

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Утверждаю
Первый проректор - проректор по
учебной работе



Чупандина Е.Е.

29.09.2020

Дополнительная образовательная программа
повышения квалификации

тип программы

«Администрирование и программирование
микропроцессорных систем»

название программы

Категория обучающихся: работающие специалисты по встраиваемым микропро-
цессорным системам и цифровой обработке сигналов

Срок обучения: 72 часа

Форма обучения: очная

Город – Воронеж

I. Общая характеристика программы

1.1. Цели реализации программы:

совершенствование компетенций, необходимых для профессиональной деятельности (в рамках имеющейся квалификации), в частности:

- способность использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
- знание основных платформ, технологий и инструментальных программно-аппаратных средства для реализации информационных систем

1.2. Планируемые результаты обучения:

Слушатели, прошедшие обучение, должны:

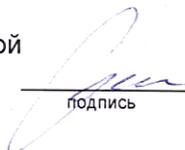
- **знать:** архитектуру современных микропроцессорных систем и сигнальных процессоров цифровой обработки сигналов;
- **уметь:** конфигурировать загрузчик и устанавливать операционную систему на платформе "Салют–ЭЛ24ПМ" АО НПЦ "ЭЛВИС";
- **владеть навыками:** настройки проводной и беспроводной ЛВС, отладки программ с использованием JTAG, программирования на языке С основных алгоритмов цифровой обработки сигналов, синхронизации процессов и межпроцессного взаимодействия средствами операционной системы.

II. Учебный план

	Наименование разделов и дисциплин	Всего, час.	В том числе			Форма контроля
			лекции	практические и лабораторные занятия	самостоятельная работа	
1.	Изучение архитектуры микропроцессорных систем	10	6	-	4	
2.	Изучение архитектуры сигнальных процессоров цифровой обработки сигналов (DSP)	6	4	-	2	
3.	Администрирование микропроцессорных систем на примере модуля "Салют-ЭЛ24ПМ" АО НПЦ "ЭЛВИС"	12	2	6	4	Сдача лабораторных работ
4.	Реализация на языке С основных алгоритмов цифровой обработки сигнала	16	4	8	4	Сдача лабораторных работ
5.	Синхронизация процессов и межпроцессное взаимодействие средствами операционной системы (Linux, FreeRTOS)	24	8	10	6	Сдача лабораторных работ
	Итоговая аттестация	4	-	-	4	зачет
	Итого	72	24	24	24	

Использование элементов дистанционного (электронного) обучения: учебные материалы курса планируются к размещению в информационной образовательной среде вуза «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/>) для обеспечения возможности дистанционного освоения лекционного материала, материала для практических занятий и материала, предназначенного для самостоятельной работы слушателей.

Руководитель дополнительной образовательной программы



подпись

Савинков А.Ю.

III. Рабочая программа учебной дисциплины (модуля)

1. Цели курса:

Совершенствование уровня компетенции работающих технических специалистов в области микропроцессорной техники и программной реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов.

2. Задачи курса:

- Ознакомить работающих технических специалистов с современными архитектурными решениями в области микропроцессорной техники и процессоров цифровой обработки сигналов
- Сформировать практические навыки администрирования и конфигурирования микропроцессорных систем
- Предоставить работающим техническим специалистам информацию о продукции ведущих российских производителей микропроцессорных систем, дать практический опыт работы с такими системами
- Познакомить работающих технических специалистов со встроенными средствами современных операционных систем для синхронизации параллельных процессов и межпроцессного взаимодействия, дать практический опыт работы с этими средствами

3. Компетенции обучающегося, совершенствуемые (согласно п. 1.1) в результате освоения программы:

ОПК-2 – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности

ОПК-7 – Знает основные платформы, технологии и инструментальные программно-аппаратные средства для реализации информационных систем

4. Раздел 1. Изучение архитектуры микропроцессорных систем (10 часов)

Тема 1.1. Архитектура процессоров обработки сигналов (4 часа)

Общие принципы построения микропроцессоров и особенности их архитектуры

Архитектура фон Неймана и гарвардская архитектура

Структура ARM

Структура процессора ЦПОС.

Тема 1.2. Архитектура ARM (6 часов)

Процессорное ядро ARM: основные положения, конвейер, регистры, регистр текущего состояния программы, режимы обработки исключительных ситуаций

Набор команд ARM: команды ветвления, команды обработки данных, команда обмена, изменение регистров состояния, программное прерывание, модуль MAC, набор команд THUMB.

Раздел 2. Изучение архитектуры сигнальных процессоров цифровой обработки сигналов (DSP) (6 часов)

Тема 2.1. Выбор цифрового процессора сигналов.

Процессоры ADI, motorola, улучшенные стандартные процессоры ЦПОС (Enhanced-Conventional DSP), процессоры TMS320C55X фирмы TI, процессоры DSP16xxx фирмы Lucent, процессоры ЦПОС с архитектурой VLIW, процессоры TMS320C6xxx.

