



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

Факультет электроники и вычислительной техники

УТВЕРЖДЕНО

Факультет электроники и вычислительной
техники

Декан Авдеюк О.А.
г.

Операционные системы реального времени и робототехнические платформы

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой	Электронно-вычислительные машины и системы		
Учебный план	Направление 09.04.01 Информатика и вычислительная техника Программа "Встраиваемые вычислительные системы в робототехнике и интернете вещей"		
Профиль			
Квалификация	Магистр		
Срок обучения	2 года		
Форма обучения	очная	Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Виды контроля в семестрах:	экзамены 3		

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	3(2.1)		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Практические	8	8	8	8
Лабораторные	16	16	16	16
Итого ауд.	24	24	24	24
Контактная работа	24.35	24.35	24.35	24.35
Сам. работа	12	12	12	12
Часы на контроль	35.65	35.65	35.65	35.65
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	72	72	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

доцент Конченков Владимир Игоревич кфмн

Рецензент(ы):

(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Операционные системы реального времени и робототехнические платформы

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 918)

составлена на основании учебного плана:

Направление 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Программа "Встраиваемые вычислительные системы в робототехнике и интернете вещей"

Профиль:

утвержденного учёным советом вуза от 05.06.2019 протокол № 12.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронно-вычислительные машины и системы

номер протокола 2019 г.

Зав. кафедрой Андреев Андрей Евгеньевич

СОГЛАСОВАНО:

Факультет электроники и вычислительной техники

Председатель НМС факультета: Авдеюк О.А.

Протокол заседания НМС от

г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.	
Целью изучения дисциплины является формирование представления о принципах построения современных робототехнических систем на базе передачи сообщений между процессами и вычислительными устройствами.	
Задачи изучения дисциплины:	
- изучение современных подходов к организации обработки данных, получаемых от разных интерфейсов микроконтроллера, разделения доступа к общим ресурсам, синхронизации вычислительных потоков с использованием средств операционных систем реального времени;	
- изучение способов обмена данными между частями робототехнической си-стемы путем пересылки сообщений, а также современных фреймворков, служащих для объединения различных микропроцессорных устройств в робототехническую систему.	
В результате изучения дисциплины студент должен:	
- знать принципы разработки программного обеспечения для встраиваемых систем на базе однокристальных микроконтроллеров с применением функциональности операционных систем реального времени; знать принципы обмена данными в модели «издатель-подписчик» внутри робототехнической системы, содержащей разнородные программируемые модули, а также между устройствами-компонентами Интернета вещей с использованием связи по проводным и беспроводным каналам;	
- уметь создавать программное обеспечение для микроконтроллеров, используя функциональность операционной системы реального времени для обеспечения синхронизации между потоками, формирования временной базы, разграничения доступа одновременно выполняющихся потоков к ресурсам;	
- владеть навыками проектирования программного обеспечения для встраиваемых систем, используемых в составе робототехнических платформ и в компонентах Интернета вещей, с учетом особенностей аппаратной реализации таких систем.	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Междисциплинарный курсовой проект
2.1.2	Микропроцессорные системы
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Управление электромеханическими и мехатронными системами, сенсорики
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)	
ОПК-6: Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования;	
<i>ОПК-6.1: Знать: аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов объекта профессиональной деятельности.</i>	
Результаты обучения:	
<i>ОПК-6.2: Уметь: анализировать техническое задание, разрабатывать и оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования.</i>	
Результаты обучения:	
<i>ОПК-6.3: Владеть: навыками составления технической документации по использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса.</i>	
Результаты обучения:	
ОПК-7: Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий;	
<i>ОПК-7.1: Знать: функциональные требования к прикладному программному обеспечению для решения актуальных задач предприятий отрасли, национальные стандарты обработки информации и автоматизированного проектирования.</i>	
Результаты обучения:	
<i>ОПК-7.2: Уметь: приводить зарубежные комплексы обработки информации в соответствие с национальными стандартами, интегрировать с отраслевыми информационными системами.</i>	
Результаты обучения:	
<i>ОПК-7.3: Владеть навыками: настройки интерфейса, разработки пользовательских шаблонов, подключения библиотек, добавления новых функций.</i>	
Результаты обучения:	

