

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»

Московский приборостроительный техникум

Курсовой проект

ПМ.02. Осуществление интеграции программных модулей

МДК 02.01 Технологии разработки программного обеспечения

Специальность 09.02.07 «Информационные системы и
программирование»

Тема: «Разработка встроенного приложения с предиктивной
коррекцией ошибок управления (на примере ООО «Центр
инновационных разработок ВАО»)»

Пояснительная записка

Листов: 26

Руководитель _____ / Г.Ю. Волкова

«____» _____ 2022 г.

Исполнитель _____ / А.А. Дрюпин

«____» _____ 2022 г.

2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»
МОСКОВСКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по учебной работе

_____ Д.А. Клопов

« ____ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсового проекта (курсовой работы)

Дрюпину Андрею Александровичу

(фамилия, имя, отчество студента — полностью)

студенту группы П50-1-18 специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование» по МДК 02.01 «Технология разработки программного обеспечения»

1. Исходные данные к проекту (работе):

Тема: «Разработка встроенного приложения с предиктивной коррекцией ошибок управления (на примере ООО «Центр инновационных разработок ВАО»)».

1.1. Состав курсового проекта:

1.1.1. Задание КП

1.1.2. Пояснительная записка

1.1.3. Программа (исходные данные) на электронном носителе

1.2. Содержание пояснительной записки:

ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Цель разработки

1.2. Средства разработки

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Постановка задачи

2.1.1. Входные и выходные данные

2.1.2. Подробные требования к проекту

2.2. Внешняя спецификация

2.2.1. Описание задачи

2.2.2. Входные и выходные данные

2.2.3. Методы

2.2.4. Тесты

2.3. Проектирование

2.3.1. Схема архитектуры приложения

2.3.2. Структурная схема

2.3.3. Функциональная схема

2.3.4. Аппаратная схема

2.4. Результат работы программы

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Инструментальные средства

3.2. Отладка программы

3.3. Характеристики программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Текст программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Сценарии и результаты тестовых испытаний

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Руководство пользователя

2. Содержание задания по проекту (работе) — перечень вопросов, подлежащих разработке

	Разрабатываемый вопрос	Объем от всего задания, %	Срок выполнения
А	Описательная часть проекта (введение, общее описание и т. д.)		
1.	Введение		
2.	Цель разработки		
3.	Средства разработки		
Б	Анализ задачи и её постановка		
1.	Определение требований к программе		
2.	Спецификация программы (описание задачи, описание входных и выходных данных, методы)		
3.	Тесты		
В	Проектирование и реализация		
1.	Схемы проекта (схема архитектуры, логическая схема данных, физическая схема данных, функциональная и структурная схемы, аппаратная схема)		
2.	Реализация в инструментальной среде		
Г	Технологическая часть проекта		
1.	Инструментальные средства разработки		
2.	Отладка программа		
4.	Характеристика программы		
Д	Программная документация		
1.	Приложение А. Текст программы		
2.	Приложение Б. Сценарий и результаты тестовых испытаний		
3.	Приложение В. Руководство пользователя		
Е	Экспериментальная часть проекта		
1.	Программа на машинном носителе. Информация на носителе разбита на разделы: эксплуатационный пакет, тексты программы, документация.		

Руководитель курсового проекта (работы) Волкова Галина Юрьевна, преподаватель

«25» января 2022 года _____ / Г.Ю. Волкова /

Дата выдачи курсового задания «25» января 2022 года

Срок сдачи законченного проекта (работы) «12» апреля 2022 года

Задание принял к исполнению

«25» января 2022 года _____ / А.А. Дрюпин/

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	3
1.1. Цель разработки	3
1.2. Средства разработки	3
2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	5
2.1. Постановка задачи	5
2.2. Входные и выходные данные	5
2.3. Внешняя спецификация.....	6
2.3.1. Описание задачи.....	6
2.3.2. Входные и выходные данные	7
2.3.3. Методы	9
2.3.4. Тесты	11
2.4. Проектирование	12
2.4.1. Схема архитектуры программы.....	12
2.4.2. Структурная схема программы	13
2.4.3. Функциональная схема.....	14
2.4.4. Аппаратная схема.....	14
2.5. Результаты работы программы.....	16
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	17
3.1. Инструментальные средства разработки.....	17
3.2. Отладка программы	18
3.3. Характеристика программы	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	21
-------------------------------------	----

Приложение А. Текст программы.

Приложение Б. Сценарий и результаты тестовых испытаний.

Приложение В. Руководство пользователя

ВВЕДЕНИЕ

Робототехника в современном мире является достаточно важной его частью. Это сфера, совершенствованию которой уделяется особое внимание ввиду пользы, которую она приносит человечеству. Промышленность, медицина, военно-промышленный комплекс, сельское хозяйство – лишь немногие примеры сфер, где робототехнические механизмы нашли обширное применение. Однако робототехническая отрасль, несмотря на все достижения, не является совершенной, и имеет массу проблем самого разного плана. Одной из таких проблем - скорость смены полезной нагрузки. Для большинства платформ вспомогательное оборудование не является универсальным и время разработки и установки зависит от его сложности и функциональности. Одна из целей курсового проекта – спроектировать, разработать и запрограммировать универсальный интерфейс связи вспомогательного оборудования с ведущей платформой. Вторая цель курсового проекта – разработка предиктивной системы коррекции ошибок управления. Эта система является вспомогательной для оператора платформы и призвана максимально снизить человеческий фактор.

Универсальные платформы используются для проведения широкого спектра работ на территориях, опасных для человека. Используя быстрозаменяемое вспомогательное оборудование, оператор робота может осуществлять: обследование подозрительных вещей, извлечение людей из-под завалов, радиационный и химический контроль, забор проб воды и грунта. [\[2\]](#)

Было принято решение создать универсальный роботизированный аппаратно-программный комплекс для выполнения работ в условиях опасных и вредных факторов с возможностью быстрой замены полезной нагрузки.

Актуальность данной работы заключается в необходимости создания отечественной универсальной роботизированной платформы для использования его в гражданских (в том числе коммерческих) целях, требующих быстрой и легкой замены вспомогательной нагрузки на дистанционно-управляемых роботах. Проект особенно актуален для служб экстренного реагирования. [\[2\]](#)

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Цель разработки

Создать универсальный роботизированный аппаратно-программный комплекс для выполнения работ в условиях опасных и вредных факторов (опасность обрушения, радиационная, биологическая или химическая угроза, высокие температуры) с возможностью быстрой замены полезной нагрузки.

1.2. Средства разработки

В качестве средств разработки указаны программы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Программные средства

№	Тип средства	Название средства	Назначение
1	2	3	4
1	Текстовый редактор	Microsoft Word 2019 MSO (16.0.13530.20368)	Разработка документации, формирование отчетных документов
2	Инструментальное средство разработки программных решений	Visual Studio 2019 Community 16.8.4	Разработка десктоп приложения
3	Инструментальное средство разработки программных решений	Arduino IDE 1.8.10	Разработка встраиваемого приложения
4	Инструментальное средство разработки программных решений	Atmel Studio 4.19	Разработка встраиваемого приложения
5	Средство проектирования	Draw.io 2.0.9	Разработка схем для проектирования приложения
6	Средство логического анализа сигналов	Saleae Logic 2.3.45	Логический анализ сигналов
7	Операционная система	Microsoft Windows 10 Pro	Операционная система

В качестве средств вычислительной техники использовался персональный компьютер. Его характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические средства

№	Тип оборудования	Наименование оборудования
1	2	3
Ноутбук HP Envy x360 13-ar0010ur		
1	Размер экрана	13.3"
2	Разрешение экрана	1920x1080
3	Линейка процессора	AMD Ryzen 5 3500U
4	Количество ядер процессора	4
5	Оперативная память	8 ГБ
6	Тип видеокарты	встроенная
7	Видеокарта	AMD Radeon Vega 8
8	Конфигурация накопителей	SSD
9	Общий объем всех накопителей	128 ГБ

В качестве средств периферийной техники использовались устройства, приведённые в таблице 3.

Таблица 3 – Периферийные устройства

№	Наименование	Описание
1	2	2
1	Логический анализатор	Logic Pro 16
2	4-х канальный осциллограф	Hantek DSO4254C
3	Генератор сигналов	UNI-T UTG901C
4	AVR программатор	USBasp
5	AVR JTAG Debugger	AVR ISP II

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Постановка задачи

Разработать встроенное приложение для управления универсальной роботизированной платформой-носителем с предиктивной системой коррекции ошибок управления (на примере ООО «Центр инновационных разработок ВАО»).

В рамках курсового проекта ставится задача разработать и собрать образец автоматизированного универсального роботизированного комплекса, в который входит:

- 1) Универсальная платформа-носитель;
- 2) Универсальный интерфейс ввода/вывода для подключения полезной нагрузки.

2.2. Входные и выходные данные

Входные данные - поток данных, представляющий собой строку из ASCII символов, конвертируемые программой в структуру данных;

Выходные данные – поток данных, представляющий собой строку из ASCII символов.

2.2.1. Подробные требования к проекту

В качестве требований проекта необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработать аппаратную часть платформы-носителя;
- Реализовать подключение к управляющему компьютеру через радиоканал;
- Разработать SDK для сторонних разработчиков;
- Реализовать возможность передвижения платформы с заданной скоростью и направлением;
- Реализовать возможность передачи телеметрии на управляющий компьютер;

- Реализовать определение текущих физических координат платформы;
- Реализовать определение текущих пространственных координат;
- Реализовать систему предиктивную систему коррекции ошибок управления оператором;
- Продумать и реализовать программно-аппаратный интерфейс подключения внешней полезной нагрузки к платформе по технологии Plug and Play («Подключи и работай»).

2.3. Внешняя спецификация

2.3.1. Описание задачи

Робототехнический комплекс состоит из универсальной роботизированной платформы – носителя полезной нагрузки с интегрированным интерфейсом для подключения внешних устройств (рабочего инструмента), манипулятора с уникальной системой контроля перемещения и программного обеспечения, осуществляющего управление робототехнической системой как единым целым. Предполагается организация техподдержки и сервиса на территории России.

Основные технические параметры:

- Масса – 20 кг;
- Габаритные размеры – 400x250x110 мм
- Грузоподъемность – 15 кг;
- Максимальная скорость – 5 км/час;
- Максимальная дальность управления на прямой видимости – 1 км;
- Тип порта ввода/вывода – D-sub 15;
- Вид механического крепления полезной нагрузки –

универсальные рельсы;

- Время автономной работы – 40 минут;
- Предполагаемая цена разрабатываемой платформы-носителя – 400 тыс. руб.

Разработчик приложения скачивает приложение для станции управления, SDK для платформы и подключает скаченные библиотеки к своему проекту. Далее он создает новый объект класса платформы, содержащий все необходимые функции для работы с аппаратной частью. В самом начале необходимо провести инициализацию объекта, введя в аргументы метода функциональное название платформы и уникальный ключ, и провести инициализацию метода-обработчика команд с персонального компьютера. После первоначальной инициализации разработчик приложения пишет свою управляющую программу, используя методы класса платформы.

2.3.2. Входные и выходные данные

В Таблице 4 представлены входные данные, получаемые с компьютера.

Таблица 4 – Входные данные

№	Наименование	Тип	Ограничения	Формат ввода	Описание
1	2	3	4	5	6
1	move	[A-Z, a-z] {1,1}	Char	Пакет, передаваемый с компьютера на платформу	Направление движения
2	Speed	[0-9, ,] {1, 100}	Int		Скорость в процентах
3	Value	[A-Z, a-z] {1,1}	Char		Тип разгона
4	azimutloc	[0-9, ,] {1, 100}	Int		Азимут движения
5	Gpio1	[0-9 , ,] {1, 100}	Double		значение gpio1 masterLink (masterLink - универсальный интерфейс подключения)

№	Наименование	Тип	Ограничения	Формат ввода	Описание
1	2	3	4	5	6
					устройств)
6	Gpio2	[0-9 , ,] {1, 100}	Double		значение gpio2 masterLink (masterLink - универсальный интерфейс подключения устройств)
7	Gpio3	[0-9 , ,] {1, 100}	Double		значение gpio3 masterLink (masterLink - универсальный интерфейс подключения устройств)
8	Gpio4	[0-9 , ,] {1, 100}	Double		значение gpio4 masterLink (masterLink - универсальный интерфейс подключения устройств)
9	Systemstatus	[0-9 , ,] {1, 100}	Int		Статус системы
10	data	[A-Z, a-z] {1,256}	String		Дополнительные данные

В Таблице 5 представлены выходные данные, отправляемые на компьютер.

