

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.
 «01» сентября 2021 г.

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ на УЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ,
 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ
 ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
 РАБОТЫ) на 2021 - 2022 год**

Студент	Курбанов Эльдар Ровшанович (ФИО)	МОСМ-201 (группа)
Руководитель практики от ВолГУ	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, проф., д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Ответственный за организацию практики от кафедры	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, проф., д.ф.-м.н. (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 «01» сентября 2021 г. по «30» декабря 2021 г.	

1. Содержание и задания практики:

№ п/п	Этапы практики	Содержание работы и задания этапов	Коли- чество часов	Календар- ные сроки проведе- ния	Форма отчетности
1	Подгото- витель- ный этап	Решение органи- зационных вопросов	24	01.09.2021- 03.09.20.21	Собеседование

2	Ориенти- ровочный этап	Постановка задачи, выбор методов решения.	200	04.09.2021- 14.10.2021	Собеседование, письменный отчёт (часть)
3	Основной этап	Определение проблемы, объекта и предмета исследования, постановка ис- следовательской задачи; разработка инструментария исследования, использование интерактивных и проектных технологий; сбор и обработка полученных данных с использованием информацион- ных и компьютерных технологий.	400	15.10.2021- 27.12.2021	Письменный отчёт (часть).
4	Заключи- тельный этап	Подготовка отчета по практике. Представление научно- исследовательской работы.	24	28.12.2021- 30.12.2021	Письменный отчёт (оформление) о результатах НИР; представление НИР

2. Планируемые результаты практики:

студент должен знать: основы программирования и языков программирования, организации баз данных, системного программирования и компьютерного моделирования, соблюдения информационной безопасности; фундаментальные принципы прикладного и системного программирования.

студент должен уметь: использовать основы программирования и языков программирования, организации баз данных, системного программирования и компьютерного моделирования, соблюдения информационной безопасности в профессиональной деятельности; использовать знания в области прикладного и системного программирования в профессиональной деятельности.

студент должен владеть умениями: применения основ программирования и языков программирования, организации баз данных, системного программирования и компьютерного моделирования, соблюдения информационной безопасности при решении конкретных задач; разработки ПО.

Студент	<hr/>	Курбанов Э.Р.
	(подпись)	(расшифровка подписи)
Руководитель практики от ВолГУ	<hr/>	Клячин В.А.
	(подпись)	(расшифровка подписи)
Ответственный за организацию практики от кафедры	<hr/>	Клячин В.А.
	(подпись)	(расшифровка подписи)

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.
«01» сентября 2021 г.

ОТЧЕТ
О ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ,
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ
ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ)
на 2021 - 2022 учебный год

Студент	<u>Курбанов Эльдар Ровшанович</u> (ФИО)	<u>МОСМ-201</u> (группа)
Руководитель практики от ВолГУ	<u>Клячин В.А.</u> (ФИО)	<u>зав. кафедрой КНЭМ, проф., д.ф.-м.н.</u> (должность, ученое звание и степень)
Ответственный за организацию практики от кафедры	<u>Клячин В.А.</u> (ФИО)	<u>зав. кафедрой КНЭМ, проф., д.ф.-м.н.</u> (должность, ученое звание и степень)
Место прохождения практики	<u>Лаборатория «Математического и программного обеспечения ЭВМ» кафедры КНЭМ ИМИТ ФГАОУ ВолГУ</u> (наименование учреждения, структурного подразделения)	
Сроки прохождения практики	с «01» сентября 2021 г. по «30» декабря 2021 г.	

