

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

**«Проектирование радиоэлектронной аппаратуры
на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах»**

Направление подготовки
«11.03.01 Радиотехника»

Направленность (профиль)
«00 Радиотехника»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «18» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах» являются: изучение общей структуры и основных характеристик цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) и микроконтроллеров (МК), и применение математических методов и программных средств для решения задач проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений и является дисциплиной по выбору.

Освоение дисциплины основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Структурное программирование на C++», «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Цифровые устройства», «Основы цифровой обработки сигналов».

Полученные в курсе знания, умения и навыки востребованы при изучении дисциплин специализации: «Цифровая обработка речевых сигналов», а также при прохождении практик и при выполнении выпускных квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиотехники, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач	знает: – взаимосвязь параметров устройств цифровой обработки сигналов (ЦОС) и их технических характеристик; умеет: – рассчитывать параметры устройств ЦОС для получения требуемых характеристик
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиотехники	знает: – структуру и принципы функционирования ЦСП и МК, области их применения; – методы реализации устройств ЦОС на ЦСП и МК умеет: – реализовывать алгоритмы работы устройств ЦОС в виде программ для ЦСП и МК на языке С; – оптимизировать программы ЦСП и МК по быстродействию и объему используемых ресурсов.

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **2** зачёт. ед., **72** акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					Самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение в дисциплину	6		2		1		1,7	
2	Архитектура ядра ЦСП. семейства TI C6x. Обработка данных в ядре.	6		10		1		3	Практическое задание №1
3	Метод прямого цифрового синтеза сигналов (Direct Digital Synthesis – DDS)	6		13		1		4	Практическое задание 2
4	Методы реализации цифровых фильтров. Специальные возможности ЦСП	6		13		1		4	Практическое задание №3
5	Подсистема ввода- вывода ЦСП. Организация ввода- вывода в ЦСП TI	6		13		1		3	Практическое задание №4
	Промежуточная аттестация	6					0,3		Зачёт
	ИТОГО	6		51		5	0,3	15,7	72

Содержание разделов дисциплины

1 Введение в дисциплину

1.1 Содержание дисциплины.

1.2 Общие сведения о ЦСП и МК. Ключевые особенности ЦСП как средств ЦОС

1.3 Знакомство с ЦСП фирмы Texas Instruments (TI)

2 Архитектура ядра ЦСП семейства TI C6x. Обработка данных в ядре.

2.1 Общая архитектура ядра семейства TI C6x, структура исполнительного блока

2.2 Представление данных в ЦСП, общие правила выполнения операций над данными

2.3 Система команд обработки данных ядра семейства C6x.

2.4 Практическое задание на использование системы команд ЦСП.

3 Метод прямого цифрового синтеза сигналов (Direct Digital Synthesis – DDS)

3.1 Метод прямого цифрового синтеза, принцип формирования сигнала

3.2 Основные параметры DDS и их влияние на технические характеристики

3.3 Практическое задание на реализацию DDS на ЦСП

4 Методы реализации цифровых фильтров. Специальные возможности ЦСП

4.1 КИХ фильтры с линейной фазовой характеристикой. Свойства и схемы реализации.

4.2 Кольцевые буферы в ЦСП. Реализация фильтров с использованием кольцевых буферов

4.3 Реализация фильтров с использованием алгоритмов быстрого преобразования Фурье

4.4 Практическое задание на реализацию КИХ фильтра.

5 Подсистема ввода-вывода ЦСП. Организация ввода-вывода в ЦСП TI

5.1 Схема тактирования ЦСП. Настройка частоты тактирования ядра и периферийных устройств.

5.2 Матрица коммутации периферийных устройств. Регистр настройки матрицы коммутации.

5.3 Многоканальный буферизированный последовательный порт (McBSP). Организация обмена данными с звуковым кодеком.

