Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 05.02.2025 12:05:22
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____А.Г. Балашов
«04» сентября 2024 г.
М.П.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Bare metal программирование»

Направление подготовки –09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
Направленность (профиль)– «Вычислительные системы и электронная компонентная база»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция **ПК-3 Способен осуществлять функциональную верификацию и разрабатывать тесты функционального контроля интегральных схем с применением UVM методологии, сформулирована на основе профессионального стандарта** 40.019 «Специалист по функциональной верификации и разработке тестов функционального контроля наноразмерных интегральных схем»

**Обобщенная трудовая функция** С (7) Выполнение работ по верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков

**Трудовая функция** С/01.7 Разработка верификационных планов для ИС и составляющих ее СФ-блоков

| **Подкомпетенции, формируемые в дисциплине** | **Задачи профессиональной деятельности** | **Индикаторы достижения подкомпетенций** |
|---|---|---|
| **ПК-3.ВМП**<br>Способен работать с документацией на тестируемое устройство и применять средства разработки и отладки для составления тестов функционального контроля интегральных схем. | Проектирование интегральных схем и систем на кристалле на системном, функциональном, логическом и физическом уровнях описания; обеспечение качества и соответствия моделей всех уровней абстракции СнК заявленным спецификациям и характеристикам, подтверждение заявленных функциональных и электрических параметров изготовленных ИС | ***Знания***:<br>- структуры и программной модели Cortex-M7.<br>- модели памяти и исключений Cortex-M<br>***Умения***:<br>- использовать внутрисхемную отладку.<br>- задавать правила для компоновщика.<br>- задавать правила сборки проекта с использование программы make.exe<br>***Опыт***: в разработке программного обеспечения с использованием Arm GNU Toolchain и make. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области информатики, архитектуры микроконтроллеров, микропроцессорных средств и систем, синтаксиса языка СИ.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа | | | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции (часы) | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) | | |
| 1 | 2 | 5 | 180 | 16 | 32 | - | 96 | Экз (36) |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля | Контактная работа | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции (часы) | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) | | |
| **Модуль 1.** Микропроцессорная система и средства разработки встраиваемого ПО | 6 | 12 | - | 48 | Защита ЛР<br>Проверка выполнения индивидуального задания<br>Тестирование |
| **Модуль 2.** Программная модель Cortex-M7 | 10 | 20 | - | 48 | Защита ЛР<br>Тестирование<br>Проверка выполнения индивидуального задания |

### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | Введение |
| | 2. | 2 | Средства разработки и отладки Arm Gnu Toolchain |
| | 3 | 2 | Компоновщик |
| 2 | 4 | 2 | Регистры процессора Cortex-M7 |
| | 5 | 2 | Модель памяти |
| | 6 | 2 | Модель исключений |
| | 7 | 2 | Модуль защиты памяти |
| | 8 | 2 | Контроллер вложенных векторных прерываний, спящие режимы |

### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

### 4.3. Лабораторные работы

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Наименование работы |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 4 | Open OCD и взаимодействие с периферией, |
| | 2 | 4 | Создание проекта GCC, startup, linker script, makefile |
| | 3 | 4 | Внутрисхемная отладка ПО |
| 2 | 4 | 4 | Подключение библиотеки New Lib |
| | 5 | 4 | CMSIS |
| | 6 | 4 | Исключения |
| | 7 | 4 | Модуль защиты памяти |
| | 8 | 4 | Спящий режим |

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС |
|---|---|---|
| 1 | 12 | Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций. |
| | 12 | Подготовка к защите ЛР |
| | 12 | Выполнение индивидуального задания |
| | 12 | Подготовка к тестированию |
| 2 | 12 | Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций. |
| | 12 | Подготовка к тестированию |
| | 12 | Подготовка к защите ЛР |
| | 12 | Подготовка к защите индивидуального задания |

### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , http://orioks.miet.ru/):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

- Методические рекомендации по выполнению индивидуального задания
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для экзамена

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Матюшин, А.О. Программирование микроконтроллеров: стратегия и тактика / А.О. Матюшин. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 356 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/93261 (дата обращения: 21.10.2024). - ISBN 978-5-97060-098-6 : 0-00. - Текст : электронный.

