

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

информационных систем

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины



Борисов Д.Н.

подпись, расшифровка подписи

05.05.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Разработка встраиваемых систем на базе однокристальной архитектуры

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки:

09.04.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки:

Программные технологии в инфокоммуникационных системах

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма обучения: заочная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Информационных систем

6. Составители программы: Борисов Д.Н., кандидат технических наук, доцент (borisov@cs.vsu.ru)

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС факультета компьютерных наук, протокол № 7 от 05.05.2025 г.

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр/триместр(ы): 6 триместр, 2 курс

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Дисциплина знакомит студентов с принципами разработки встраиваемых систем, а также с ее обобщенной структурой, архитектурой типичной системы на кристалле российского производителя системы на кристалле, использующейся в практической части курса. Позволяет понять принципы настройки встраиваемых систем: прошивки флеш-накопителя, установки операционной системы, использование встроенных возможностей, а также знакомит со средой программирования MCStudio4 и структурой проекта программы в данной среде.

Задачи учебной дисциплины: знакомство студентов с теоретическими основами встраиваемых систем, их настройки и программирования. Формирование у студентов практических навыков и умений, получение дополнительной профессиональной компетенции в области разработки встраиваемых систем на базе однокристальной архитектуры.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В). Для освоения дисциплины студент должен владеть компетенциями дисциплин Б1.О.08 (Математические методы в современных информационных технологиях), Б1.В.ДВ.03.02 (Системы и сети передачи информации).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-1 Способен владеть методами разработки и исследования моделей объектов профессиональной деятельности, способен адаптировать и применять методики решения научных задач, разрабатывать планы и организовывать проведение научно-исследовательских и инновационных проектов	ПК-1.1 Осуществляет сбор и анализ научно-технической информации, необходимой для постановки и обоснования исследовательских задач	Знать: алгоритм сбора и анализ научно-технической информации, необходимой для постановки и обоснования исследовательских задач Уметь: обеспечивать сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для постановки и решения задач исследования Владеть: методикой сбора научно-технической (научной) информации, необходимой для постановки и решения задач исследования
ПК-3 Способен проектировать структуру программ и реализует алгоритмы с учётом требований к надёжности, модульности и масштабируемости	ПК-3.2 Использует современные языки программирования для реализации алгоритмов	Знать: современные языки программирования для реализации алгоритмов Уметь: использовать современные языки программирования для реализации алгоритмов Владеть: современными языками программирования для реализации алгоритмов

ПК-3 Способен проектировать структуру программ и реализует алгоритмы с учётом требований к надёжности, модульности и масштабируемости	ПК-3.3 Проводит отладку и тестирование кода, оптимизирует его структуру и производительность	Знать: алгоритм отладки программного кода уметь: проводить проверку и отладку программного кода владеть: навыками проверки и отладки программного кода
---	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации — Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	2 курс, 6 триместр	Всего
Аудиторные занятия	8	8
Лекционные занятия	2	2
Практические занятия		
Лабораторные занятия	6	6
Самостоятельная работа	60	60
Часы на контроль	4	4
Всего	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Встраиваемые системы	Общие принципы построения микропроцессорных систем. Обобщенная архитектура встраиваемых систем. Начальные загрузчики. Системы сборки. Типы запоминающих устройств. Файловые системы для флеш-памяти. Введение в драйверы устройств. Процессоры и потоки. Управление памятью.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31679
2. Лабораторные занятия			
2.1	Прошивка Flash-памяти и установка BUILDROOT	Изучение прошивки Flash-памяти и установки Операционной системы BUILDROOT для модуля (системы на кристалле) Салют-ЭЛ24Д компании НПЦ «ЭЛВИС»	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31679

2.2	Прошивка Flash-памяти и установка ALT Linux	Изучение прошивки Flash-памяти и установки Операционной системы ALT Linux для модуля (системы на кристалле) Салют-ЭЛ24Д компании НПЦ «ЭЛВИС» с Возможностью подключения к локальной сети
2.3	Программирование встраиваемых систем	Программирование модуля (системы на кристалле) Салют-ЭЛ24Д компании НПЦ «ЭЛВИС» с использованием среды разработки MCStudio4 и эмулятора MC-USB-JTAG

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Встраиваемые системы	2	0	0	20	22
2	Настройка встраиваемых систем	0	0	4	20	24
3	Программирование встраиваемых систем	0	0	2	20	22
	Итого	2	0	6	60	68

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает проработку материалов лекций, изучение рекомендованной литературы, подготовку к лабораторным работам и их защита, подготовку к устному опросу и зачету.

Самостоятельная работа в аудитории выполняется под непосредственным руководством преподавателя. Во время самостоятельной работы студенты используют электронно-библиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу www.lib.vsu.ru. Для повышения эффективности руководства при проведении лабораторных занятий, призванных обеспечить выборочное использование лекционного материала для более глубокого изучения отдельных разделов дисциплины при решении соответствующих практических задач.