Раздел 3. Администрирование микропроцессорных систем на примере модуля "Салют-ЭЛ24ПМ" АО НПЦ "ЭЛВИС" (12 часов)

Тема 3.1. Прошивка Flash-памяти и установка операционной системы BUILDROOT для модуля Салют-ЭЛ24Д (ELVEES) (3 часа)

Сборка стенда, прошивка Flash-памяти модуля Салют-ЭЛ24Д, использование пакета MCom-02 flash tools, определение COM порта, включение режима загрузки модуля Салют-ЭЛ24Д, использование терминала для доступа к модулю, установка BUILDROOT.

Тема 3.2. Прошивка Flash-памяти и установка операционной системы ALT Linux для модуля Салют-ЭЛ24Д (4 часа)

Сборка стенда, прошивка Flash-памяти модуля Салют-ЭЛ24Д, использование пакета MCom-02 flash tools, определение COM порта, использование терминала для доступа к модулю, запись образа ALT Linux на SD-карту, переход в режим загрузчика U-boot, загрузка операционной системы, использование терминала для изменения сетевых настроек модуля, выход в глобальную сеть с модуля Салют-ЭЛ24Д.

Тема 3.3. Настройка беспроводной сети для модуля Салют-ЭЛ24Д (5 часов).

Сборка стенда, прошивка Flash-памяти модуля Салют-ЭЛ24Д, использование пакета MCom-02 flash tools, определение COM порта, использование терминала для доступа к модулю, запись модифицированного образа ALT Linux с поддержкой Wi-Fi на SD-карту, подготовка модуля к беспроводному режиму работы, настройка загрузчика U-boot, загрузка U-boot, загрузка операционной системы ALT Linux, копирование образа загрузчика во внутреннюю память, загрузка U-boot из внутренней памяти, ручная настройка сети модуля.

Раздел 4. Реализация на языке С основных алгоритмов цифровой обработки сигнала (16 часов)

Тема 4.1. Комплексное представление сигнала, аналитические сигналы, формирование аналитического сигнала из действительного входного сигнала радиоприемника (1 час)

Тема 4.2. Цифровые фильтры (2 часа)

Тема 4.3. Быстрое преобразование Фурье (2 часа)

Тема 4.4. Модуляция и демодуляция, мягкие решения (4 часа)

Тема 4.5. Помехоустойчивое кодирование (7 часов)

Побитный и блочный алгоритм вычисления CRC

Сверточное кодирование, декодер Витерби (VA), декодер Витерби с мягким выходом (SOVA), декодер максимальной апостериорной вероятности (MAP)

Алгебраические блочные коды, код Хэмминга

Турбо коды

Раздел 5. Синхронизация процессов и межпроцессное взаимодействие средствами операционной системы (Linux, FreeRTOS) (24 часа)

Тема 5.1. Проблема синхронизации и методы решения: алгоритм Петерсона, спин-блокировки, семафоры, условные переменные (2 часа)

Тема 5.2. Синхронизация и межпотокое (межзадачное) взаимодействие FreeRTOS (4 часа)

Сигналы
Мьютексы и рекурсивные мьютексы
Семафоры
Очереди сообщений
Почтовые очереди

Тема 5.3. Объекты межпроцессного взаимодействия (IPC) System V (4 часа)
Разделяемая память, семафоры, очереди сообщений

Тема 5.4. Средства синхронизации, предоставляемые ядром Linux (4 часа)
Ожидание на файловых дескрипторах (системные вызовы select, poll), проблема 10k, средства уведомления epoll
Специальные файловые дескрипторы eventfd, signalfd, timerfd

Тема 5.5. Средства межпроцессного взаимодействия, предоставляемые ядром Linux (2 часа)
Программные каналы, пары сокетов

Тема 5.6. Объекты межпотокоего взаимодействия POSIX (4 часа)
Ожидание завершения потока, барьеры (рандеву), спин-блокировки, мьютексы, семафоры, блокировки читатель-писатель, условные переменные, обработка сигналов, разделяемая память, очереди сообщений

Тема 5.7. Библиотека атомарных операций C11 (stdatomic.h) (4 часа)

Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы (час.)
3.1	Установка ОС BUILDROOT для модуля Салют-ЭЛ24Д (2 часа)
3.2	Установка ОС ALT Linux для модуля Салют-ЭЛ24Д (2 часа)
3.3	Настройка беспроводной сети для модуля Салют-ЭЛ24Д (2 часа)
4.2	Реализация цифрового фильтра на языке С (2 часа)
4.3	Реализация функции БПФ на С (1 час)
4.4	Реализация мягкого демодулятора QAM (1 час)
4.5	Реализация декодера Витерби (2 часа) Реализация на языке С кодера/декодера Хэмминга и турбо кода на его основе (2 часа)
5.2	Реализация на языке С в среде FreeRTOS фреймворка протокола ModbusRTU (4 часа)
5.3	Решение задачи об обедающих философх (1 час)
5.4	Реализация на языке С фреймворка TCP-сервера (1 час) Синхронизация выполнения родительского и дочернего процесса с использованием eventfd (1 час)
5.6	Реализация безопасной очереди сообщений для межпотокоего взаимодействия (1 час)
5.7	Реализация объекта быстрой межпотокоевой блокировки (2 часа)

5. Методические рекомендации и пособия по реализации учебной программы

Внеаудиторная самостоятельная работа слушателей включает проработку материалов лекций, изучение рекомендованной литературы, изучение описаний к лабораторным работам и их защитам.