1. Ход выполнения практики

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

1	Подготовительный этап	01.09.2021-03.09.2021	Решение организационных вопросов: установочная конференция, знакомство с задачами и программой практики, требованиями к отчетной документации, инструктаж по технике безопасности.	
2	Ориентировочный этап	04.09.2021-14.10.2021	Постановка задачи, выбор методов решения, сбор и предварительная обработка исходных данных, знакомство с методами работы.	
3	Основной этап	15.10.2021-17.10.2021	Изучение и обобщение состояния проблемы в теории и современной отечественной и зарубежной практике.	
		18.10.2021-20.10.2021	Постановка исследовательской задачи. Введение.	
		21.10.2021-31.10.2021	Разработка инструментария исследования, использование интерактивных и проектных технологий.	
		01.11.2021-15.11.2021	Сбор и обработка полученных данных с использованием ИКТ. Описание анализа полученных данных. Глава 1.	
		16.11.2021-30.11.2021	Изучение выбранной технологии. Применение выбранной технологии к поставленной задаче. Глава 2.	
		01.12.2021-24.12.2021	Составление заданий для тестирования. Заключение и выводы.	
		25.12.2021-27.12.2021	Оформление научно-исследовательской работы.	

4	Заключи- тельный этап	28.12.2021- 30.12.2021	Подготовка отчета по практике. Представление научно-исследовательской работы.	
---	-----------------------------	---------------------------	--	--

Студент

(подпись)

Курбанов Э.Р.

(расшифровка подписи)

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРАКТИКИ ОТ УНИВЕРСИТЕТА

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 5-балльной шкале)

(по 100-бальной шкале)

(подпись)

Клячин В.А.
(расшифровка подписи)

(подпись)

Клячин В.А.

(расшифровка подписи)

Приложения¹

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 - артефакты².

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.

¹Приложения 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.).

²объекты на карте, которых в реальности не существует

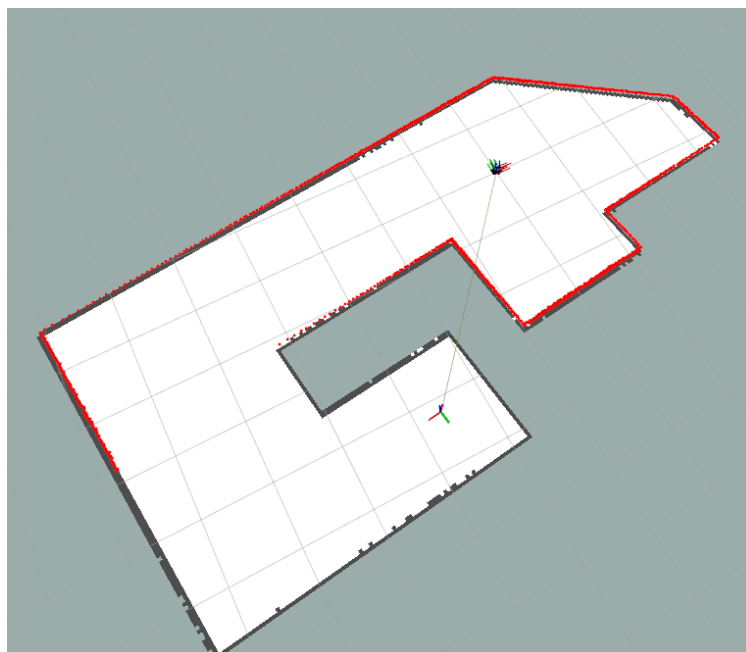


Рис. 2. Карта местности, построенная при помощи лазерного сканирования

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 ROS³;
- 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 I²C даёт команду драйверам двигателя на движение;