К лабораторным занятиям студенты должны изучить теоретический материал предметной области, основы программирования на языке C.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Смирнов, Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-1379-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://reader.lanbook.com/book/211292

2	Кушнер, Д. А. Основы автоматики и микропроцессорной техники : учебное пособие / Д. А. Кушнер, А. В. Дробов, Ю. Л. Петроченко. - Минск : РИПО, 2019. - 249 с. — Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=599952
---	--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Трипольский, П. Э. Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике : методические указания / П. Э. Трипольский. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://reader.lanbook.com/book/310793
2.	Техника микропроцессорных систем в телекоммуникациях : учебное пособие / Н. С. Мальцева, П. С. Резников, Е. А. Барабанова [и др.]. — Астрахань : АГТУ, 2020. — 80 с. — ISBN 978-5-89154-691-2. — Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа : https://reader.lanbook.com/book/223799#1

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», http://biblioclub.ru
3.	Электронно-библиотечная система «Лань», https://reader.lanbook.com

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Борисов Д. Н. Программирование и администрирование системы на кристалле : учебное пособие (на примере модуля САЛЮТ-ЭЛ24Д ПЦ «ЭЛВИС») / Д. Н. Борисов, А. А. Головкин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. — 83 с. — ISBN 978-5-9273-3148-2

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

1. Образовательный портал Moodle (сервер Moodle ВГУ), www.lib.vsu.ru
2. Среда разработки MCStudio (АО «ЭЛВИС»)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Программа реализуется на основе материально-технической базы Воронежского государственного университета. Для реализации учебного процесса используется:

1. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и доступом в электронную информационно-образовательную среду «Электронный университет ВГУ» (Moodle ВГУ);
2. Система на кристалле: процессорный модуль Салют-ЭЛ24ПМ2, отладочный модуль Салют-ЭЛ24ОМ1 компании Элвис (АО НПЦ «ЭЛВИС»);
3. Среда разработки MCStudio4;
4. Эмулятор JTAG-порта для отладки программ в среде MCStudio.

19. Оценочные материалы и критерии оценки текущей аттестации по курсу

Текущий контроль освоения программы осуществляется на основе результатов выполнения лабораторных работ, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий (электронный курс на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» edu.vsu.ru). Перечень лабораторных работ приведен выше.

При текущей аттестации используется шкала «зачтено – не зачтено» со следующими критериями оценок:

- «зачтено» – выставляется, если студент выполняет лабораторные работы в соответствии с заданием, не допуская ошибок, или обнаруживает и исправляет их в ходе представления результатов выполнения задания.

- «не зачтено» – выставляется, если студент не выполнил работу или допустил принципиальные ошибки при выполнении задания.

№ п/п	Разделы курса (модули)	Название компетенции	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Встраиваемые системы	ПК-1.1 Умеет обеспечивать сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для постановки и решения задач исследования	Тестовое задание 1
2	Программирование встраиваемых систем	ПК-3.2 Умеет разрабатывать программный код с использованием языков программирования по заданным алгоритмам	Тестовое задание 2 Лабораторная работа № 3
3	Настройка встраиваемых систем	ПК-3.3 Способен проводить проверку и отладку программного кода	Лабораторные работы № 1, 2 Контрольная работа

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в течение всего обучения в рамках освоения дисциплины и заключается в выполнении студентом 3-х лабораторных работ, успешного прохождения тестовых заданий (не менее 50 % правильных ответов), а также успешного написания контрольной работы (получение не менее 50 баллов из 100 баллов). Тестовые задания выполняются студентами после прослушивания лекций; лабораторные работы выполняются в течении отчетной сессии, но не позже итоговой аттестации. Контрольная работа выполняется после предоставления отчетов по трем лабораторным работам.

Лабораторные работы после выполнения оцениваются преподавателем, и выставляется оценка «зачтено» по лабораторной работе при условии ответа на 80% вопросов преподавателя по предметной области лабораторной работы.

Перечень заданий

Тестовое задание 1

1. Какие основные компоненты входят в состав микропроцессорной системы?
2. Каковы типичные функции шин в микропроцессорной системе?
3. Что представляет собой обобщённая архитектура встраиваемой системы?
4. Как взаимодействуют между собой центральный процессор, память и периферийные устройства?
5. Какие преимущества даёт использование аппаратных таймеров и контроллеров прерываний?
6. Какова основная задача начального загрузчика в встраиваемой системе?

