

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**ИО директора физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Разработка встраиваемых систем
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.В. Амелин, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры мультимедийных технологий и телекоммуникаций 28.06.2021

Аннотация

Основной целью данного курса является знакомство студентов с основными идеями программирования современных микроконтроллеров и применения микроконтроллеров в физическом эксперименте и в прототипировании устройств. В результате изучения данного курса студенты узнают о возможностях встраиваемых операционных систем, освоят принципы работы микроконтроллеров, концепции встроеного ПО. Эти знания в совокупности позволят им проектировать и отлаживать ПО на различных микроконтроллерах, проектировать устройства.

Курс будет проходить в виде практических занятий, в начале которых студентам будет выдаваться необходимая база знаний, на основе которых они смогут реализовывать практические задачи на техническом оборудовании.

Для успешного прохождения курса необходимо посещение занятий, выполнение практических работ и самостоятельная работа с дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Познакомить студентов с основными идеями программирования и применения микроконтроллеров в физическом эксперименте и в прототипировании устройств.

Задачи дисциплины

- разъяснение места и роли современных микроконтроллеров в физическом эксперименте и в прототипировании устройств;
- приобретение учащимися начальных навыков работы с микроконтроллерами, изучение основных концепций разработки встраиваемого ПО;
- ознакомление с особенностями внутреннего устройства встроенных операционных систем.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- принципы работы микроконтроллеров, концепции внутрисистемного ПО, основы создания ПО на микроконтроллерах, в том числе сведения, относящиеся к устройству и использованию встроенных ОС.

уметь:

- проектировать и отлаживать устройства на современных микроконтроллерах, использовать встроенные ОС.

владеть:

- основными методами создания, отладки и тестирования ПО на микроконтроллерах с применением различной периферии.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в микроконтроллеры. Описание средств разработки и отладки, аппаратных средств.	1	2		2
2	Устройство ядра. Структура памяти. Регистры общего назначения. Обзор особенностей архитектуры.	2	2		2
3	Контроллер прерываний (NVIC). Системные и периферийные прерывания. Обзор стандартной периферии, работа со сторонними HAL.	2	2		2
4	Операционные системы реального времени, переключение потоков в МК.	1	3		2
5	Описание проблем многопоточных приложений. Средства синхронизации. Межпроцессорное взаимодействие.	1	3		3
6	Общие принципы работы периферии. Обзор UART, SPI, I2C. Использование HAL для работы с периферией.	1	3		3
7	Соединение с сетью интернет. Принципы, подходы, сложности.	1	3		3
8	Работа с коммуникационными модулями: WI-FI, Bluetooth.	1	2		6
9	Краткий обзор файловых систем.	1	2		4
10	Работа с Flash памятью.	1	2		4
11	Обработка ошибок и незапланированного поведения системы. Сбор статистики и логов.	1	2		4
12	Система запуска устройства. Bootloader. Отказоустойчивость.	1	2		4
13	Разбор практических проектов. Обсуждение решений.	1	2		6

Итого часов	15	30		45
Подготовка к экзамену	0 час.			
Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Введение в микроконтроллеры. Описание средств разработки и отладки, аппаратных средств.

Введение в содержание курса, знакомство с преподавателем и его практическим опытом. Краткий исторический экскурс. Обзор средств разработки. Прошивка микроконтроллеров. Процесс компиляции кода под целевую архитектуру. Внутрисхемный отладчик.

2. Устройство ядра. Структура памяти. Регистры общего назначения. Обзор особенностей архитектуры.

Ядро. Регистры. Функциональное устройство микроконтроллера. Структура памяти: память внешних устройств, внешняя оперативная память, память периферии, оперативная память. Расположение исполняемого кода в памяти микроконтроллера.

3. Контроллер прерываний (NVIC). Системные и периферийные прерывания. Обзор стандартной периферии, работа со сторонними HAL.

Обработка внешних событий: постоянный опрос и прерывание. Действия при прерывании. Вложенные прерывания: вытеснение, ожидание. Приоритеты прерываний, статусы прерываний. Управление периферией при помощи HAL производителя микроконтроллеров.

4. Операционные системы реального времени, переключение потоков в МК.

Описание простых ОС реального времени. Описания механизма создания и переключения потоков. Работа планировщика. Использование ОС во встраиваемых устройствах.

5. Описание проблем многопоточных приложений. Средства синхронизации. Межпроцессорное взаимодействие.

Проблемы межпроцессорного взаимодействия и методы их решения. Внутреннее устройство средств синхронизации.