Таблица 5 – Выходные данные

№	Наименование	Тип	Ограничения	Формат ввода	Описание
1	2	3	4	5	6
1	Move	Char	[A-Z, a-z] {1,1}	Пакет, передаваемый с платформы на компьютер	Направление движения
2	speed	Int	[0-9 , ,] {1, 100}		Скорость в процентах
3	value	Char	[A-Z, a-z] {1,1}		Тип разгона
4	Lcurr	Double	[0-9 , ,] {1, 100}		Значение тока левого мотора
5	Rcurr	Double	[0-9 , ,] {1, 100}		Значение тока правого мотора
6	Accx	Double	[0-9 , ,]		Значение

№	Наименование	Тип	Ограничения	Формат ввода	Описание
1	2	3	4	5	6
			{1, 100}		акселерометра по оси x
7	Accy	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение акселерометра по оси y
8	Accz	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение акселерометра по оси z
9	Gyrox	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение гироскопа по оси x
10	Gyroy	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение гироскопа по оси y
11	Gyroz	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение гироскопа по оси z
12	Magx	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение магнетометра по оси x
13	Magy	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение магнетометра по оси y
14	Magz	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение магнетометра по оси z
15	Lan	String	[A-Z, a-z] {1,256}		Значение широты
16	Lon	String	[A-Z, a-z] {1,256}		Значение долготы
17	vbat	Double	[0-9 , .] {1, 100}		Значение напряжения батареи в вольтах
18	Exitd	int	[0-9] {1, 7}		Идентификатор внешнего устройства
19	exitstatus	int	[0-9] {1, 1}		Статус внешнего устройства

2.3.3. Методы

При разработке приложения для управления роботизированной платформы-носителем использовались следующие методы:

- Объектно-ориентированное программирование: работа с классами, методами и структурами;
- Данные, передаваемые платформой на компьютер

представлены на рисунке 1.

- Данные, передаваемые компьютером на платформу представлены на рисунке 2.

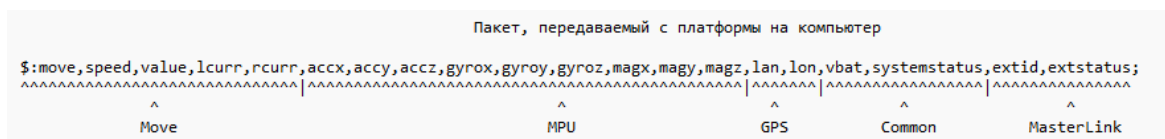


Рисунок 1 – Пакет Platform to PC

Аргументы пакета:

move - направление движения, char

speed - скорость в процентах, int

value - тип разгона, char

lcrr - значение тока левого мотора, double

rcrr - значение тока правого мотора, double

accx - значение акселерометра по оси x, double

accy - значение акселерометра по оси y, double

accz - значение акселерометра по оси z, double

gyroх - значение гироскопа по оси x, double

gyroy - значение гироскопа по оси y, double

gyroz - значение гироскопа по оси z, double

magx - значение магнетометра по оси x, double

magy - значение магнетометра по оси y, double

magz - значение магнетометра по оси z, double

lan - широта, string

lon - долгота, string

vbat - напряжение батареи в вольтах, double

extid - идентификатор внешнего устройства

extstatus - статус внешнего устройства, int

В получаемом пакете находятся значения с конкретных датчиков изменения которых, непосредственно отображаются в приложении.

Например, если значения «move» - направление движения платформы будет меняться, это означает что платформа меняет своё направление движения.

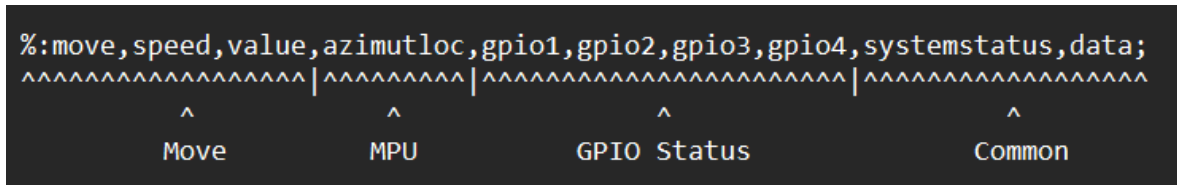


Рисунок 2 - Пакет PC to Platform

Аргументы пакета:

move - направление движения, char

speed - скорость в процентах, int

value - тип разгона, char

azimutloc - азимут движения, int

gpio1 - значение gpio1 masterLink, double

gpio2 - значение gpio2 masterLink, double

gpio3 - значение gpio3 masterLink, double

gpio4 - значение gpio4 masterLink, double

systemstatus - статус системы, int

data - Дополнительные данные, String

2.3.4. Тесты

После разработки приложения был отобран следующие виды тестирования:

Функциональное тестирование:

- Тестирование методом черного ящика;
- Метод «Входной двери» (Бинарное тестирование yes/no).

Тестирование производительности:

- Нагрузочное тестирование;
- Стресс тестирование.

Далее определившись с видами тестирования, был произведен ряд тестовых испытаний:

Тестирование методом черного ящика было применено при тестировании работоспособности функционала встроенного приложения для передачи команд на станцию управления.

Метод «Входной двери» применялся при тестировании работы приложения со станцией управления.

Нагрузочное тестирование - тестирование предназначено для проверки работоспособности системы при стандартных нагрузках и для определения максимально возможного пика, при котором система работает правильно.

Стресс тестирование - Тестирование предназначено для проверки работоспособности системы при нестандартных нагрузках и для определения максимально возможного пика, при котором система работает правильно. Так же предназначено для выявления результатов, при которых система переходит в нерабочее состояние.

Тестовые сценарий и результаты тестирования указаны в приложении Б «Результаты и сценарий тестовых испытаний».

2.4. Проектирование

2.4.1. Схема архитектуры программы

Схема архитектуры программы представлена на рисунке 3.

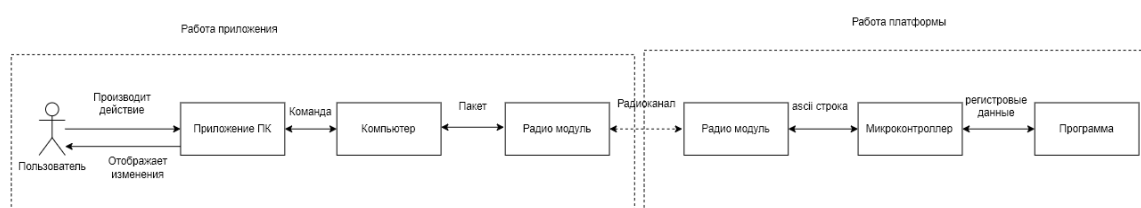


Рисунок 3 – Схема архитектуры программы

«Производит действие» - работа с приложением при помощи компьютерной мыши или клавиатуры;

«Команда» - работа приложения с ПК на аппаратном системном уровне;

«Пакет» - работа ПК с радио модулем на аппаратном уровне

периферии;

«Радиоканал» - обмен байтами по радиоканалу на частоте 443.920 МГц.

«ascii строка» - передача данных на уровне представления;

«Регистровые данные» - работа программы с микроконтроллером на уровне представления регистров;

«Отображает изменения» - пользователь видит изменения данных.

2.4.2. Структурная схема программы

Структурная схема программы представлена на рисунке 4.

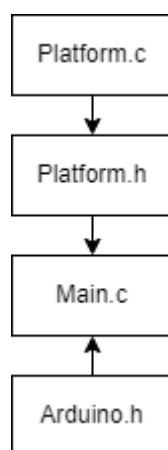


Рисунок 4– Структурная схема приложения

Описание модулей представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Описание модулей

№	Название модуля	Описание модуля
1	Main.c	Точка входа
2	Platform.h	Заголовочный файл библиотеки управления
3	Platform.c	Файл логики библиотеки управления
4	Arduino.h	Заголовочный файл вспомогательных функций платформы Ардуино

2.4.3. Функциональная схема

Функциональная схема программы представлена на рисунке 5.

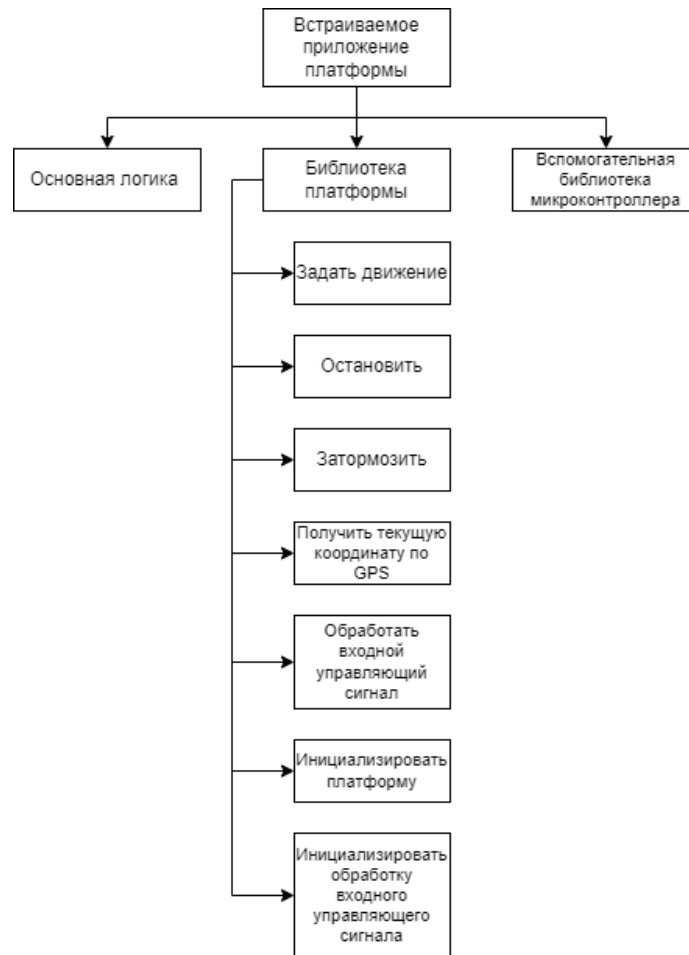


Рисунок 5 - Функциональная схема приложения

2.4.4. Аппаратная схема

Аппаратная структура платформы представлена на рисунке 6.

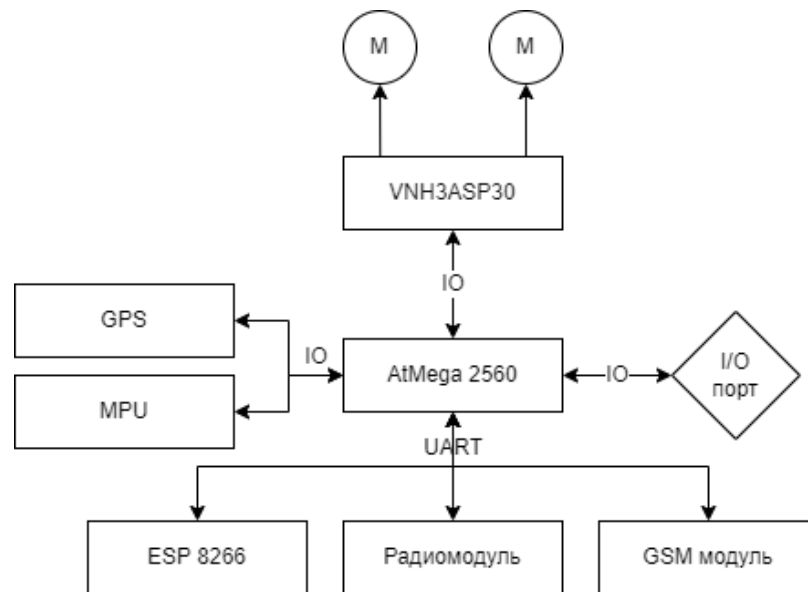


Рисунок 6 - Аппаратная схема

Описание компонентов:

AtMega2560 – AVR Микроконтроллер Atmel серии Mega;

М – Тяговый мотор;

VNH3ASP30 – Сдвоенный драйвер моторов;

GPS – GNSS модуль точных геокоординат;

MPU – Модуль отслеживания пространственных перемещений;

ESP 8266 – Модуль Wi-Fi;

Радиомодуль – Приемопередающий модуль для связи с ПК посредством защищенного радиоканала;

GSM модуль - Приемопередающий модуль для связи с ПК посредством передачи пакетов через станции подвижной связи (сотовая связь);

I/O Порт – Порт интерфейса MasterLink для связи с полезной нагрузкой.

2.5. Результаты работы программы

Так как у встраиваемого приложения нет интерфейса, на рисунке 7 приведены основные управляющие сигналы, полученные при помощи логического анализатора.