³Robot 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

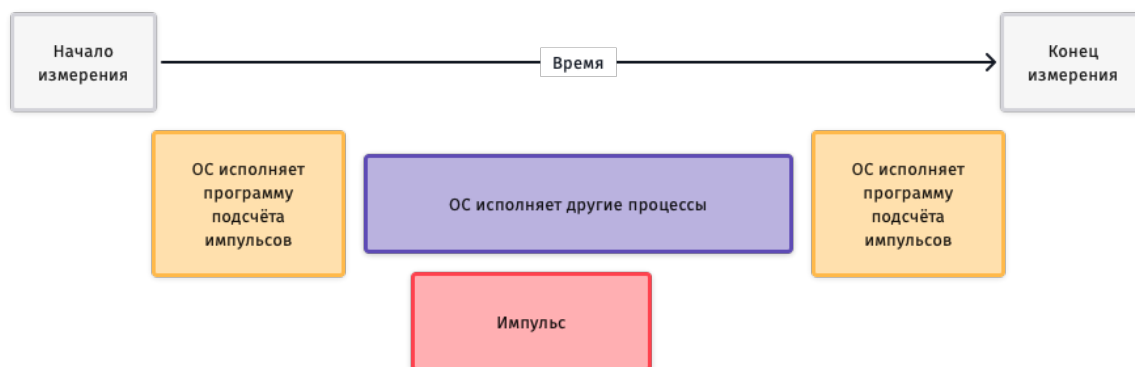


Рис. 4. Пример импульса, который не будет подсчитан программой

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 QNX⁴, 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

⁴QNX (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.

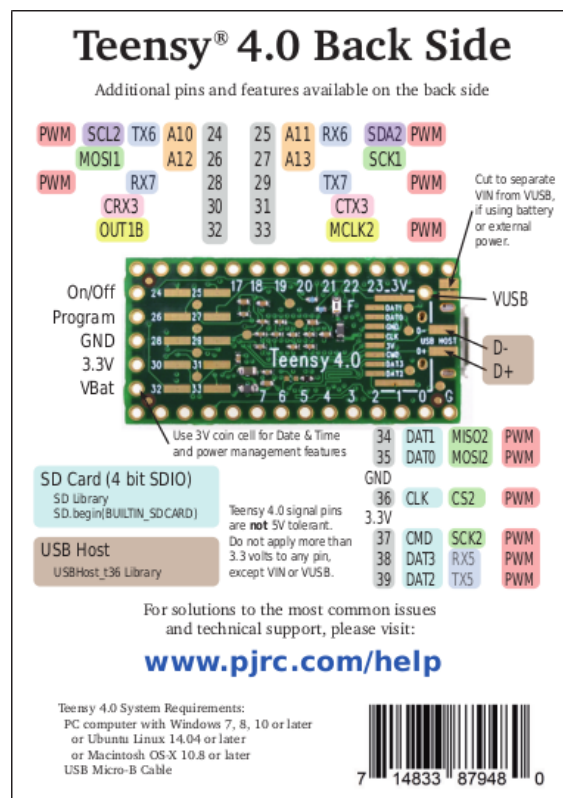
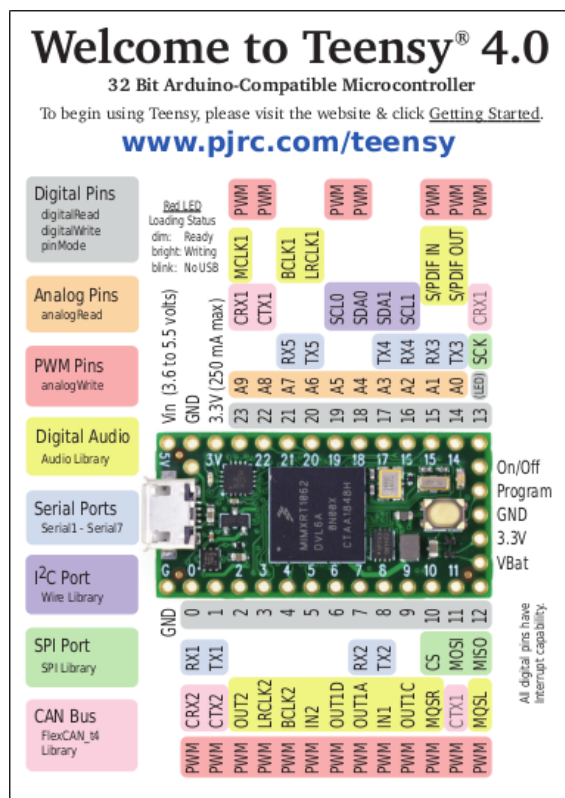


Рис. 5. Описание микрокомпьютера Teensy 4.0

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.