5.4 Практическое задание на реализацию ввода-вывода звукового сигнала.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены презентации с теоретическими материалами по темам дисциплины;
- размещены практические задания и комментарии к их выполнению;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader;

для выполнения обучающимися практических заданий в ходе учебных занятий:

- среда разработки Code Composer Studio (свободное использование с отладчиками XDS100 и отладочными платами Digital Spectrum, с программным симулятором);
- GNU Octave.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Александров, Е. К. Микропроцессорные системы : учебное пособие для вузов/ Е. К. Александров, Р. И. Грушвицкий, М. С. Куприянов, О. Е. Мартынов, Д. И. Панфилов, Т. В. Ремизевич, Ю. С. Татаринов, Е. П. Угрюмов, И. И. Шагурин; Под общ. ред. Д. В. Пузанкова. – СПб.: Политехника, 2012. – 935 с. – Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5732505164.html> (16.02.2021). – Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература

1. Гуров, В. В. Архитектура микропроцессоров / Гуров В. В. – М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. (Основы информационных технологий) – Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996302673.html> (16.02.2021). – Режим доступа : по подписке.

в) ресурсы в сети Интернет

1. OMAP-L138 C6000 DSP+ARM Processor Technical Reference Manual– Текст : электронный // Texas Instruments – URL : <https://www.ti.com/lit/ug/spruh77c/spruh77c.pdf?ts> (16.02.2021).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения практических занятий;

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Учебно-методическое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав:

- набор разработчика TMDSLCDK138 OMAP-L138 development kit (LCDK);
- внутрисхемный отладчик XDS100.

Автор:

Доцент кафедры
радиотехнических систем, к.т.н.

должность, учёная степень

А.Б. Герасимов

И.О. Фамилия

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Проектирование радиоэлектронной аппаратуры
на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Практические задания

(проверка сформированности ПК-1, индикаторы ИД-ПК-1.1 и ИД-ПК-1.2)

Задание 1.

Создайте новый проект для среды разработки Code Composer Studio, проект должен быть настроен на отладку программы на симуляторе. Напишите программу, которая будет вычислять значения полинома 3-й степени:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$$

где b_0 , b_1 , b_2 , b_3 – постоянные коэффициенты, значение которых задаётся преподавателем.

Программа должна формировать массив значений полиномиальной функции, размер которого также задаёт преподаватель.

Значения x изменяются в диапазоне $0 \leq x < 1$, значения y могут лежать в диапазоне $-1 \leq y < 1$. Считать, что представление значений x и y осуществляется знаковыми дробными числами с фиксированной точкой в форме 1:15.

Выполнение математических операций должно быть реализовано с использованием специальных функций, адаптированных к системе команд процессора: MPY, ADD, SSH.

Задание 2.

Написать программу, которая реализует DDS.

Программа должна заполнять выходной массив отсчётами синусоидального сигнала заданной частоты. Размер выходного массива - 256 отсчётов. Разрядность представления отсчётов выходного массива - 16 бит, со знаком. Значение частоты должно задаваться целочисленным кодом частоты, разрядность кода частоты следует определить самому на основе исходных данных.

Заполнение выходного массива должно осуществляться на основе массива отсчётов первой четверти синуса ($0 \leq \varphi \leq \pi/2$). Разрядность представления данных - 16 бит, со знаком. Массив отсчетов первой четверти синуса следует инициализировать значениям сразу при создании массива, не вычисляя значений в процессе выполнения программы. Значения отсчетов могут быть рассчитаны с помощью GNU Octave и т.п.

Частота дискретизации, шаг установки частоты и размер массива отсчётов первой четверти синуса задаются преподавателем.

Задание 3.

Написать программу, которая реализует цифровой КИХ-фильтр с заданными свойствами.

Порядок фильтра равен 64. Частота дискретизации и частота среза фильтра задаются преподавателем. Программа должна заполнять массив выходного сигнала размером 256 выборок. Входным сигналом должен являться синусоидальный сигнал. Формирование сигнала осуществляется на основе программы, реализующей DDS, разработанной при выполнении предыдущего задания.