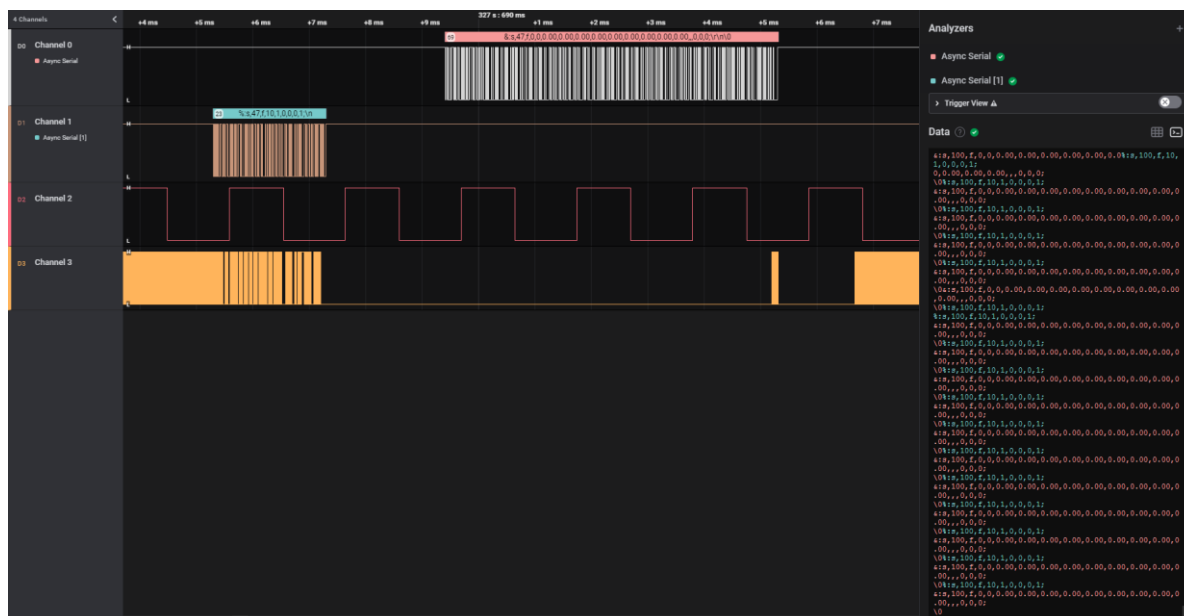


Рисунок 7- Основные сигналы платформы

Описание сигналов:

- Канал 0 – Исходящие данные от платформы
- Канал 1 – Входящий сигнал
- Канал 2 – Тактовый сигнал драйвера мотора
- Канал 3 – Отладочный сигнал векторов прерываний UART
- Время обработки полученного сигнала микроконтроллером: 2,1186 ms;
- Время работы прерывания UART: 9,999687 ms;
- Длительность отладочных сигналов между пакетами: 16 ns;

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Инструментальные средства разработки

Для разработки приложения использовалась среда разработки Arduino IDE, которая позволяет писать код на языке C++ и Wiring с встроенным компилятором под архитектуру AVR. Преимуществами данной среды разработки является удобный графический интерфейс, быстрая компиляция программного кода и возможность быстрого редактирования программного кода. Архитектура AVR была выбрана из-за простоты разработки под нее, легкой поддержки, а также из-за встроенной богатой периферии.

Для работы с сигналами использовался программно-аппаратный комплекс Saleae Logic PRO. Это один из немногих комплексов для работы с сигналами. Его преимуществами является информативный графический интерфейс, большая база предустановленных библиотек для анализа цифровых сигналов, большое количество входных каналов и скорость работы близкая к 1 ГГц.

Для работы с документацией использовался текстовый процессор, предназначенный для создания, просмотра и редактирования текстовых документов, с локальным применением простейших форм таблично-матричных алгоритмов. Выпускается корпорацией Microsoft в составе пакета Microsoft Office. Используемой версией является Microsoft Office Word 2016 для Windows. Его преимуществами являются большая функциональность, поддержка мультиоперационности, а также удобный интерфейс.

Для создания схем использовался векторный графический редактор «Draw.io», редактор диаграмм и блок-схем для различных операционных систем. Его преимуществом является Web-расположение, без необходимости установки.

В качестве операционной системы использовалась операционная

система для персональных компьютеров и рабочих станций, разработанная корпорацией Microsoft в рамках семейства Windows NT. Она является распространенной и проработанной.

3.2. Отладка программы

Основными ошибками были ошибки переполнения входного буфера UART, получение неточных координат GNSS, получение неправильных данных с датчиков.

Исправление данных ошибок проводилось путем сокращения количества отправляемых с рабочей станции оператора команд, ошибки GNSS путем программной перезагрузки модуля, а неточные данные с датчиков компенсировались при помощи различных фильтров значений.

3.3. Характеристика программы

Характеристика программы представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика программы

№	Название модуля	Описание модуля	Размер модуля	Кол-во строк
1	Main.c	Модуль основной логики	3 кб	34
2	Platform.h	Заголовочный файл библиотеки платформы	8 кб	99
3	Platform.c	Файл логики библиотеки платформы	18 кб	524
4	Arduino.h	Заголовочный файл вспомогательной библиотеки	10 кб	203

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложенном курсовом проекте стояла задача упростить работу в условиях опасных для человека, снизить вероятность получения травм, снизить вероятность получения вредных факторов, способных навредить здоровью человека на предприятиях. Опасность обрушения, радиационная, биологическая или химическая угроза, высокие температуры и т.д. все этими проблемы нам предстояло решить благодаря созданию универсальной платформы-носителя с возможностью быстрой замены полезной нагрузки.

На этапе анализа необходимо было продумать, как создать устройство, при помощи которого можно обезопасить нахождение на опасных для человека предприятиях. Далее был проанализирован рынок на наличие аналогов. Прямых аналогов предстоящей разработки не нашлось, а косвенные аналоги имели существенные недостатки, например такие как большая масса и габариты, отсутствие возможности замены полезной нагрузки «на ходу», отсутствие автономных режимов управления и гораздо большую стоимость.

После выявления необходимых требований и анализа поставленных задач предстояло спроектировать аппаратную часть и интерфейс подключения внешних устройств к платформе. Проектирование затрудняла задача автоматической перенастройки платформы внешним устройством под себя и необходимость использовать промышленные стандарты соединений, что успешно решилось использованием разъема D-SUB15 и разработкой встроенного программного модуля-программатора.

Разработка встроенной управляющей программы производилась на языке C++ с вставками ассемблерного кода для увеличения производительности и уменьшения конечного размера программы. Также были использованы аппаратные реализации протоколов UART, SPI, I2C

и блоков арифметики для ускорения работы программы и реализации вычислительного конвейера. Далее были написаны основные функции для взаимодействия с платформой по радиоканалу.

После разработки аппаратная и программная части были протестированы различными способами, включая тесты сигналов, анализ временных задержек, помехоустойчивость радиоканала, устойчивость к механическим воздействиям и устойчивость к ошибкам управления.

Выполненная задача отвечает поставленным методам, основными преимуществами программно-аппаратного комплекса являются: быстрая реакция на команды управления, интуитивное управление, позволяющее работать в визуальном режиме, подробная телеметрия позволяющая работать в полувизуальном режиме, а также работа с любыми типами полезной нагрузки. Из недостатков: отсутствие возможности работы в инструментальном режиме, отсутствие возможности работы по управляющей программе без перенастройки платформы, а также требуются минимальные навыки работы с промышленными роботами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

- 1) ГОСТ Р 7.0.5-2008 БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА. Общие требования и правила составления.
- 2) Дрюпин, Андрей Александрович НИОКР Разработка универсального робототехнического комплекса для выполнения работ в условиях опасных и вредных факторов, Москва, Умник, 2022
- 3) Avr-libc: Example using the two-wire interface (TWI) [Электронный ресурс] URL: https://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group_twi_demo.html (дата обращения 04.02.2022).
- 4) TWI on ATMEGA2560 | AVR Freaks [Электронный ресурс] URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/twi-atmega2560> (дата обращения 06.02.2022).
- 5) Электронная свободная энциклопедия [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C> (дата обращения 07.02.2022).
- 6) atmega microcontroller registers setting for i2C | AVR Freaks [Электронный ресурс] URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/atmega-microcontroller-registers-setting-i2c> (дата обращения 15.02.2022).
- 7) Atmega2560/i2c.h at master · JoshAshby/Atmega2560 [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/JoshAshby/Atmega2560> (дата обращения 02.03.2022).
- 8) ATmega2560: работа с UART [Электронный ресурс] URL: <http://microsin.net/programming/avr/atmega2560-working-with-uart.html> (дата обращения 02.03.2022).
- 9) Serial Communication using UART on ATMEGA2560 [Электронный ресурс] URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/serial-communication-using-uart-atmega2560> (дата обращения 03.03.2022).
- 10) Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V [Электронный ресурс] URL:

https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf (дата обращения 03.03.2022).

11) ATmega328PA [Электронный ресурс] URL: <https://files.amperka.ru/datasheets/ATmega328.pdf> (дата обращения 03.03.2022).

12) SPI on Arduino Mega not working in Assembler [Электронный ресурс] URL: <https://www.avrfreaks.net/forum/spi-arduino-mega-not-working-assembler> (дата обращения 04.03.2022).

13) avr-sbi-for-spi-ports-h [Электронный ресурс] URL: <https://stackoverflow.com/questions/40807274/avr-sbi-for-spi-ports-h-atmega2560> (дата обращения 06.03.2022).

14) ATmega2560 as an SPI slave [Электронный ресурс] URL: <https://rpc.gehennom.org/2013/09/atmega2560-as-an-spi-slave/> (дата обращения 08.03.2022).

15) Справка по Ассемблеру для Atmel AVR [Электронный ресурс] URL: <https://dfe.karelia.ru/koi/posob/avrlab/avrasm-rus.htm> (дата обращения 08.03.2022).

16) Первая программа для AVR микроконтроллера на Ассемблере [Электронный ресурс] URL: <https://ph0en1x.net/79-avr-asm-first-program-for-microcontroller.html> (дата обращения 10.03.2022).

17) Примеры на Ассемблере для микроконтроллеров Atmel AVR [Электронный ресурс] URL: https://smartep.ru/index.php?page=avr_asm_examples (дата обращения 16.03.2022).

18) <avr/interrupt.h>: Interrupts [Электронный ресурс] URL: https://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group_avr_interrupts.html (дата обращения 16.03.2022).

19) AVR External Interrupts [Электронный ресурс] URL:

https://exploreembedded.com/wiki/AVR_External_Interrupts

(дата

обращения 16.03.2022).

Приложение А. Текст программы

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведен текст программы встроенного приложения с предиктивной коррекцией ошибок управления.

В разделе «Текст программы» указано назначение программы, краткая характеристика области применения программы, описание модулей и их программный код.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ	3
1.1. Наименование программы	3
1.2. Область применения программы	3
1.3. Модули.....	3
1.4. Код программы	3

1. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ

1.1. Наименование программы

Наименование – программа встроенного приложения с предиктивной коррекцией ошибок управления.

1.2. Область применения программы

Программа должна эксплуатироваться в составе программно-аппаратного комплекса в виде платформы-носителя с универсальным интерфейсом связи «MasterLink». Конечными пользователями программы должны являться сотрудники с допуском работы на промышленном оборудовании с автоматическим управлением подвижными частями.

1.3. Модули

Таблица 1 - Модули.