ПК-5: Администрирование процесса поиска и диагностики ошибок сетевых устройств и программного обеспечения
<i>ПК-5.1: Знает: основные принципы процесса поиска и диагностики ошибок сетевых устройств и программного обеспечения.</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-5.2: Умеет: выявлять и диагностировать ошибки сетевых устройств и программного обеспечения.</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-5.3: Владеет навыками: применения современных инструментов поиска и диагностики ошибок сетевых устройств и программного обеспечения.</i>
Результаты обучения:
ПК-6: Интеграция разработанного системного программного обеспечения
<i>ПК-6.1: Знает: основы процесса интеграции, верификации и валидации разработанного системного программного обеспечения.</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-6.2: Умеет: реализовывать механизмы интеграции разработанного системного программного обеспечения.</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-6.3: Владеет навыками: применения современных инструментов непрерывной и бесшовной интеграции (Continuous Integration) и развертывания программного обеспечения (DevOps).</i>
Результаты обучения:

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	Раздел 1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОСРВ FreeRTOS Обзор существующих ОСРВ, применимых для использования в составе программного обеспечения для однокристальных микроконтроллеров. Преимущества использования ОСРВ. Экосистема FreeRTOS для организации работы встраиваемых систем на базе микроконтроллеров в составе устройств-элементов Интернета вещей. Виды многозадачности, принципы работы планировщика заданий. Понятие задачи (task) в ОСРВ FreeRTOS. Приоритеты задач, состояния задач, переходы задач между состояниями. Организация кучи (heap) и стека, рекомендации к выбору типа организации кучи в зависимости от вычислительных возможностей микроконтроллера, требований к объему и скорости обработки данных.			
1.1	НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОСРВ FreeRTOS /Тема/	3	0	
1.1.1	НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОСРВ FreeRTOS /Пр/	3	2	
1.1.2	Создание проекта в системе Keil uVision для разработки программного обеспечения однокристальных микроконтроллеров STM32 под управлением FreeRTOS /Лаб/	3	4	
1.1.3	Подготовка к выполнению заданий по контрольной работе, подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	3	3	
2	Раздел 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСРВ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 События и прерывания. Объекты операционной системы (очереди, семафоры, мьютексы), типичные сценарии их использования. Неатомарные операции чтение/модификация/запись. Механизмы взаимного исключения: критические секции, мьютексы, задачи-сторожа. Сопрограммы и задачи. Выполнение сопрограмм и их приоритеты. Программные таймеры. Соотнесение системы приоритетов обработки прерываний микроконтроллера STM32 и приоритетов обслуживания задач FreeRTOS. Принципы работы с очередями и семафорами FreeRTOS из обработчиков прерывания микроконтроллеров STM32. Совместное использование временной базы FreeRTOS и управления обработкой данных при помощи аппаратных таймеров-счетчиков.			
2.1	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСРВ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 /Тема/	3	0	