Для повышения эффективности руководства самостоятельной работой слушателей при проведении лабораторных (практических) занятий, призванных обеспечить выборочное использование лекционного материала для более глубокого изучения отдельных разделов дисциплины при решении соответствующих практических задач, такая работа в аудитории выполняется под непосредственным руководством преподавателя.

К лабораторным занятиям слушатели должны изучить теоретический материал предметной области, знать основы администрирования компьютера.

6. Контрольные задания:

1. Составить алгоритмы для прошивки Flash-памяти и установка операционной системы BUILDROOT; прошивки Flash-памяти и установка операционной системы ALT Linux, настройки беспроводной сети модуля Салют-ЭЛ24Д.

2. Написать на языке С программу модулятора 16-QAM с ограничением полосы выходного сигнала до $2/T$, где T - длительность символа модуляции.

3. Написать на языке С программу, обеспечивающую передачу данных между двумя потоками с использованием безопасной очереди сообщений.

7. Литература:

1) Таненбаум, Эндрю. Современные операционные системы = Modern Operating Systems / Э. Таненбаум, Х.Бос ; [пер. с англ. А. Леонтьевой, М. Малышевой, Н Вильчинского] .— 4-е изд. — Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2015 .— 1119 с.

2) https://www.freertos.org/FreeRTOS-quick-start-guide.html#page_top

3) https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSLTBW_2.1.0/com.ibm.zos.v2r1.cbclx01/atomicfunctions.htm

IV. Кадровое обеспечение дополнительной образовательной программы

№ п/п	Дисциплины (модули)	Характеристика педагогических работников									
		Фамилия, имя, отчество, должность по штатному расписанию	Какие образовательные учреждения окончили, специальность (направление подготовки)	Ученая степень, ученое звание, квалификационная категория	стаж педагогической (научно-педагогической) работы		основное место работы, должность	условия привлечения к педагогической деятельности			
					всего	в т.ч. педагогической работы					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Изучение архитектуры микропроцессорных систем	Борисов Дмитрий Николаевич, доцент.	ВГУ, радиофизика и электроника	К.Т.Н., доцент	19	19	ВГУ, каф. ИС, ФКН, доц.	Почасовая оплата			
2	Изучение архитектуры сигнальных процессоров цифровой обработки сигналов (DSP)	Борисов Дмитрий Николаевич, доцент.	ВГУ, радиофизика и электроника	К.Т.Н., доцент	19	19	ВГУ, каф. ИС, ФКН, доц.	Почасовая оплата			
3	Администрирование микропроцессорных систем на примере модуля "Салют-ЭЛ24ПМ" АО НПЦ "ЭЛВИС"	Борисов Дмитрий Николаевич, доцент.	ВГУ, радиофизика и электроника	К.Т.Н., доцент	19	19	ВГУ, каф. ИС, ФКН, доц.	Почасовая оплата			
4	Реализация на языке С основных алгоритмов цифровой обработки сигнала	Савинков Андрей Юрьевич, профессор.	ВГУ, радиофизика и электроника	Д.Т.Н., доцент	26	19	ВГУ, каф. ИС, ФКН, профессор	Почасовая оплата			
5	Синхронизация процессов и межпроцессное взаимодействие средстами операционной системы (Linux, FreeRTOS)	Савинков Андрей Юрьевич, профессор.	ВГУ, радиофизика и электроника	Д.Т.Н., доцент	26	19	ВГУ, каф. ИС, ФКН, профессор	Почасовая оплата			

V. Оценка качества освоения программы (формы аттестации, оценочные и методический материалы)

Текущая аттестация производится по результатам освоения материалов разделов, предполагающих выполнение лабораторных работ.

Критерии зачета:

«зачтено» - демонстрация разработанных в рамках лабораторных работ текущего раздела программных решений

«не зачтено» при отсутствии хотя бы одной выполненной реализации

Итоговая аттестация проходит в форме собеседования при условии выполнения лабораторных работ по всем разделам, по которым они предполагаются.

Критерии зачета:

«зачтено» - выполнены все лабораторные работы по всем разделам, слушатель ориентируется в предметной области во время собеседования

«не зачтено» - не выполнена хотя бы одна лабораторная работа и/или слушатель не ориентируется в предметной области

VI. Составители программы

Борисов Д.Н., к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных систем ФКН ВГУ (разделы 1, 2, 3)

Савинков А.Ю., д.т.н., доцент, профессор кафедры информационных систем ФКН ВГУ (разделы 4, 5)