№	Название модуля	Описание модуля	Размер модуля	Кол-во строк
1	PlatformMain.cpp	Модуль основной программы	1 кб	48
2	Platform.h	Заголовочный файл библиотеки Platform	8 кб	116
3	Platform.cpp	Модуль логики библиотеки Platform	15 кб	542
4	Arduino.h	Заголовочный файл библиотеки Arduino	10 кб	260

1.4. Код программы

1.4.1. PlatformMain.cpp

```
#include "Platform.h"

Platform platform;

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  Serial.begin(115200); //Debug
  Serial1.begin(9600); //GPS
  platform.begin("testPlatf", "8tegqHu6VZ");
  platform.initControlUARTData(platform, 34); //57600
  platform.initMPU();
}

void loop() {
  //while(1) { //Speed-up bug
  //PORTB |= (1 << 7); //13 test square generator
  //PORTB &= ~ (1 << 7); //13
```

```

//if (millis() % 100 == 0) {
//  delay(100);
//  platform.getMPUData();
//}

//EVERY_MS(300) {
//  test = !test;
//}
//digitalWrite(13, test);
//}

//platform.startBench();
//delay(500);
platform.getMPUData();
platform.getGPSData(&Serial1);
//platform.stopBench(&Serial);
}

/* TODO
  Получение вольтажа батареи
  Заполнение структуры данными MPU
  Конфигуратор GPIO, запись напрямую через текстовые команды и работа с интерфейсами через
  data в dataIncome

  Подумать над структурой библиотек
  uart провод 115200 23,944 ms
  uart радио 9600 1,1 ms примерно

  %:f,100,s,10,1,0,0,0,1;
*/

```

1.4.2. Platform.h

```

#pragma once
#include <Arduino.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <Wire.h>
#define _LIB_VERSION 1.0

#define DEBUGGYRO false
#define DEBUGACC false
#define DEBUGUART false
#define DEBUGGPS false

#define MPU6050_ADDRESS 0x68

#define BACKWARD 0 // определяем значение движения назад
#define FORWARD 1 // определяем значение движения вперед
#define LEFT 2 // определяем значение вращения против часовой стрелки
#define RIGHT 3 // определяем значение вращения по часовой стрелке
#define FORWARDLEFT 4 // определяем значение движения вперед и налево
#define FORWARDRIGHT 5 // определяем значение движения вперед и вправо
#define BACKWARDLEFT 6 // определяем значение движения назад и налево
#define BACKWARDRIGHT 7 // определяем значение движения назад и вправо

#define BRAKE 1 // определяем значение резкого тормоза
#define STOP 0 // определяем значение остановки
#define FAST 0 // определяем значение резкого разгона
#define SLOW 1 // определяем значение плавного разгона

const uint8_t inApin[2] = {7, 4}; // определяем выводы ключей А
const uint8_t inBpin[2] = {8, 9}; // определяем выводы ключей В
const uint8_t pwmPin[2] = {5, 6}; // определяем выводы ШИМ

```



```
const uint8_t cspin[2] = {A2, A3}; // определяем выводы считывания тока
const uint8_t enpin[2] = {A0, A1}; // определяем выводы состояния ключей АВ. Ключи открываются,
если притянуть к 0
```

```
struct DataIncome {                                     // Структура данных, приходящих с ПК по UART
    char move;
    uint8_t speed;
    char value;
    uint8_t azimuthloc;
    uint8_t gpio1 = 0;
    uint8_t gpio2 = 0;
    uint8_t gpio3 = 0;
    uint8_t gpio4 = 0;
    uint8_t systemstatus = 0;
    String data;
};
```

```
struct DataOutcome {                                   // Структура данных, исходящих по UART
    char move;
    uint8_t speed;
    char value;
    uint16_t lcurr;
    uint16_t rcurr;
    float accx;
    float accy;
    float accz;
    float gyrox;
    float gyroy;
    float gyroz;
    float magx;
    float magy;
    float magz;
    String lan;
    String lon;
    uint8_t vbat;
    uint16_t extid = 0;
    uint8_t extstatus = 0;
};
```

```
class Platform { // класс Platform
public:
    DataIncome controlDataIn;
    DataOutcome controlDataOut;

    String GPSTimestamp = "";
    String GPSLatitude = "";
    String GPSLongitude = "";

    //MPU6050 sensor
    volatile float AccX, AccY, AccZ;
    volatile float GyroX, GyroY, GyroZ;
    volatile float AccErrorX, AccErrorY, GyroErrorX, GyroErrorY, GyroErrorZ;
    volatile float Temperature;
    volatile int MPU_Calib_Counter = 0;
    volatile float AccDivider, GyroDivider = 0;

    Platform();
    void begin(String name, String key);

    //Movements section
    void makeMove(uint8_t direction, uint8_t speed, uint8_t acceleration);
    void brake(uint8_t mode);

    //Telemetry section
```

```

bool initControlUARTData(Platform platform, int baudrate);
void getControlUARTData(void);
uint8_t readBatVoltage(); // Need to create method int
bool getGPSData(Stream* _serial);
void initMPU();
void getMPUData();

//Another useful functions
void startBench();
void stopBench(Stream* _serial);
float convertRawCoordinatesToDegrees(float RawDegrees);
void I2Cread(uint8_t Address, uint8_t Register, uint8_t Nbytes, uint8_t* Data);
void I2CwriteByte(uint8_t Address, uint8_t Register, uint8_t Data);

private:
String PlatformKey = ""; // Приватный ключ платформы
String PlatformName = ""; // Имя платформы
String stringUARTCommand = ""; // Переменная сбора принятых символов в строку
volatile bool startedUARTCommandRecieve; // переменная начала приема командных данных по uart
volatile uint8_t indexUARTCommand = 0; // Индекс принятого аргумента командного режима
};

```

1.4.3. Platform.cpp

```

#include "Platform.h"

#define cbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) &= ~_BV(bit))
#define sbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) |= _BV(bit))

Platform ptf; //Class instance call

Platform::Platform() {} // конструктор

void Platform::begin(String name, String key) {
    PlatformName = name;
    PlatformKey = key;

    pinMode(7, OUTPUT); // выходы ключей A
    pinMode(4, OUTPUT); // выходы ключей A
    pinMode(8, OUTPUT); // выходы ключей B
    pinMode(9, OUTPUT); // выходы ключей B
    pinMode(5, OUTPUT); // выходы ШИМ
    pinMode(6, OUTPUT); // выходы ШИМ
    pinMode(A0, INPUT); // выходы датчиков тока
    pinMode(A1, INPUT); // выходы датчиков тока

    sbi(TCCR3A, COM3A1); //PWM
    sbi(TCCR4A, COM4A1);

    controlDataIn.systemstatus = 1;
}

void Platform::makeMove(uint8_t direction, uint8_t speed, uint8_t acceleration) {
    uint8_t dividerForRightMotor = 0;
    uint8_t dividerForLeftMotor = 0;

    PORTH &= ~(1 << 4); //7, LOW A
    PORTG &= ~(1 << 5); //4, LOW A
    PORTH &= ~(1 << 5); //8, LOW B
    PORTH &= ~(1 << 6); //9, LOW B

    switch (direction) {
        case 0:
            PORTH |= (1 << 4); //7, HIGH A

```

```

    PORTH |= (1 << 6); //9, HIGH B
    break;
case 1:
    PORTG |= (1 << 5); //4, HIGH A
    PORTH |= (1 << 5); //8, HIGH B
    break;
case 2:
    PORTH &= ~(1 << 4); //7, LOW A
    PORTH |= (1 << 5); //8, HIGH B

    PORTG &= ~(1 << 5); //4, LOW A
    PORTH |= (1 << 6); //9, HIGH B
    break;
case 3:
    PORTH |= (1 << 4); //7, HIGH A
    PORTH &= ~(1 << 5); //8, LOW B

    PORTG |= (1 << 5); //4, HIGH A
    PORTH &= ~(1 << 6); //9, LOW B
    break;
case 4:
    PORTG |= (1 << 5); //4, HIGH A
    PORTH |= (1 << 5); //8, HIGH B

    dividerForRightMotor = 5;
    dividerForLeftMotor = 0; //Decrease left speed
    break;
case 5:
    PORTG |= (1 << 5); //4, HIGH A
    PORTH |= (1 << 5); //8, HIGH B

    dividerForRightMotor = 0; //Decrease right speed
    dividerForLeftMotor = 5;
    break;
case 6:
    PORTH |= (1 << 4); //7, HIGH A
    PORTH |= (1 << 6); //9, HIGH B

    dividerForRightMotor = 5;
    dividerForLeftMotor = 0; //Decrease left speed
    break;
case 7:
    PORTH |= (1 << 4); //7, HIGH A
    PORTH |= (1 << 6); //9, HIGH B

    dividerForRightMotor = 0; //Decrease right speed
    dividerForLeftMotor = 5;
    break;
}

/*if(acceleration == 1) {
    for(uint16_t i = 0; i <= map(speed, 0, 100, 0, 255); i++) { //Не работает. работает. да...
        analogWrite(pwmpin[0], i);
        analogWrite(pwmpin[1], i);
        delay(10);
    }
}
else {*/

OCR3A = map(speed<5?speed:speed-dividerForRightMotor, 0, 100, 0, 255); // set pwm duty
OCR4A = map(speed<5?speed:speed-dividerForLeftMotor, 0, 100, 0, 255);

//}
}

```

```

void Platform::brake(uint8_t mode) {
    if (mode == 1) {
        OCR3A = 0; // set pwm duty
        OCR4A = 0;

        //Резко тормозим, замыкая обмотки
        PORTH |= (1 << 4); //7, HIGH
        PORTG |= (1 << 5); //4, HIGH
        PORTH |= (1 << 5); //8, HIGH
        PORTH |= (1 << 6); //9, HIGH

        delay(50);

        //Возвращаем ключи в нулевое состояние
        PORTH &= ~ (1 << 4); //7, LOW
        PORTG &= ~ (1 << 5); //4, LOW
        PORTH &= ~ (1 << 5); //8, LOW
        PORTH &= ~ (1 << 6); //9, LOW
    }
    else {
        OCR3A = 0; // set pwm duty
        OCR4A = 0;

        //Мягко тормозим по инерции
        PORTH &= ~ (1 << 4); //7, LOW
        PORTG &= ~ (1 << 5); //4, LOW
        PORTH &= ~ (1 << 5); //8, LOW
        PORTH &= ~ (1 << 6); //9, LOW
    }
}

//Telemetry section

bool Platform::initControlUARTData(Platform platform, int baudrate) {
    UCSR2A = 1 << U2X1; //UCSR2A = 1 << U2X1 for 115200
    // assign the baud_setting, a.k.a. ubrr (USART Baud Rate Register)
    /* Set baud rate */
    UBRR2H = baudrate >> 8;
    UBRR2L = baudrate;

    //Разрешение на прием и на передачу через USART, прерывания по поступлению и по опустошению
    UCSR2B = (1 << RXCIE2) | (1 << TXCIE2) | (1 << RXEN2) | (1 << TXEN2);
    UCSR2C = (1 << UCSZ21) | (1 << UCSZ20); //размер слова 8 разрядов
    sei();

    ptf = platform;
    return true;
}

ISR(USART2_RX_vect) { //ISR UART2 handler
    ptf.getControlUARTData();
}

void Platform::getControlUARTData(void) {
    while ( !(UCSR2A & (1 << RXC2)) );
    char incomingByte = UDR2; // обязательно ЧИТАЕМ входящий символ
    if (startedUARTCommandRecieve) { // если приняли начальный символ (парсинг разрешён)
        if (incomingByte != ',' && incomingByte != ';') { // если это не пробел И не конец
            stringUARTCommand += incomingByte; // складываем в строку
        } else { // если это пробел или ; конец пакета
            switch (indexUARTCommand) {

```

```

case 0:
    controlDataIn.move = stringUARTCommand[1];
    break;
case 1:
    controlDataIn.speed = stringUARTCommand.toInt();
    break;
case 2:
    controlDataIn.value = stringUARTCommand[0];
    break;
case 3:
    controlDataIn.azimuthloc = stringUARTCommand.toInt();
    break;
case 4:
    controlDataIn.gpio1 = stringUARTCommand.toFloat();
    break;
case 5:
    controlDataIn.gpio2 = stringUARTCommand.toFloat();
    break;
case 6:
    controlDataIn.gpio3 = stringUARTCommand.toFloat();
    break;
case 7:
    controlDataIn.gpio4 = stringUARTCommand.toFloat();
    break;
case 8:
    controlDataIn.systemstatus = stringUARTCommand.toInt();
    break;
case 9:
    controlDataIn.data = stringUARTCommand;
    break;
}
stringUARTCommand = "";           // очищаем строку
indexUARTCommand++;               // переходим к парсингу следующего элемента массива
}
}
if (incomingByte == '%') {        // если это $
    startedUARTCommandRecieve = true;    // поднимаем флаг, что можно парсить
    indexUARTCommand = 0;                // сбрасываем индекс
    stringUARTCommand = "";              // очищаем строку
}
if (incomingByte == ';') {        // если таки приняли ; - конец парсинга
    startedUARTCommandRecieve = false;    // сброс

    controlDataOut.move = controlDataIn.move; //Заполняем структуру и передаем её
    controlDataOut.speed = controlDataIn.speed;
    controlDataOut.value = controlDataIn.value;
    controlDataOut.lcurr = analogRead(cspin[1]) * 0.038; //Current in Amps
    controlDataOut.rcurr = analogRead(cspin[0]) * 0.038;
    // controlDataOut.accx = AccX;
    // controlDataOut.accy = AccY;
    // controlDataOut.accz = AccZ;
    // controlDataOut.gyrox = GyroX;
    // controlDataOut.gyroy = GyroY;
    // controlDataOut.gyroz = GyroZ;
    controlDataOut.magx = 0;
    controlDataOut.magy = 0;
    controlDataOut.magz = 0;
    controlDataOut.lan = GPSPLatitude;
    controlDataOut.lon = GPSPLongitude;
    controlDataOut.vbat = 0;
    controlDataOut.extid = 0;
    controlDataOut.extstatus = 0;

    //Serial.println(ptf.controlDataOut.gyrox);