2.1.1	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСРВ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 /Пр/	3	2	
2.1.2	Управление обменом данными, синхронизацией работы задач, разграничения доступа к периферийным устройствам при помощи объектов FreeRTOS (очереди, двоичные и счетные семафоры, мьютексы) /Лаб/	3	4	
2.1.3	Подготовка к выполнению заданий по контрольной работе, подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	3	3	
3	Раздел 3. ФРЕЙМВОРК ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТОВ ROS (Robot Operating System) Назначение, возможности, области применения ROS. Обеспечение распределенной работы компонентов робототехнической системы на основе ROS. Базовые понятия ROS. Модели обмена сообщениями: синхронная односторонняя передача/прием сообщений (Topic), синхронное двунаправленное взаимодействие (Service), асинхронное двунаправленное взаимодействие (Action). Публикация сообщений. Прием сообщений. Стандарты ROS. Пакеты ROS. Администрирование ROS.			
3.1	ФРЕЙМВОРК ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТОВ ROS (Robot Operating System) /Тема/	3	0	
3.1.1	ФРЕЙМВОРК ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТОВ ROS (Robot Operating System) /Пр/	3	2	
3.1.2	Организация системы обработки текстовых сообщений на основе однокристального микроконтроллера под управлением FreeRTOS /Лаб/	3	4	
3.1.3	Подготовка к выполнению заданий по контрольной работе, подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	3	3	
4	Раздел 4. ПРИМЕНЕНИЕ ОСРВ FreeRTOS В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ И КОМПОНЕНТОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ Организация системы управления мобильным роботом на основе однокристального микроконтроллера: - управление приводами (таймеры-счетчики: формирование широтно-модулированного сигнала, считывание данных с энкодеров); - сбор информации с датчиков (стандартные периферийные интерфейсы – UART, I2C, SPI, 1-wire, аналого-цифровой преобразователь); - взаимодействие с системой компьютерного зрения на базе встраиваемого компьютера, оснащенного камерой – настройка обмена сообщениями по последовательному каналу, стандартизация сообщений в соответствии с требованиями операционной системы для роботов ROS). Протокол MQTT (message queuing telemetry transport) и его использование для обмена данными между устройствами по принципу Издатель-Подписчик по проводным и беспроводным сетям.			
4.1	ПРИМЕНЕНИЕ ОСРВ FreeRTOS В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ И КОМПОНЕНТОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ /Тема/	3	0	
4.1.1	ПРИМЕНЕНИЕ ОСРВ FreeRTOS В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ И КОМПОНЕНТОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ /Пр/	3	2	
4.1.2	Разработка системы команд и статусов для интегрирования устройства, управляемого однокристальным микроконтроллером, в состав робота, использующего ROS /Лаб/	3	4	
4.1.3	Подготовка к выполнению заданий по контрольной работе, подготовка к текущему контролю успеваемости /Ср/	3	3	
5	Раздел 5. Промежуточная аттестация			
5.1	Экзамен /Тема/	3	0	
5.1.1	Контактная работа с ППС /КоРа/	3	0.35	
5.1.2	Подготовка к экзамену /Экзамен/	3	35.65	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП- отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС),

разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Муха Ю. П., Авдеюк О. А.	Конспект лекций по системам реального времени: учеб. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 1999	
Л.2	Блэкман М.	Проектирование систем реального времени	М.: Мир, 1977	
Л.3	Финогенов К. Г.	Программирование измерительных систем реального времени	М.: Энергоатомиздат, 1990	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Беспалов, Д. А. Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения. Часть 1 : учебное пособие : в 1 частях / Д. А. Беспалов. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2019 — Часть 1 : Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения. Часть 1 — 2019. — 139 с. — ISBN 978-5-9275-3367-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/141131 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э2	Беспалов, Д. А. Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения : учебное пособие : в 2 частях / Д. А. Беспалов. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2019 — Часть 2 : Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения — 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-9275-3368-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/141132 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э3	Гриценко, Ю. Б. Системы реального времени : учебное пособие / Ю. Б. Гриценко. — Москва : ТУ-СУР, 2017. — 253 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/110216 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э4	Мясников, В. И. Операционные системы реального времени: лабораторный практикум : учебное пособие / В. И. Мясников. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. — 140 с. — ISBN 978-5-8158-1773-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/92562 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э5	Власенко, А. Ю. Операционные системы : учебное пособие / А. Ю. Власенко, С. Н. Карабцев, Т. С. Рейн. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 161 с. — ISBN 978-5-8353-2424-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121996 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э6	Старовойрова, Н. А. Операционные системы : учебник / Н. А. Старовойрова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-4000-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/125737 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э7	Кузьмич, Р. И. Операционные системы : учебное пособие / Р. И. Кузьмич, А. Н. Пупков, Л. Н. Корпачева. — Красноярск : СФУ, 2018. — 122 с. — ISBN 978-5-7638-3949-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157573 (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
Э8	Издательство «Лань»			
Э9	Официальный сайт фреймворка ROS			
Э10	Официальный сайт OCPB FreeRTOS			
Э11	Бесплатная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»			
Э12	eLIBRARY.RU - научная электронная библиотека			

6.3 Перечень программного обеспечения

6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

- 1) Создание проекта в системе Keil uVision для разработки программного обеспечения однокристальных микроконтроллеров STM32 под управлением FreeRTOS
- 2) Управление обменом данными, синхронизацией работы задач, разграничения доступа к периферийным устройствам при помощи объектов FreeRTOS (очереди, двоичные и счетные семафоры, мьютексы)
- 3) Организация системы обработки текстовых сообщений на основе однокристального микроконтроллера под управлением

FreeRTOS

4) Разработка системы команд и статусов для интегрирования устройства, управляемого однокристалльным микроконтроллером, в состав робота, использующего ROS