Тестовое задание 2

1. Что такое система сборки и какую роль она играет в процессе разработки встраиваемого ПО?
2. Какие инструменты сборки наиболее популярны для встраиваемых Linux-систем?
3. Каковы основные отличия между NOR и NAND флеш-памятью?
4. Почему SRAM используется для кэш-памяти, а не для основной памяти?
5. Какова структура драйвера устройства в Linux?
6. В чём различие между пользовательским пространством (user space) и пространством ядра (kernel space) при работе с драйверами?

Контрольная работа

Ответьте письменно на следующие вопросы:

1. Дайте краткую характеристику системы на кристалле Салют-ЭЛ24Д: архитектура, тип процессора, периферия.
2. Какие компоненты включаются в прошивку встроенной Linux-системы? Объясните роль:
 - загрузчика (U-Boot),
 - ядра Linux,
 - root filesystem (rootfs).
3. Что такое Buildroot и каковы его ключевые преимущества для встраиваемых систем?
4. Объясните различие между NOR и NAND Flash. Какая используется в Салют-ЭЛ24Д и как это влияет на организацию прошивки?
5. Какие утилиты применяются для записи прошивок в NAND или NOR Flash?
6. Как осуществляется разметка Flash-памяти для загрузчика, ядра и корневой файловой системы?
7. Объясните, как может быть реализована фильтрация сигнала с помощью БИХ-фильтра на встроенной системе Салют-ЭЛ24Д. В чём заключается применение разностного уравнения фильтра, и каким образом может быть использовано параллельное выполнение операций (SIMD/параллельные ALU) в архитектуре SoC для ускорения вычислений? Приведите пример общего вида разностного уравнения и прокомментируйте его реализацию с учётом особенностей программирования на встроенной платформе.

Лабораторные работы

Студенты предоставляют отчеты по выполненным лабораторным работам:

Лабораторная работа 1. Прошивка Flash-памяти и установка BUILDROOT

Целью работы является изучение характеристик микропроцессора 1892BM14Я и подготовка к работе модуля Салют-ЭЛ24Д (прошивка Flash-памяти и установка операционной системы buildroot).

Лабораторная работа 2. Прошивка Flash-памяти и установка ALT Linux.

Целью работы является установка прошивки Flash-памяти и операционной системы ALT Linux, имеющей графический интерфейс).

Лабораторная работа 3. Программирование встраиваемых систем.

Целью работы является реализация разностного уравнения БИХ-фильтра для демонстрации фильтрации сигнала с использованием параллельного выполнения команд за одну инструкцию

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний:

ПК-1

Задания закрытого типа

1. Какова роль шин в микропроцессорной системе?
 - A) Питание компонентов
 - B) Синхронизация времени
 - C) Обеспечение обмена данными между компонентами
 - D) Обновление микропрограмм
2. Что характеризует обобщённую архитектуру встраиваемой системы?
 - A) Наличие GPU
 - B) Многоуровневая иерархия памяти
 - C) Жесткая связь между ПО и железом
 - D) Универсальность задач
3. Основные взаимодействующие элементы архитектуры:
 - A) Экран, клавиатура, питание
 - B) Процессор, память, периферия
 - C) Операционная система и драйверы
 - D) Порты ввода/вывода и таймеры
4. Зачем нужны таймеры в архитектуре?
 - A) Хранение данных
 - B) Сжатие информации
 - C) Управление временем выполнения задач
 - D) Диагностика оборудования
5. Задача загрузчика:
 - A) Управление питанием
 - B) Отправка данных по сети
 - C) Инициализация системы и запуск ОС
 - D) Удаление прошивки

Задания открытого типа

6. Как называется программа, выполняемая первой при включении устройства?
7. Какой тип памяти сохраняет данные при отключении питания и подходит для хранения прошивок?
8. Какой тип сборки используется для компиляции кода на одной архитектуре для запуска на другой?
9. Как называется минимальная операционная система, обеспечивающая выполнение задач в реальном времени?
10. Какой тип флеш-памяти чаще используется в объёмных хранилищах, но требует управления ошибками?

Задание с развёрнутым ответом

Запишите алгоритм (состоящий из, не менее 10 действий) прошивки flash-памяти и установки операционной системы BuildRoot для модуля САЛЮТ-ЭЛ24Д НПЦ «ЭЛВИС».