```

```

String outgoingDataString = "&:" + String(controlDataOut.move) + "," + String(controlDataOut.speed) +
", " + String(controlDataOut.value) + "," + String(controlDataOut.lcurr) + "," + String(controlDataOut.rcurr)
+ "," + String(controlDataOut.accx) + "," + String(controlDataOut.accy) + "," + String(controlDataOut.accz)
+ "," + String(controlDataOut.gyrox) + "," + String(controlDataOut.gyroy) + "," +
String(controlDataOut.gyroz) + "," + String(controlDataOut.magx) + "," + String(controlDataOut.magy) +
", " + String(controlDataOut.magz) + "," + controlDataOut.lan + "," + controlDataOut.lon + "," +
String(controlDataOut.vbat) + "," + String(controlDataOut.extid) + "," + String(controlDataOut.extstatus) +
";\r\n";
//String outgoingDataString = "&:" + PlatformName + "," + String(controlDataOut.move) + "," +
String(controlDataOut.speed) + "," + String(controlDataOut.value) + "," + String(controlDataOut.lcurr) + ","
+ String(controlDataOut.rcurr) + "," + String(controlDataOut.accx) + "," + String(controlDataOut.accy) + ","
+ String(controlDataOut.accz) + "," + String(controlDataOut.gyrox) + "," + String(controlDataOut.gyroy) +
", " + String(controlDataOut.gyroz) + "," + String(controlDataOut.magx) + "," +
String(controlDataOut.magy) + "," + String(controlDataOut.magz) + "," + controlDataOut.lan + "," +
controlDataOut.lon + "," + String(controlDataOut.vbat) + "," + String(controlDataOut.extid) + "," +
String(controlDataOut.extstatus) + ";r\n";

for (uint32_t i = 0; i <= strlen(outgoingDataString.c_str()); ++i) {
    /* Wait for empty transmit buffer */
    while ( !( UCSR2A & (1 << UDRE2)) );
    /* Put data into buffer, sends the data */
    UDR2 = outgoingDataString[i];
}

switch (controlDataIn.move) {
case 'f':
    makeMove(FORWARD, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'b':
    makeMove(BACKWARD, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'l':
    makeMove(LEFT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'r':
    makeMove(RIGHT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'a':
    makeMove(FORWARDLEFT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'c':
    makeMove(FORWARDRIGHT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'd':
    makeMove(BACKWARDLEFT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 'e':
    makeMove(BACKWARDRIGHT, controlDataIn.speed, (controlDataIn.value == 'f') ? FAST : SLOW);
    break;
case 's':
    brake(STOP);
    break;
}
}
}

bool Platform::getGPSData(Stream* _serial) {
    String stringGPS = "";
    if (_serial->available() > 0) {
        stringGPS = _serial->readStringUntil(13); //NMEA data ends with 'return' character, which is ascii(13)
        stringGPS.trim(); // they say NMEA data starts with "$", but the Arduino doesn't think so.
        //Serial.println(stringGPS); //All the raw sentences will be sent to monitor, if you want them, maybe
        to see the labels and data order.
    }
}

```

```

//Start Parsing by finding data, put it in a string of character array, then removing it, leaving the rest of the
sentence for the next 'find'
if (stringGPS.startsWith("$GPGLL") || stringGPS.startsWith("$GLGLL") ||
stringGPS.startsWith("$GAGLL") || stringGPS.startsWith("$BDGLL") || stringGPS.startsWith("$GQGLL") ||
stringGPS.startsWith("$GNGLL")) { //I picked this sentence, you can pick any of the other labels and
rearrange/add sections as needed.
    //Serial.println(stringGPS);    // display raw GLL data in Serial Monitor
    // mine looks like this: "$GPGLL,4053.16598,N,10458.93997,E,224431.00,A,D*7D"

    //This section gets repeated for each delimited bit of data by looking for the commas
    //Find Latitude is first in GLL sentence, other sentences have data in different order
    int Pos = stringGPS.indexOf(','); //look for comma delimeter
    stringGPS.remove(0, Pos + 1); // Remove Pos+1 characters starting at index=0, this one strips off
"$GPGLL" in my sentence
    Pos = stringGPS.indexOf(','); //looks for next comma delimeter, which is now the first comma because I
removed the first segment
    char Lat[Pos];                //declare character array Lat with a size of the dbit of data
    for (int i = 0; i <= Pos - 1; i++) { // load charcters into array
        Lat[i] = stringGPS.charAt(i);
    }
    //Serial.print(Lat);          // display raw latitude data in Serial Monitor, I'll use Lat again in a few lines for
converting
    //repeating with a different char array variable
    //Get Latitude North or South
    stringGPS.remove(0, Pos + 1);
    Pos = stringGPS.indexOf(',');
    char LatSide[Pos];           //declare different variable name
    for (int i = 0; i <= Pos - 1; i++) {
        LatSide[i] = stringGPS.charAt(i); //fill the array
        //Serial.println(LatSide[i]);    //display N or S
    }

    //convert the variable array Lat to degrees Google can use
    float LatAsFloat = atof (Lat);      //atof converts the char array to a float type
    float LatInDeg;
    if (LatSide[0] == char(78)) { //char(69) is decimal for the letter "N" in ascii chart
        LatInDeg = convertRawCoordinatesToDegrees(LatAsFloat); //call the conversion function (see below)
    }
    if (LatSide[0] == char(83)) { //char(69) is decimal for the letter "S" in ascii chart
        LatInDeg = -( convertRawCoordinatesToDegrees(LatAsFloat)); //call the conversion function (see
below)
    }
    GPSLatitude = String(LatInDeg, 8); //TEMP SOLUTION
    //Serial.println(LatInDeg, 15); //display value Google can use in Serial Monitor, set decimal point value
high
    //repeating with a different char array variable
    //Get Longitude
    stringGPS.remove(0, Pos + 1);
    Pos = stringGPS.indexOf(',');
    char Longit[Pos];             //declare different variable name
    for (int i = 0; i <= Pos - 1; i++) {
        Longit[i] = stringGPS.charAt(i); //fill the array
    }
    //Serial.print(Longit);        //display raw longitude data in Serial Monitor
    //repeating with a different char array variable
    //Get Longitude East or West
    stringGPS.remove(0, Pos + 1);
    Pos = stringGPS.indexOf(',');
    char LongitSide[Pos];         //declare different variable name
    for (int i = 0; i <= Pos - 1; i++) {
        LongitSide[i] = stringGPS.charAt(i); //fill the array
        //Serial.println(LongitSide[i]);    //display raw longitude data in Serial Monitor
    }
}

```

```

//convert to degrees Google can use
float LongitAsFloat = atof (Longit); //atof converts the char array to a float type
float LongInDeg;
if (LongitSide[0] == char(69)) { //char(69) is decimal for the letter "E" in ascii chart
    LongInDeg = convertRawCoordinatesToDegrees(LongitAsFloat); //call the conversion funcion (see
below
}
if (LongitSide[0] == char(87)) { //char(87) is decimal for the letter "W" in ascii chart
    LongInDeg = -(convertRawCoordinatesToDegrees(LongitAsFloat)); //call the conversion funcion (see
below
}
GPSLongitude = String(LongInDeg, 8); //TEMP SOLUTION
//Serial.println(LongInDeg, 15); //display value Google can use in Serial Monitor, set decimal point value
high
//repeating with a different char array variable
//Get TimeStamp - GMT
stringGPS.remove(0, Pos + 1);
Pos = stringGPS.indexOf(',');
char TimeStamp[Pos]; //declare different variable name
for (int i = 0; i <= Pos - 1; i++) {
    TimeStamp[i] = stringGPS.charAt(i); //fill the array
}
GPSTimestamp = TimeStamp; //TEMP SOLUTION
//Serial.print(TimeStamp); //display raw longitude data in Serial Monitor, GMT
Serial.println("");
}
}
return true;
}

void Platform::initMPU() {
    Wire.begin();
    Wire.setClock(400000);

    I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 29, 0x06); // Set accelerometers low pass filter at 5Hz !
    I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 26, 0x06); // Set gyroscope low pass filter at 5Hz !

    // Configure gyroscope range
    I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 27, 0x6B); GyroDevider = 131; //GYRO_FULL_SCALE_250_DPS !
    //I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 27, 0x08); GyroDevider = 65.5; //GYRO_FULL_SCALE_500_DPS
    //I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 27, 0x10); GyroDevider = 32.8;
    //GYRO_FULL_SCALE_1000_DPS
    // I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 27, 0x18); GyroDevider = 16.4;
    //GYRO_FULL_SCALE_2000_DPS

    // Configure accelerometers range
    I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 28, 0x00); AccDevider = 16384; //ACC_FULL_SCALE_2_G !
    //I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 28, 0x08); AccDevider = 8192; //ACC_FULL_SCALE_4_G
    //I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 28, 0x10); AccDevider = 4096; //ACC_FULL_SCALE_8_G
    //I2CwriteByte(MPU6050_ADDRESS, 28, 0x18); AccDevider = 2048; //ACC_FULL_SCALE_16_G

    while (MPU_Calib_Counter < 200) {
        uint8_t Buf[14];
        I2Cread(MPU6050_ADDRESS, 0x3B, 14, Buf);

        //Get values from sensor
        GyroX = -(Buf[0] << 8 | Buf[1]);
        GyroY = -(Buf[2] << 8 | Buf[3]);
        GyroZ = Buf[4] << 8 | Buf[5];

        // Sum all readings
        GyroErrorX = GyroErrorX + (GyroX / GyroDevider);
        GyroErrorY = GyroErrorY + (GyroY / GyroDevider);
    }
}

```



```

    GyroErrorZ = GyroErrorZ + (GyroZ / GyroDeviver);
    MPU_Calib_Counter++;
}

//Divide the sum by 200 to get the error value
GyroErrorX = GyroErrorX / 200;
GyroErrorY = GyroErrorY / 200;
GyroErrorZ = GyroErrorZ / 200;
MPU_Calib_Counter = 0;

while (MPU_Calib_Counter < 200) {
    uint8_t Buf[14];
    I2Cread(MPU6050_ADDRESS, 0x3B, 14, Buf);

    //Get values from sensor
    AccX = (Buf[8] << 8 | Buf[9]) / AccDeviver;
    AccY = (Buf[10] << 8 | Buf[11]) / AccDeviver;
    AccZ = (Buf[12] << 8 | Buf[13]) / AccDeviver;

    // Sum all readings
    AccErrorX = AccErrorX + ((atan((AccY) / sqrt(pow((AccX), 2) + pow((AccZ), 2))) * 180 / PI));
    AccErrorY = AccErrorY + ((atan(-1 * (AccX) / sqrt(pow((AccY), 2) + pow((AccZ), 2))) * 180 / PI));
    MPU_Calib_Counter++;
}

//Divide the sum by 200 to get the error value
AccErrorX = AccErrorX / 200;
AccErrorY = AccErrorY / 200;
MPU_Calib_Counter = 0;

#if DEBUGGYRO || DEBUGACC
    Serial.print(F("AccErrorX: "));
    Serial.println(AccErrorX);
    Serial.print(F("AccErrorY: "));
    Serial.println(AccErrorY);
    Serial.print(F("GyroErrorX: "));
    Serial.println(GyroErrorX);
    Serial.print(F("GyroErrorY: "));
    Serial.println(GyroErrorY);
    Serial.print(F("GyroErrorZ: "));
    Serial.println(GyroErrorZ);
#endif
}

void Platform::getMPUData() {
    uint8_t Buf[14];

    I2Cread(MPU6050_ADDRESS, 0x3B, 14, Buf); // Read accelerometer and gyroscope

    //Gyroscope
    GyroX = (Buf[0] << 8 | Buf[1]) / GyroDeviver;
    GyroY = (Buf[2] << 8 | Buf[3]) / GyroDeviver;
    GyroZ = (Buf[4] << 8 | Buf[5]) / GyroDeviver;

    // Correct the outputs with the calculated error values
    GyroX = GyroX + abs(GyroErrorX); // GyroErrorX ~(-0.56)
    GyroY = GyroY + abs(GyroErrorY); // GyroErrorY ~(2)
    GyroZ = GyroZ + abs(GyroErrorZ); // GyroErrorZ ~ (-0.8)

    //Temperature
    Temperature = (Buf[6] << 8 | Buf[7]) / 340.0 + 36.53;

    // Accelerometer
    AccX = (Buf[8] << 8 | Buf[9]) / AccDeviver;