6. Общие принципы работы периферии. Обзор UART, SPI, I2C. Использование HAL для работы с периферией.

Описание наиболее популярных периферийных протоколов. Особенности работы протоколов. Использование периферии при помощи HAL производителя.

7. Соединение с сетью интернет. Принципы, подходы, сложности.

Особенности и сложности соединения с внешними сетями во встроенных устройствах. Соединение с облачными хранилищами.

8. Работа с коммуникационными модулями: WI-FI, Bluetooth.

Общий обзор протоколов Wi-Fi И Bluetooth. Взаимодействие ПО микроконтроллера с модулями внешней связи.

9. Краткий обзор файловых систем.

Описание основных концепций файловых систем. Использование файловых систем во встроеном ПО.

10. Работа с Flash памятью.

Описание Flash памяти. Описание интерфейсов работы с FLASH памятью. Доступ к FLASH памяти используя HAL производителя микроконтроллера.

11. Обработка ошибок и незапланированного поведения системы. Сбор статистики и логов.

Встроенные механизмы процессора по обработке незапланированного поведения. Алгоритмы автоматического восстановления работы встроенных устройств. Создания системы логирования.

12. Система запуска устройства. Bootloader. Отказоустойчивость.

Запуск микроконтроллера. Создание Bootloader. Описание задач и функционала Bootloader. Обновление прошивки, проблемы, способы решения.

13. Разбор практических проектов. Обсуждение решений.

Разбор практических проектов. Обсуждение решений.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оснащение:

- Отладочная плата.
- Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, транзисторы, интегральные схемы, микропроцессоры, макетная плата, светодиоды, соединительные провода, OLED дисплей, пьезодинамик, семисегментный индикатор, USB кабель, USART.
- Лабораторный инструмент

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Полезные схемы с применением микроконтроллеров и ПЛИС [Текст] /О. Д. Вальпа. -М., ДМК Пресс, 2017

Дополнительная литература

1. Применение микроконтроллеров [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. И. Донов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2007 .— 160 с.
2. Основы цифровой электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2014 .— 281 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

4. <http://minsvyaz.ru/ru/documents/> – нормативно-правовые документы Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
5. <http://www.itu.int/pub/T-REC/> – Рекомендации Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи МСЭ-Т
6. <http://www.itu.int/pub/R-REC/> – Рекомендации Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи МСЭ-R
7. <http://www.etsi.org/standards-search/> – стандарты Европейского института стандартизации телекоммуникаций ETSI
8. <http://www.ietf.org/rfc.html/> – документы инженерной рабочей группы Интернет RFC IETF

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

- Git
- Cmake
- Toolchain
- OpenOCD
- Notepad++

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- выполнение практических работ в выбранных программных средах,
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: А.В. Амелин, ассистент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Разработка встраиваемых систем» обучающийся должен:

знать:

- принципы работы микроконтроллеров, концепции внутрисистемного ПО, основы создания ПО на микроконтроллерах, в том числе сведения, относящиеся к устройству и использованию встроенных ОС.

уметь:

- проектировать и отлаживать устройства на современных микроконтроллерах, использовать встроенные ОС.

владеть:

- основными методами создания, отладки и тестирования ПО на микроконтроллерах с применением различной периферии.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В курс имеются набор практических заданий, в результате выполнения которых обучающийся получает оценку.

Темы практических заданий:

1. Разработка плана работ на семестр
2. Разработка в группах ПО для простого фитнес браслета
3. Написание тестов для разработанного ПО

4. Координация членов группы для решения общей задачи
5. Проведение финальной презентации

За каждое задание студент получает оценку в соответствии с таблицей критерия оценивания, которая будет учитываться при промежуточной аттестации.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечен вопросов для проведения дифференцированного зачета:

1. Инструменты, необходимые для программирования микроконтроллеров
2. Устройство ядра. Структура памяти
3. Операционные системы реального времени. Внутреннее устройство.
4. Средства синхронизации потоков.
5. Контроллер прерываний (NVIC). Системные и периферийные прерывания
6. UART, SPI использование настройка.
7. FLASH память особенности использования.
8. Файловые системы общие принципы.
9. Bootloader функционал, реализация.
10. Обработка ошибок и незапланированного поведения

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.

В курс имеются набор практических заданий, в результате выполнения которых обучающийся получает оценку.

Итоговая оценка за курс выставляется с учётом результатов защиты практических заданий в соответствии с таблицей критерии оценивания.