Задания закрытого типа

1. Что делает первичный загрузчик?
 - A) Показывает меню ОС
 - B) Загружает Linux
 - C) Инициализирует память и запускает второй загрузчик
 - D) Устанавливает обновления
2. Какой загрузчик популярен в Linux-встраиваемых системах?
 - A) GRUB
 - B) BIOS
 - C) U-Boot
 - D) Windows Boot Manager
3. NOR и NAND — это:
 - A) Типы процессоров
 - B) Типы флеш-памяти
 - C) Файловые системы
 - D) Архитектуры шин
4. Особенность энергонезависимой памяти:
 - A) Теряет данные при отключении питания
 - B) Используется только в ПК
 - C) Сохраняет данные без питания
 - D) Работает только с RTOS
5. Почему ext4 не подходит для NAND?
 - A) Не поддерживает тома
 - B) Слишком медленная
 - C) Не учитывает особенности флеш-памяти (wear leveling и bad blocks)
 - D) Требуется большого объема ОЗУ

Задания открытого типа

6. ☐ Как называется структура, управляющая записью и чтением данных на носителях?
7. Как называется тип памяти, используемый в качестве кэша из-за высокой скорости?
8. Как называется часть ОС или модуля, управляющая аппаратным устройством?
9. Какой компонент встраиваемой системы управляет вычислениями и логикой?
10. ☐ Как называется сигнал, временно прерывающий основное выполнение программы для обработки события?

Задание с развёрнутым ответом

Запишите алгоритм (состоящий из, не менее 10 действий) прошивки Flash-памяти и установки ALT Linux для модуля САЛЮТ-ЭЛ24Д НПЦ «ЭЛВИС».

20.2. Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации:

Промежуточная аттестация проводится на основании итогов выполнения студентом лабораторных работ по всем темам (100% выполненных работ), успешного прохождения двух тестов (не менее 50% правильных ответов) и успешного написания контрольной работы (50 баллов из 100 баллов).

По итогам выполнения лабораторных работ, учета прохождения тестов, написания контрольной работы и устного ответа (собеседование со студентом в конце триместра по вопросам из перечня вопросов к зачету и использования контрольно-измерительных материалов) студенту выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» по дисциплине.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен формулировать основные понятия предметной области	Базовый уровень	Зачет
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, не понимает основных понятий в области встраиваемых систем, допускает грубые ошибки в структуре программы	Пороговый уровень	Незачет

Перечень вопросов к зачету

1. Что такое встраиваемая система и как она отличается от универсального компьютера?
2. Какие компоненты входят в состав типичной микропроцессорной системы?
3. В чём преимущества использования микроконтроллеров во встраиваемых системах?
4. Какие типы шин используются для обмена данными в микропроцессорных системах?
5. Что такое системная шина и какова её роль?
6. Опишите обобщённую архитектуру встраиваемой системы.
7. Что такое SoC (System on Chip) и в чём его особенности?
8. Какова роль периферийных устройств во встраиваемой системе?
9. Какие типы таймеров используются в встраиваемых системах и зачем они нужны?
10. Что такое прерывания и как они используются?
11. Что такое загрузчик (bootloader) и зачем он нужен?
12. Какие этапы загрузки операционной системы включает процесс начальной инициализации?
13. Чем отличается загрузка в bare-metal системе от загрузки в системе с ОС?
14. Приведите пример популярных загрузчиков для встраиваемых Linux-систем.
15. Как осуществляется хранение и обновление загрузчика?
16. Что такое кросс-компиляция и зачем она используется?
17. Чем отличается кросс-компилятор от обычного компилятора?
18. Какие системы сборки применяются для сборки встраиваемых Linux-систем?
19. Что такое toolchain и из чего он состоит?
20. В чём особенности сборки ядра Linux для встраиваемой системы?
21. Опишите основные виды памяти, используемые во встраиваемых системах.
22. В чём отличие SRAM и DRAM?
23. Каковы особенности флеш-памяти типа NOR и NAND?
24. Почему энергонезависимая память важна для встраиваемых систем?
25. Что такое EEPROM и каковы её преимущества и недостатки?
26. Какие проблемы возникают при использовании обычных файловых систем на NAND флеш-памяти?
27. Какие файловые системы обеспечивают устойчивость к сбоям?
28. В чём различие между JFFS2 и UBIFS?
29. Что такое драйвер устройства и зачем он нужен?
30. В чём различие между драйверами в пространстве пользователя и пространстве ядра?
31. Какие основные функции реализует драйвер?
32. Как осуществляется взаимодействие между пользовательским приложением и драйвером?
33. Какие механизмы синхронизации используются в драйверах?
34. Что такое многозадачность и как она реализуется во встраиваемых системах?
35. В чём различие между процессом и потоком?
36. Как работает планировщик задач в ОС реального времени (RTOS)?
37. Какие методы синхронизации потоков применяются во встраиваемых ОС?
38. Что такое приоритет потока и как он влияет на выполнение задач?

Пример контрольно-измерительного материала

Направление подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии

Дисциплина Разработка встраиваемых систем на базе однокристальной архитектуры

Курс 2

Форма обучения заочное

Вид аттестации промежуточная

Вид контроля зачет

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Опишите обобщённую архитектуру встраиваемой системы.
2. В чём отличие SRAM и DRAM?
3. Запишите алгоритм действий по прошивке flash-памяти и установки операционной системы ALT-Linux для модуля САЛЮТ-ЭЛ24Д НПЦ «ЭЛВИС».