```

```

AccY = (Buf[10] << 8 | Buf[11]) / AccDevider;
AccZ = (Buf[12] << 8 | Buf[13]) / AccDevider;

// Display values
ptf.controlDataOut.accx = AccX;
ptf.controlDataOut.accy = AccY;
ptf.controlDataOut.accz = AccZ;
ptf.controlDataOut.gyrox = GyroX;
ptf.controlDataOut.gyroy = GyroY;
ptf.controlDataOut.gyroz = GyroZ;
//Serial.println(ptf.controlDataOut.gyrox);

// Gyroscope
#ifdef DEBUGGYRO
Serial.print(F("GyroX: "));
Serial.println((int)GyroX, DEC);
Serial.print(F("GyroY: "));
Serial.println((int)GyroY, DEC);
Serial.print(F("GyroZ: "));
Serial.println((int)GyroZ, DEC);
Serial.println((int)Temperature, DEC);
#endif

// Accelerometer
#ifdef DEBUGACC
Serial.print(F("AccX: "));
Serial.println(AccX, DEC);
Serial.print(F("AccY: "));
Serial.println(AccY, DEC);
Serial.print(F("AccZ: "));
Serial.println(AccZ, DEC);
#endif

}

//Another useful functions
void Platform::startBench() {
  TCCR1A = 0x00;      // выключаем
  TCCR1B = 0x00;      // выключаем
  TCNT1 = 0x00;       // сброс счётчика
  TCCR1B = 0x01;      // запустить таймер
}

void Platform::stopBench(Stream* _serial) {
  TCCR1B = 0x00;      // остановить таймер
  uint32_t count = TCNT1 - 2; // минус два такта на действия

  _serial->print("ticks: ");
  _serial->print(count);
  _serial->print(" ");
  _serial->print("time (us): ");
  _serial->println(count * (float)(1000000.0f / F_CPU), 4);
}

float Platform::convertRawCoordinatesToDegrees(float RawDegrees) {
  float RawAsFloat = RawDegrees;
  int firstdigits = ((int)RawAsFloat) / 100; // Get the first digits by turning f into an integer, then doing an
integer divide by 100;
  float nexttwodigits = RawAsFloat - (float)(firstdigits * 100);
  float Converted = (float)(firstdigits + nexttwodigits / 60.0);
  return Converted;
}

void Platform::I2Cread(uint8_t Address, uint8_t Register, uint8_t Nbytes, uint8_t* Data)

```

```

{
    // Set register address
    Wire.beginTransmission(Address);
    Wire.write(Register);
    Wire.endTransmission();

    // Read Nbytes
    Wire.requestFrom(Address, Nbytes);
    uint8_t index = 0;
    while (Wire.available())
        Data[index++] = Wire.read();
}

void Platform::I2CwriteByte(uint8_t Address, uint8_t Register, uint8_t Data)
{
    // Set register address
    Wire.beginTransmission(Address);
    Wire.write(Register);
    Wire.write(Data);
    Wire.endTransmission();
}

```

1.4.4. Arduino.h

/*

Arduino.h - Main include file for the Arduino SDK
 Copyright (c) 2005-2013 Arduino Team. All right reserved.

This library is free software; you can redistribute it and/or
 modify it under the terms of the GNU Lesser General Public
 License as published by the Free Software Foundation; either
 version 2.1 of the License, or (at your option) any later version.

This library is distributed in the hope that it will be useful,
 but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
 MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU
 Lesser General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU Lesser General Public
 License along with this library; if not, write to the Free Software
 Foundation, Inc., 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

*/

```

#ifndef Arduino_h
#define Arduino_h

#include <stdlib.h>
#include <stdbool.h>
#include <string.h>
#include <math.h>

```

```

#include <avr/pgmspace.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

#include "binary.h"

#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

void yield(void);

#define HIGH 0x1
#define LOW 0x0

#define INPUT 0x0
#define OUTPUT 0x1
#define INPUT_PULLUP 0x2

#define PI 3.1415926535897932384626433832795
#define HALF_PI 1.5707963267948966192313216916398
#define TWO_PI 6.283185307179586476925286766559
#define DEG_TO_RAD 0.017453292519943295769236907684886
#define RAD_TO_DEG 57.295779513082320876798154814105
#define EULER 2.718281828459045235360287471352

#define SERIAL 0x0
#define DISPLAY 0x1

#define LSBFIRST 0
#define MSBFIRST 1

#define CHANGE 1
#define FALLING 2
#define RISING 3

#if defined(__AVR_ATtiny24__) || defined(__AVR_ATtiny44__) || defined(__AVR_ATtiny84__)
#define DEFAULT 0
#define EXTERNAL 1
#define INTERNAL1V1 2
#define INTERNAL INTERNAL1V1
#elif defined(__AVR_ATtiny25__) || defined(__AVR_ATtiny45__) || defined(__AVR_ATtiny85__)
#define DEFAULT 0

```

```

#define EXTERNAL 4

#define INTERNAL1V1 8

#define INTERNAL INTERNAL1V1

#define INTERNAL2V56 9

#define INTERNAL2V56_EXTCAP 13

#else

#if defined(__AVR_ATmega1280__) || defined(__AVR_ATmega2560__) ||
defined(__AVR_ATmega1284__) || defined(__AVR_ATmega1284P__) || defined(__AVR_ATmega644__) ||
defined(__AVR_ATmega644A__) || defined(__AVR_ATmega644P__) ||
defined(__AVR_ATmega644PA__)
#define INTERNAL1V1 2
#define INTERNAL2V56 3
#else
#define INTERNAL 3
#endif

#define DEFAULT 1

#define EXTERNAL 0

#endif

// undefine stdlib's abs if encountered
#ifdef abs
#undef abs
#endif

#define min(a,b) ((a)<(b)?(a):(b))
#define max(a,b) ((a)>(b)?(a):(b))
#define abs(x) ((x)>0?(x):- (x))
#define constrain(amt,low,high) ((amt)<(low)?(low):((amt)>(high)?(high):(amt)))
#define round(x) ((x)>=0?(long)((x)+0.5):(long)((x)-0.5))
#define radians(deg) ((deg)*DEG_TO_RAD)
#define degrees(rad) ((rad)*RAD_TO_DEG)
#define sq(x) ((x)*(x))

#define interrupts() sei()
#define noInterrupts() cli()

#define clockCyclesPerMicrosecond() ( F_CPU / 1000000L )
#define clockCyclesToMicroseconds(a) ( (a) / clockCyclesPerMicrosecond() )
#define microsecondsToClockCycles(a) ( (a) * clockCyclesPerMicrosecond() )

#define lowByte(w) ((uint8_t) ((w) & 0xff))
#define highByte(w) ((uint8_t) ((w) >> 8))

```

```

#define bitRead(value, bit) (((value) >> (bit)) & 0x01)
#define bitSet(value, bit) ((value) |= (1UL << (bit)))
#define bitClear(value, bit) ((value) &= ~(1UL << (bit)))
#define bitWrite(value, bit, bitvalue) (bitvalue ? bitSet(value, bit) : bitClear(value, bit))

// avr-libc defines _NOP() since 1.6.2
#ifndef _NOP
#define _NOP() do { __asm__ volatile ("nop"); } while (0)
#endif

typedef unsigned int word;

#define bit(b) (1UL << (b))

typedef bool boolean;
typedef uint8_t byte;

void init(void);
void initVariant(void);

int atexit(void (*func)()) __attribute__((weak));

void pinMode(uint8_t, uint8_t);
void digitalWrite(uint8_t, uint8_t);
int digitalRead(uint8_t);
int analogRead(uint8_t);
void analogReference(uint8_t mode);
void analogWrite(uint8_t, int);

unsigned long millis(void);
unsigned long micros(void);
void delay(unsigned long);
void delayMicroseconds(unsigned int us);
unsigned long pulseIn(uint8_t pin, uint8_t state, unsigned long timeout);
unsigned long pulseInLong(uint8_t pin, uint8_t state, unsigned long timeout);

void shiftOut(uint8_t dataPin, uint8_t clockPin, uint8_t bitOrder, uint8_t val);
uint8_t shiftIn(uint8_t dataPin, uint8_t clockPin, uint8_t bitOrder);

void attachInterrupt(uint8_t, void (*)(void), int mode);
void detachInterrupt(uint8_t);

void setup(void);

```

```

void loop(void);

// Get the bit location within the hardware port of the given virtual pin.
// This comes from the pins_*.c file for the active board configuration.

#define analogInPinToBit(P) (P)

// On the ATmega1280, the addresses of some of the port registers are
// greater than 255, so we can't store them in uint8_t's.
extern const uint16_t PROGMEM port_to_mode_PGM[];
extern const uint16_t PROGMEM port_to_input_PGM[];
extern const uint16_t PROGMEM port_to_output_PGM[];

extern const uint8_t PROGMEM digital_pin_to_port_PGM[];
// extern const uint8_t PROGMEM digital_pin_to_bit_PGM[];
extern const uint8_t PROGMEM digital_pin_to_bit_mask_PGM[];
extern const uint8_t PROGMEM digital_pin_to_timer_PGM[];

// Get the bit location within the hardware port of the given virtual pin.
// This comes from the pins_*.c file for the active board configuration.
//
// These perform slightly better as macros compared to inline functions
//
#define digitalPinToPort(P) ( pgm_read_byte( digital_pin_to_port_PGM + (P) ) )
#define digitalPinToBitMask(P) ( pgm_read_byte( digital_pin_to_bit_mask_PGM + (P) ) )
#define digitalPinToTimer(P) ( pgm_read_byte( digital_pin_to_timer_PGM + (P) ) )
#define analogInPinToBit(P) (P)
#define portOutputRegister(P) ( (volatile uint8_t *) ( pgm_read_word( port_to_output_PGM + (P) ) ) )
#define portInputRegister(P) ( (volatile uint8_t *) ( pgm_read_word( port_to_input_PGM + (P) ) ) )
#define portModeRegister(P) ( (volatile uint8_t *) ( pgm_read_word( port_to_mode_PGM + (P) ) ) )

#define NOT_A_PIN 0
#define NOT_A_PORT 0

#define NOT_AN_INTERRUPT -1

#ifdef ARDUINO_MAIN
#define PA 1
#define PB 2
#define PC 3
#define PD 4
#define PE 5
#define PF 6

```

```

#define PG 7
#define PH 8
#define PJ 10
#define PK 11
#define PL 12
#endif

#define NOT_ON_TIMER 0
#define TIMER0A 1
#define TIMER0B 2
#define TIMER1A 3
#define TIMER1B 4
#define TIMER1C 5
#define TIMER2 6
#define TIMER2A 7
#define TIMER2B 8

#define TIMER3A 9
#define TIMER3B 10
#define TIMER3C 11
#define TIMER4A 12
#define TIMER4B 13
#define TIMER4C 14
#define TIMER4D 15
#define TIMER5A 16
#define TIMER5B 17
#define TIMER5C 18

#ifdef __cplusplus
} // extern "C"
#endif

#ifdef __cplusplus
#include "WCharacter.h"
#include "WString.h"
#include "HardwareSerial.h"
#include "USBAPI.h"
#if defined(HAVE_HWSERIAL0) && defined(HAVE_CDCSERIAL)
#error "Targets with both UART0 and CDC serial not supported"
#endif
#endif

uint16_t makeWord(uint16_t w);
uint16_t makeWord(byte h, byte l);

```



```
#define word(...) makeWord(__VA_ARGS__)

unsigned long pulseIn(uint8_t pin, uint8_t state, unsigned long timeout = 1000000L);
unsigned long pulseInLong(uint8_t pin, uint8_t state, unsigned long timeout = 1000000L);

void tone(uint8_t _pin, unsigned int frequency, unsigned long duration = 0);
void noTone(uint8_t _pin);

// WMath prototypes
long random(long);
long random(long, long);
void randomSeed(unsigned long);
long map(long, long, long, long, long);

#endif

#include "pins_arduino.h"

#endif
```

Приложение Б. Сценарий и результаты тестовых испытаний

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведен сценарий тестовых испытаний встроенного приложения с предиктивной коррекцией ошибок управления (на примере ООО «Центр инновационных разработок ВАО»)

В разделе «Цель испытаний» указана цель проведения испытаний.

В разделе «Требования к программе» указаны требования, подлежащие проверке во время испытаний и заданные в техническом задании на программу

В данном программном документе, в разделе «Требования к программной документации» указан состав программной документации, предъявляемый на испытания.

В разделе «Средства и порядок испытаний» указаны технические и программные средства, используемые во время испытаний, а также порядок проведения испытаний.

В разделе «Методы испытаний» приведено описание используемых методов испытаний.

В разделе «Тестовые примеры» приведены таблицы с результатами тестовых испытаний.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ.....	3
--------------------------	---

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

1.1. Наименование объекта

Наименование – «приложение для управления универсальной роботизированной платформой-носителем (на примере ООО «Центр инновационных разработок ВАО)»

1.2. Область применения объекта

В условиях опасных для человека, снизив вероятность получения травм, вредных факторов, способных навредить здоровью на предприятиях (опасность обрушения, радиационная, биологическая или химическая угроза, высокие температуры).