2. Джозеф, Ю. Ядро Cortex-M3 компании ARM. Полное руководство / Ю. Джозеф. - Москва : ДМК Пресс, 2012. - 552 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/69941 (дата обращения: 21.10.2024). - ISBN 978-5-97060-307-9 : 0-00. - Текст : электронный.

3. Редькин, П. П.32-битные микроконтроллеры NXP с ядром CORTEX-M3 семейства LPC17XX. Полное руководство / П. П. Редькин. - М. : ДМК Пресс, 2015. - 756 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/73078 (дата обращения: 21.10.2024). - ISBN 978-5-97060-306-2 : 0-00. - Текст : электронный.

**Техническая документация**

1. Arm Cortex-M7 Processor Technical Reference Manual
2. Arm Cortex-M7 Devices Generic User Guide
3. Arm Cortex-M7 Processor Datasheet
4. Datasheet STM32H745xI/G (DS12923 Rev 1)
5. STM32H7 Nucleo-144 boards (MB1363)

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IET Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (дата обращения : 21.10.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»

2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 21.10.2024). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ

3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: https://urait.ru/ (дата обращения : 21.10.2024); Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp (дата обращения: 21.10.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы в формах: внешних онлайн-курсов: https://github.com/MPSU/DT-FVB.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения |
|---|---|---|
| Учебная аудитория | Компьютер с мультимедийным оборудованием | Win pro от 7,<br>Microsoft Office Professional Plus или Open Office,<br>браузер (Firefox, Google Crome);<br>Acrobat reader DC |
| Лаборатория прототипирования и тестирования ИУС | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ. | Git for Windows,<br>MinGW<br>QuestaSim<br>Arm GNU Toolchain<br>VSCode |
| Помещение для самостоятельной работы | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ | Операционная система Microsoft Windows<br>Microsoft Office<br>браузер<br>Acrobat reader DC |

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-3.ВМП** «Способен работать с документацией на тестируемое устройство и применять средства разработки и отладки для составления тестов функционального контроля интегральных схем»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: **HTTP://ORIOKS.MIET.RU/**.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

В настоящем курсе «Bare metal программирование» материал представлен двумя модулями.

Первый модуль посвящён изучению работы со средствами разработки и отладки встраиваемого ПО. Второй модуль посвящён детальному изучению структуры и принципов функционирования процессорного ядра микроконтроллера.

Выполнение лабораторной работы состоит из следующих этапов:

1. Изучение методических материалов
2. Выполнение задания к лабораторной работе
3. Защита лабораторной работы

Защита лабораторной работы проходит на занятиях, отведённых под лабораторные работы или на консультациях. Защита состоит из демонстрации полученных в ходе выполнения лабораторной работы результатов, рассказа о ходе её выполнения, ответов на дополнительные вопросы (Какое максимальное количество регионов MPU допустимо использовать на МК из лабораторного стенда?) Выполнение дополнительного индивидуального задания по теме лабораторной работы (Продемонстрируйте процесс обработки ошибок доступа к памяти.)

Выполнение и защита следующей работы только после защиты предыдущей.

Полученные знания, используются студентами при выполнении индивидуального задания, а также написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

### 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: посещаемость занятий, выполнение лабораторных работ, контрольное тестирование и экзамен.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент Института МПСУ, к.т.н. _____/Д.В. Калеев/

Старший преподаватель Института МПСУ _____/ А.П. Панов/

Рабочая программа дисциплины «Bare metal программирование» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Вычислительные системы и электронная компонентная база» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании Ученого совета Института МПСУ «30» августа 2024 г., протокол № 13.

Зам директора Института МПСУ по ОД _____/Д.В. Калеев /

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ _____ /А.Л. Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____ /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/Т.П. Филиппова/