Разрядность представления выборок импульсной характеристики, входного и выходного сигналов, должна составлять 16 бит, числа знаковые. Выборки импульсной характеристики рекомендуется нормировать, чтобы избежать переполнения значений выходного сигнала, но при этом максимально эффективно использовать диапазон представления чисел. Импульсную характеристику фильтра можно рассчитать любым доступным способом.

Работу с массивом истории выборок входного сигнала нужно организовать на основе принципа циклического буфера: перезапись самого старого значения в буфере истории и перемещение указателя. Реализацию принципа циклической свертки сделать самостоятельно, не используя аппаратные возможности процессора.

Задание 4.

Напишите программе, реализующую ввод-вывод сигнала с помощью звукового кодека.

Используйте проект-шаблон для настройки параметров тактирования ядра и периферии процессора. Исправьте шаблон для настройки работы процессора и звукового кодека с параметрами, которые задает преподаватель.

Настройте матрицу коммутации периферийных устройств для работы с многоканальным последовательным портом.

Напишите процедуру, реализующую обработку звукового сигнала цифровым фильтром по заданию 3. В процедуре должен производиться опрос готовности данных во входном регистре порта, по готовности данных входного отсчёта должно производиться вычисление значения выходного отсчёта, выходной отсчёт должен помещаться в выходной регистр порта.

Оценка каждого задания производится по бинарной схеме «зачтено» или «не зачтено»:

- написанная программа работает полностью правильно, получаемые результаты полностью соответствуют ожиданиям – оценка «зачтено»;

- написанная программа не работает или работает неправильно – оценка «не зачтено».

Обучающимся предоставляется неограниченное количество попыток для выполнения задания.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Правила выставления зачёта

Зачёт по дисциплине проводится по результатам выполнения практических заданий. Выставление оценки на зачёте проводится по следующему критерию:

- наличие оценок «зачтено» за выполнение 3 или более практических заданий соответствует зачётной оценке «зачтено»;

- наличие оценок «зачтено» за выполнение 2 или менее практических заданий соответствует зачетной оценке «не зачтено».

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Формой изучения дисциплины «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах» являются практические занятия. Основная часть времени практических занятий отводится на самостоятельное выполнение практических заданий. Перед началом выполнения каждого задания преподаватель проводит консультации, на которых излагаются основные теоретические сведения, необходимые для выполнения задания. Материал, изученный на консультациях, необходимо повторно разобрать в ходе самостоятельной работы, используя материалы консультаций, представленные в УЭК «Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на цифровых сигнальных процессорах и микроконтроллерах» в LMS «Moodle», и учебную литературу по дисциплине.

Выполнение практических заданий осуществляется в среде разработки Code Composer Studio версии 5.5. Программное обеспечение является свободным при использовании с программным симулятором. Рекомендуется установить среду разработки на личный компьютер для выполнения практических заданий в том числе в рамках самостоятельной работы. Дистрибутив программы находится по ссылке https://software-dl.ti.com/ccs/esd/documents/ccs_downloads.html. Для скачивания дистрибутива потребуется пройти авторизацию и заполнить форму согласия с ограничениями использования ПО.

Выполнение практических заданий предполагает выполнение предварительных расчетов с использованием сторонних программных средств:

- формирование таблицы значений 1-й четверти функции синус – может быть выполнено с использованием табличного процессора или программы научного программирования, например, с помощью GNU Octave;

- вычисление отсчётов импульсной характеристики КИХ фильтра по заданной частоте среза – может быть реализовано с использованием доступных свободных инструментов, например, с помощью онлайн калькулятора TFilter <http://t-filter.engineerjs.com/>.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по результатам выполнения практических заданий. Поэтому необходимо регулярно работать в течение семестра, обязательно посещать аудиторные занятия, в ходе которых обучающимся предоставляются рабочие места за персональными компьютерами с установленным программным обеспечением.