реального времени, такой как QNX<sup>9</sup>, но это стало не позволительной роскошью для данного робота в следствии отсутствия какой-либо рабочей реализации используемого фреймворка ROS для данной ОС, а также высокая стоимость лицензии.

По названным выше причинам было решено некоторый микроконтроллер, который удовлетворял следующим требованиям:

- 1) Принимает электрические сигналы в реальном времени без просчётов
- 2) Способна коммуницировать с Robot Operating System
- 3) Является компактным и энергоэффективным решением

Под эти требования отлично подошёл микроконтроллер Teensy 4.0 на базе 32 битного ARM процессора NXP MIMXRT1062DVL6A. Схематичное описание и внешний вид микрокомпьютера представлены на Рисунке

<sup>9</sup>QNX (произносится «кьюникс», «кью-эн-экс») — POSIX-совместимая операционная система реального времени, предназначенная преимущественно для встраиваемых систем. Считается одной из лучших реализаций концепции микроядерных операционных систем.

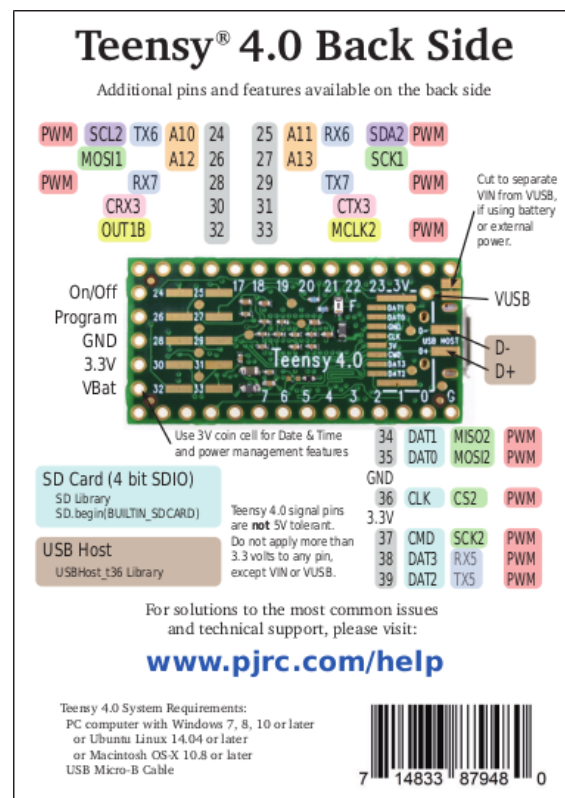
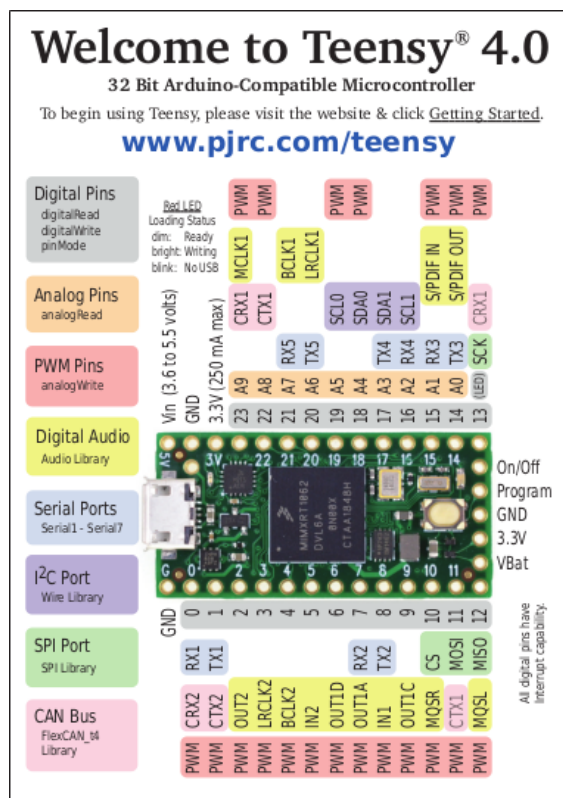


Рис. 5. Описание микрокомпьютера Teensy 4.0

К нему были подсоединены датчики холла и внешнее электропитание 5 вольт. В последствии планируется делегировать на данный микроконтроллер нагрузку, связанную с управлением драйвером электродвигателей робота.

После проверки цепей питания и удостоверившись в корректном прохождении сигналов к микроконтроллеру, я начал реализовывать программную часть.

### 3 этап

Для реализации программной части необходимо использовать систему разработки Arduino IDE с установленным дополнением TeensyDuino. Это позволяет использовать все библиотеки, доступные для Arduino доступными и для микроконтроллера Teensy 4.0.

Для коммуникации между основным компьютером NVIDIA Jetson Xavier NX и Teensy 4.0 было решено использовать предоставляемый фреймворком ROS инструмент rosserial. Данный инструмент позволяет при помощи Arduino-совместимой библиотеки и подключения по серийному порту наладить полноценную в рамках ROS коммуникацию в режиме реального времени без необходимости вручную описывать взаимодействие между двумя компьютерами.

Идея взаимодействия будет следующая:

- 1) На основном компьютере запускается ROS, который при помощи rosserial уста-

навливает соединение с Teensy

- 2) Микроконтроллер считает количество пришедших электрических сигналов
- 3) Каждый ROS цикл публикуется количество подсчитанных сигналов
- 4) Узел на стороне главного компьютера принимает и обрабатывает данные числа для подсчёта местоположения робота

Реализация скетча представлена в Листинге ...

Листинг 1. Формат сообщения nav\_msgs/Odometry

```
std_msgs/Header header
string child_frame_id
geometry_msgs/PoseWithCovariance pose
geometry_msgs/TwistWithCovariance twist
```

После завершения работы мои проверки не показали расхождений в значении подсчитанных оборотов ведущих колёс робота и я посчитал данную задачу завершённой.