1.3. Обозначение испытываемой программы

Наименование темы разработки «UniversalPlatform».

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

2.1. Требования подлежащие к проверке

«Модуль движения» - включает в себя управление движением платформы, выставление параметров мощности двигателя, выставление режима разгона.

«Модуль телеметрии» - включает в себя получение текущего направления движения, графики значений гироскопа, акселерометра, магнитометра, датчиков тока моторов, вольтажа батареи, получение координат GNSS (Глобальная навигационная система) и команды экстренного останова.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

Сценарий и результаты тестовых испытаний методом черного ящика приложения для управления универсальной роботизированной платформой-носителем представлены в таблицах 1-2.

В таблице 1 представлен модуль движения.

Таблица 1 - Тестирование модуля движения

№ П/П	Действие (Входное значение)	Ожидаемый результат	Фактический результат	Ожидаемое действие платформы	Фактический результат платформы	Статус теста (пройден / не пройден)
1	Нажатие на кнопку «Вперёд»	Отправка команды движения вперёд на платформу	Отправка команды движения вперёд на платформу	Начало движения платформы вперёд.	Начало движения платформы вперёд	Пройден
2	Нажатие на кнопку «Вперёд и направо»	Отправка команды движения вперёд и направо на платформу	Отправка команды движения вперёд и направо на платформу	Начало движения платформы вперёд и направо.	Начало движения платформы вперёд и направо	Пройден
3	Нажатие на кнопку «направо»	Отправка команды движения направо на платформу	Отправка команды движения направо на платформу	Начало движения платформы направо.	Начало движения платформы направо	Пройден
4	Нажатие на кнопку «направо и назад»	Отправка команды движения направо и назад на платформу	Отправка команды движения направо и назад на платформу	Начало движения платформы направо и назад.	Начало движения платформы направо и назад	Пройден
5	Нажатие на кнопку «назад»	Отправка команды движения назад на платформу	Отправка команды движения назад на платформу	Начало движения платформы назад.	Начало движения платформы назад	Пройден

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаем ый результат	Фактически й результат	Ожидаемо е действие платформ ы	Фактически й результат платформы	Статус теста (пройде н / не пройден)
		платформ у				
6	Нажатие на кнопку «назад и налево»	Отправка команды движения назад и налево на платформ у	Отправка команды движения назад и налево на платформу	Начало движения платформ ы назад и налево.	Начало движения платформы назад и налево.	Пройден
7	Нажатие на кнопку «налево»	Отправка команды движения налево на платформ у	Отправка команды движения налево на платформу	Начало движения платформ ы налево.	Начало движения платформы налево.	Пройден
8	Нажатие на кнопку «Вперёд и налево»	Отправка команды движения вперёд и налево на платформ у	Отправка команды движения вперёд и налево на платформу	Начало движения платформ ы вперёд и налево.	Начало движения платформы вперёд и налево.	Пройден
9	Выставлен ие мощности, к примеру на 25%	Отправка команды на платформ у	Отправка команды на платформу	Изменение мощности движения платформ ы на 25%	Изменение мощности движения платформы на 25%	Пройден
10	Нажатие на кнопку «Быстро»	Отправка команды на платформ у	Отправка команды на платформу	Изменение мощности движения платформ ы на 100%	Изменение мощности движения платформы на 100%	Пройдён
11	Нажатие на кнопку «Медленн о»	Отправка команды на платформ у	Отправка команды на платформу	Изменение мощности движения платформ ы на 50%	Изменение мощности движения платформы на 50%	Пройден

В таблице 2 представлен модуль телеметрии.

Таблица 2 - Тестирование модуля телеметрии

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаем ый результат	Фактически й результат	Ожидаемо е действие платформ ы	Фактически й результат платформы	Статус теста (пройде н / не пройден)
1	Отправка запроса на платформу на получение значений с гироскопа	Отображе ние полученн ых данных в графике «гироско п»	Отображени е полученных данных в графике «гироскоп»	Отправка на приложени е значений гироскопа	Отправка на приложение значений гироскопа	Пройден
2	Отправка запроса на платформу на получение значений с акселером етра	Отображе ние полученн ых данных в графике «акселером етр»	Отображени е полученных данных в графике «акселером етр»	Отправка на приложени е значений акселером етра	Отправка на приложение значений акселеромет ра	Пройден
3	Отправка запроса на платформу на получение значений с магнитоме тра	Отображе ние полученн ых данных в графике «магнито метр»	Отображени е полученных данных в графике «магнитоме тр»	Отправка на приложени е значений магнитоме тра	Отправка на приложение значений магнитомет ра	Пройден
4	Отправка запроса на платформу на получение значений с датчиков тока моторов	Отображе ние полученн ых данных в графике «ток»	Отображени е полученных данных в графике «ток»	Отправка на приложени е значений ток	Отправка на приложение значений ток	Пройден
5	Отправка запроса на платформу на получение	Отображе ние полученн ых данных в	Отображени е полученных данных в	Отправка на приложени е значений	Отправка на приложение значений вольтажа батареи	Пройден

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаем ый результат	Фактически й результат	Ожидаемо е действие платформ ы	Фактически й результат платформы	Статус теста (пройде н / не пройден)
	значений с вольтажа батареи	графике «Батарея »	графике «Батарея»	вольтажа батареи		
6	Отправка запроса на платформу на получение значений координат текущего местополо жения	Отображе ние полученн ых данных на карте	Отсутствие отображени я полученных данных на карте	Отправка на приложени е значений координат текущего местополо жения	Отправка на приложение пустой строки	Не пройден
7	Нажатие на кнопку «Ем» (экстренн ый останов)	Отправка команды экстренн ого останова на платформ у	Команда экстренного останова на платформу не отправлена	Экстренно е прекращен ие работы	Продолжени е работы	Не пройден

Сценарий и результаты тестовых испытаний методом «Входной двери» (Бинарное тестирование yes/no) приложения для управления универсальной роботизированным комплексом представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Тестирование методом «Входной двери».

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаемый результат	Фактический результат	Статус теста (пройден / не пройден)
1	Возможность включения автопилота по точкам	Да	Нет	Не пройден
2	Возможность включения следования по азимуту	Да	Нет	Не пройден
3	Возможность менять тип разгона платформы	Да	Да	Пройден

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаемый результат	Фактический результат	Статус теста (пройден / не пройден)
4	Возможность использования интерфейса MasterLink в простом режиме	Да	Да	Пройден
5	Возможность использования интерфейса MasterLink в режиме ведомого	Да	Да	Пройден
6	Возможность экстренного отключения платформы физической кнопкой	Да	Нет	Не пройден
7	Возможность работы по управляющей программе	Да	Да	Пройден

Сценарий и результаты тестовых испытаний методом UI-тестов приложения для управления универсальной роботизированной платформой-носителем представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Тестирование методом UI-тестов.

Контроль интерфейса пользователя	Подтверждение	Статус теста (пройден / не пройден)
Использовать режим благоразумно; (возможность его редактировать, но в пределах разумного)	Отсутствие возможности использоваться режим благоразумно	Не пройден
Предоставить пользователю возможность выбирать: работать либо мышью, либо клавиатурой, либо их комбинацией;	Движение платформы приводится стрелками или клавишами W, A, S, D	Пройден
Позволить пользователю сфокусировать внимание;	Удобно расположена главная информация на интерфейсе	Пройден
Демонстрировать сообщения, которые помогут ему в работе;	Всплывающее окно с сообщением при работе	Пройден
Создавать условия для немедленных и обратимых действий, а также обратной связи;	Кнопка экстренного останова	Пройден
Обеспечить соответствующие пути и выходы;	Доступ ко вкладкам с любых окон	Пройден
Приспосабливайте систему к пользователям с различным уровнем подготовки;	Отсутствие вспомогательных объектов внутри приложения	Не пройден
Сделать пользовательский интерфейс более понятным;	Имеется надпись у кнопок и цветные элементы	Пройден

Контроль интерфейса пользователя	Подтверждение	Статус теста (пройден / не пройден)
Дать пользователю возможность настраивать интерфейс по своему вкусу;	Отсутствие возможности настраивать интерфейс	Не пройден
Разрешить пользователю напрямую манипулировать объектами интерфейса.	Наличие ползунка настройки мощности	Пройден
Уменьшение загрузки памяти пользователя		
Не загружать кратковременную память;	Более-менее используются стандартные элементы.	Пройден
Полагаться на распознавание, а не на повторение; (распознавать элементы визуально)	Есть изображения на кнопках.	Пройден
Представить визуальные заставки;	Отсутствует визуальная заставка	Не пройден
Использовать метафоры из реального мира;	Кнопка стоп в виде знака «STOP»	Пройден
Применять раскрытие и объяснение понятий и действий;	Понятен смысл кнопки	Пройден
Увеличить визуальную ясность.	Внимание ясно выражается на всю необходимую информацию, сверено с золотым сечением.	Пройден
Последовательность пользовательского интерфейса	Придерживается единая цветовая палитра, шрифт и размер текста	Пройден
Общая совместимость всех программ;	Похожесть с аналогичными программными продуктами видна.	Пройден
Сохранение результатов взаимодействия;	Отсутствие результатов взаимодействия	Не пройден
Эстетическая привлекательность и цельность;	Простой и минималистичный дизайн	Пройден

Сценарий и результаты тестовых испытаний методом нагрузочного тестирования приложения для управления универсальной роботизированной платформой-носителем представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Тестирование методом нагрузочного тестирования.

№ П/П	Действие (Входное значение)	Ожидаемый результат	Фактический результат	Ожидаемое действие платформы	Фактический результат платформы	Статус теста (пройден / не пройден)
1	Отправка запроса с интервалом в 100мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Получение и обработка запроса	Пройден
2	Отправка запроса с интервалом в 600мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Получение и обработка запроса	Пройден
3	Отправка запроса с интервалом в 10мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Отсутствие обработки запроса	Не пройден
4	Отсутствие отправки запроса	Запрос не отправлен	Запрос не отправлен	Продолжение текущего действия	Продолжение текущего действия	Пройден
5	Отправка запроса с интервалом в 80мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Получение и обработка запроса	Пройден
6	Отправка запроса с интервалом в 50мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Отсутствие обработки запроса	Не пройден
7	Отправка запроса с интервалом в 1мс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Отсутствие обработки запроса	Не пройден
8	Отправка запроса с интервалом в 300мкс	Успешная отправка	Успешная отправка	Получение и обработка запроса	Отсутствие обработки запроса	Не пройден

Сценарий и результаты тестовых испытаний методом стресс тестирования приложения для управления универсальной роботизированной платформой-носителем представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Тестирование методом стресс тестирования.

№ П/П	Действие (Входное значение)	Ожидаемый результат	Фактический результат	Ожидаемое действие платформы	Фактический результат платформы	Статус теста (пройден / не пройден)
1	Отправка запроса на платформу с двух ПК	Успешная отправка запроса	Успешная отправка запроса	Выполнение действий по очереди	Выполнение действий по очереди	Пройден
2	Отправка запроса с двух платформ на ПК	Успешная обработка запроса	Вызвано исключение переполнение стека	Успешная отправка запроса	Успешная отправка запроса	Не пройден
3	Внезапное отключение питания платформы	Окно с сообщением «Отсутствие связи проверьте платформы»	Окно с сообщением «Отсутствие связи проверьте платформы»	Платформа выключена	Платформа выключена	Пройден
4	Выключение компьютера	Отправка «Экстренного режима»	Режим «Экстренный режим» не отправлен	Ожидается переход в экстренный режим	Продолжение предыдущего действия	Не пройден
5	Линейное ускорение по любой оси более 8 м/с	Отображение сообщения «Опасно! Превышение допустимого ускорения.»	Отсутствие сообщения	Попытка самостабилизации	Отсутствие самостабилизации	Не пройден
6	Угол наклона по любой из осей более чем 75°	Отображение сообщения «Вниман	Отсутствие сообщения	Блокировка двигателей	Отсутствие блокировки двигателей	Не пройден

№ П/ П	Действие (Входное значение)	Ожидаем ый результат	Фактически й результат	Ожидаемо е действие платформ ы	Фактически й результат платформы	Статус теста (пройде н / не пройден)
		ие, опасность переворо та платформ ы»				
7	Блокировк а двигателей	Отображе ние сообщени я «Вниман ие! Проверьт е двигатели .»	Отсутствие сообщения	Блокировк а двигателей	Отсутствие блокировки двигателей	Не пройден

Приложение В. Руководство пользователя

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведено руководство пользователя встроенного приложения с предиктивной коррекцией ошибок управления (на примере ООО «Центр инновационных разработок ВАО»).

В разделе «Назначение программы» указаны краткие сведения о программе.

В разделе «Условия выполнения программы» указаны требования к оборудованию и программному обеспечению для функционирования программы.

В разделе «Выполнение программы» указана инструкция для работы с программой.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....	3
2.	УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ.....	4
3.	ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ	5

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

Функциональным назначением программы является приложение для управления платформой-носителем, при помощи которого можно упростить работу в условиях опасных для человека, снизить вероятность получения травм, вредных факторов способных навредить здоровью на предприятиях (опасность обрушения, радиационная, биологическая или химическая угроза, высокие температуры) с возможностью быстрой замены полезной нагрузки.

2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

В таблице 1 представлены минимальные технические средства для использования программы.

Таблица 1 – Технические средства.

№	Тип оборудования	Название средства
1	2	3
1	Размер экрана	Любой
2	Разрешение экрана	1360x720
3	Линейка процессора	Intel Core i3
4	Количество ядер процессора	1
5	Оперативная память	4 ГБ
6	Тип видеокарты	Любой
7	Видеокарта	Любая
8	Конфигурация накопителей	Любая
9	Общий объём всех накопителей	Минимум 128 ГБ
10	Операционная система	Windows 10
11	Клавиатура	Есть
12	Компьютерная мышь	Есть

В таблице 2 представлены программные средства для использования программы.

Таблица 2 – Программные средства.

№	Тип средства	Название средства	Назначение
1	2	3	4
1	Операционная система	Microsoft Windows 10	Организация взаимодействия программ и пользователя

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ

3.1. Действия для установки программы

Загрузите приложение и SDK платформы с официального репозитория проекта.

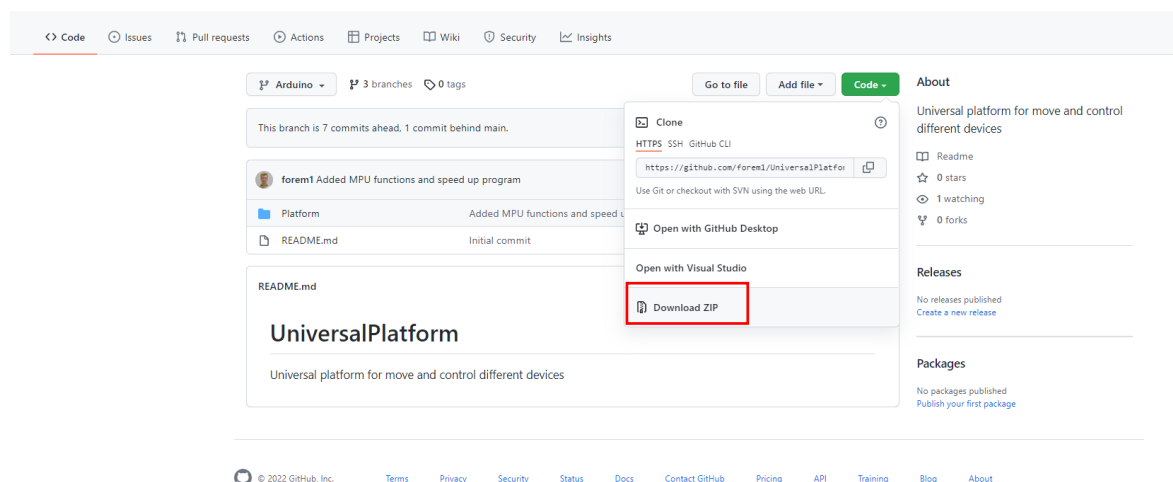


Рисунок 1 - Скачивание решения

Скопируйте скачанный SDK в папку библиотек вашего AVR-GCC компилятора. Откройте файл "Main.c" из папки "Examples" и скомпилируйте его. Данный файл является базовым и может быть дополнен вашей управляющей программой. Документация по SDK находится в папке "Docs". Скопируйте полученный при компиляции бинарный файл "PlatformControl.hex" в корень карты памяти программатора.

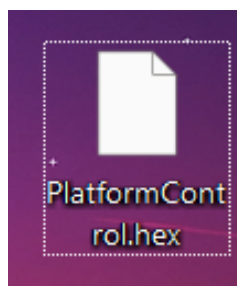


Рисунок 2 - Файл прошивки

Вставьте карту памяти в программатор и включите его. Подключите программатор к платформе-носителю через интерфейс MasterLink.

При помощи кнопок "вверх" и "вниз" на программаторе выберите необходимую версию прошивки для загрузки и нажмите на кнопку "ОК". Программатор начнет прошивку платформы и в зависимости от результата на дисплее программатора отобразится надпись "ОК" или "ERROR". Не отключайте программатор до завершения прошивки платформы.

Перезагрузите платформу, переподключив питание. Платформа готова к подключению к управляющему персональному компьютеру.

3.2. Действия для работы с программой

Для установки приложения, необходимо перейти в папку с инсталляционным проектом и запустить приложение «PlatformDesktop.exe»

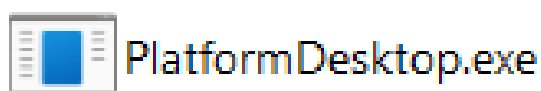


Рисунок 3 – Инсталляционный файл

3.3. Для ознакомления и изучения функциональных особенностей приложения, ниже приведена инструкция (см. Рис 2-4).

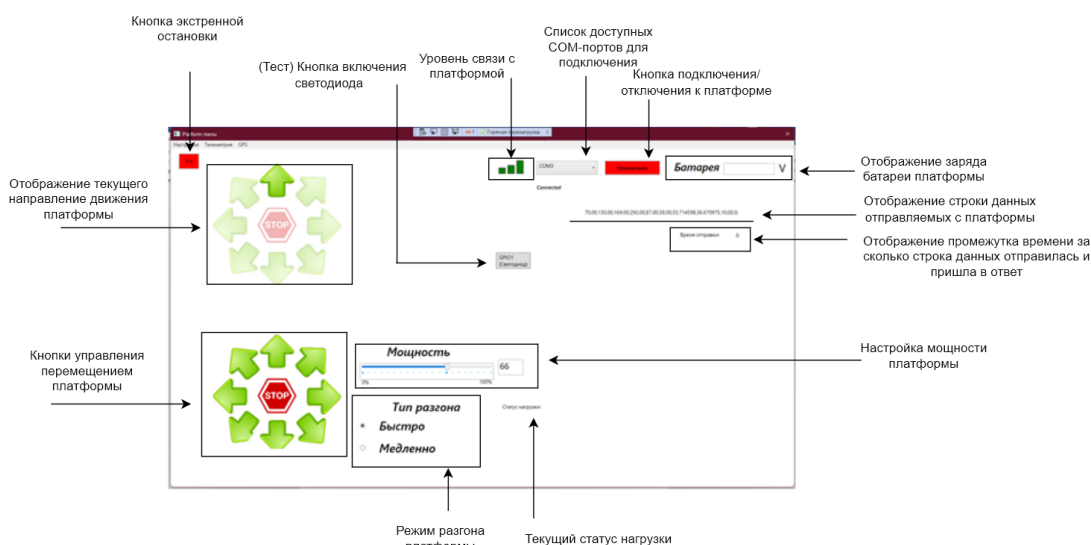


Рисунок 4 – Инструкция главного окна

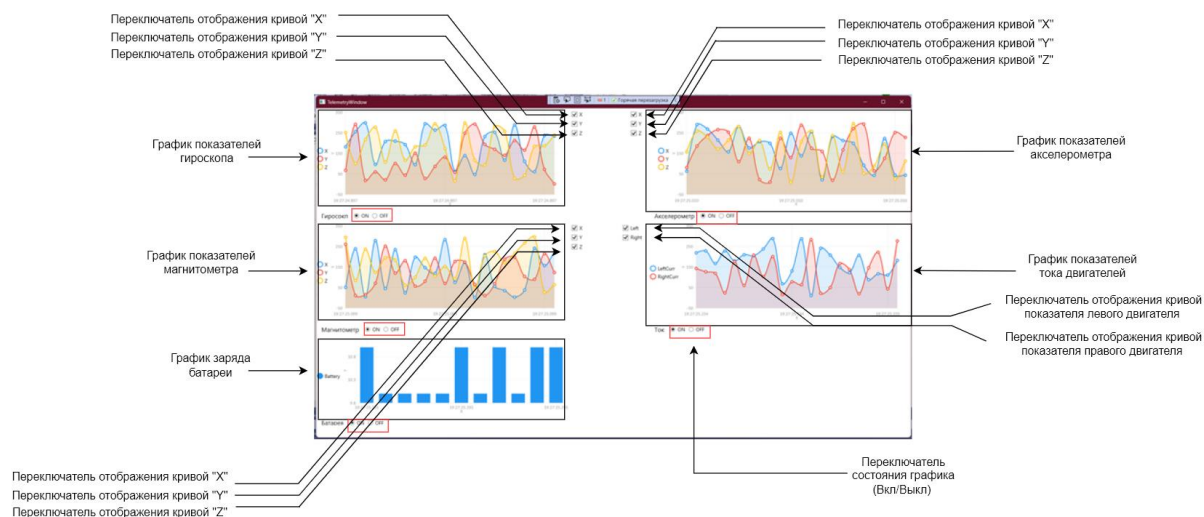


Рисунок 5 - Инструкция окна с графиками с телеметрии

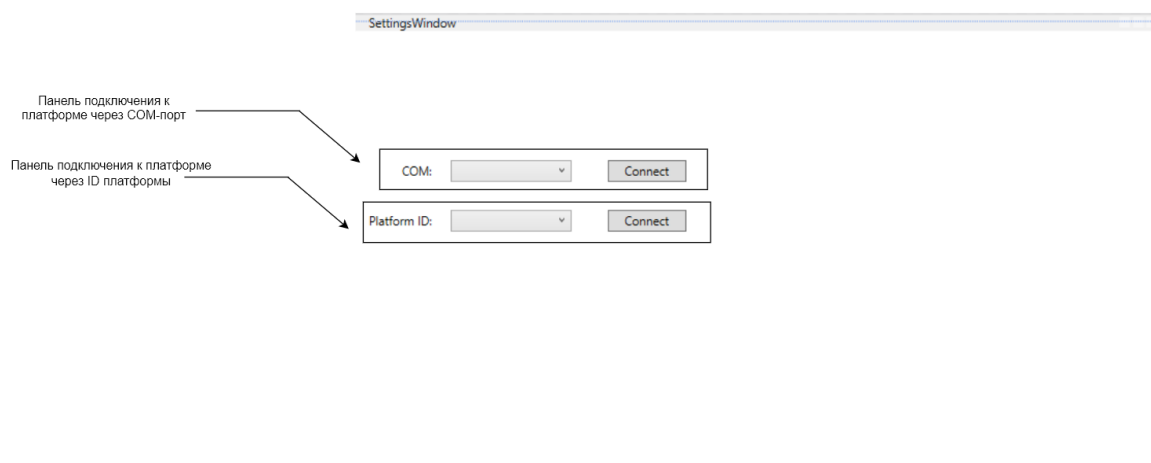


Рисунок 6 - Инструкция окна с настройками

3.4. Действия для удаления программы

Для удаления программы, необходимо удалить приложение.

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: Дрюпин Андрей Александрович

Проверяющий: Дрюпин Андрей Александрович

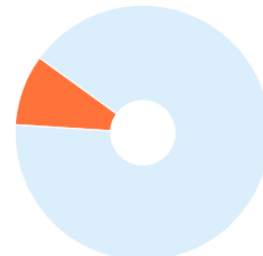
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 1
Начало загрузки: 03.04.2022 17:45:07
Длительность загрузки: 00:00:00
Имя исходного файла: Дрюпин А.А.
Пояснительная записка.pdf
Название документа: Дрюпин А.А.
Пояснительная записка
Размер текста: 24 кБ
Тип документа: Курсовая работа
Символов в тексте: 24835
Слов в тексте: 2596
Число предложений: 109

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 03.04.2022 17:45:08
Длительность проверки: 00:00:04
Корректировка от 03.04.2022 17:53:47
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет Free



ЗАИМСТВОВАНИЯ

8,86% 

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0% 

ЦИТИРОВАНИЯ

0% 

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

91,14% 

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.

Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	5,76%	6,44%	Скачать http://worldreferat.ru	27 Окт 2018	Интернет Free	8	9
[02]	0%	6,44%	Программный продукт АИС "Учет рабочих вакансий" https://stud.wiki	03 Мар 2020	Интернет Free	0	9
[03]	1,92%	1,92%	Полный текст статьи https://e-koncept.ru	06 Сен 2017	Интернет Free	1	1

Еще источников: 7

Еще заимствований: 1,18%