МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № ПС

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

В.А. Ненашев
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«25» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Высокоскоростная цифровая обработка сигналов»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности	Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил

доцент каф. РЭС ИИФи-РЭ СФУ, канд. техн. наук, доц.		А.Г. Андреев
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № ПС

«16» февраля 2026 г, протокол №7

Заведующий кафедрой № ПС

канд. техн. наук, доц.		Ф.В. Зандер
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

Доцент, канд. техн. наук, доц.		Н.В. Марковская
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Высокоскоростная цифровая обработка сигналов» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» направленности «Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования». Дисциплина реализуется кафедрой «№ПС».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-6 «Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ»

ПК-11 «Способен осуществлять разработку средств и систем защиты информации автоматизированных систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением теоретических основ построения и разработкой устройств высокоскоростной цифровой обработки при проектировании космического и ракетного оборудование.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *практические (семинарские) занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский »

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Получение обучающимися необходимых знаний, умений и навыков в области теоретических основ построения и разработки устройств высокоскоростной цифровой обработки, выполненных на базе современных высокоскоростных ППВМ фирмы Xilinx.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	ПК-6.З.1 знать схемы и конструкции электронных средств различного функционального назначения ПК-6.У.1 уметь подготавливать технические задания на выполнение проектных работ ПК-6.В.1 владеть навыками разработки архитектуры электронных средств
Профессиональные компетенции	ПК-11 Способен осуществлять разработку средств и систем защиты информации автоматизированных систем	ПК-11.З.1 знать средства и способы обеспечения безопасности информации, принципы построения систем защиты информации ПК-11.У.1 уметь анализировать программные, архитектурно-технические и схемотехнические решения компонентов автоматизированных систем ПК-11.В.1 владеть навыками разработки программного обеспечения, технических средств, баз данных и компьютерных сетей с учетом требований по обеспечению защиты информации

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3

1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/108	3/108
Из них часов практической подготовки	51	51
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)		
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	21	21
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: **кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 3					
Раздел 1. Введение в цифровую обработку сигналов Тема 1.1. Знакомство с архитектурой ППВМ Тема 1.2. Основы языка VHDL (модуль, интерфейс и архитектура модуля, порты, компоненты и т. д.) Тема 1.3. Среда разработки Vivado (подготовка описания устройства, синтез схемы, testbench, симуляция, реализация устройства, загрузка конфигурационного файла ППВМ, средства отладки)		3	6		3
Раздел 2. Комбинационная логика Тема 2.1. Элементы языка VHDL (case; when…else; for loop; generate, generic) Тема 2.2. Реализация устройств комбинационной логики на ППВМ		3	6		4

Раздел 3. Последовательностная логика Тема 3.1. Реализация устройств: D-триггер, делитель частоты, двоичный счетчик, параллельный регистр, сдвиговый регистр, генератор псевдослучайной последовательности (ПСП), память, конечные автоматы Тема 3.2. Знакомство с явлением метастабильности и методами борьбы с ним. Временные ограничения. Способы перехода между областями с различными тактовыми частотами (CDC) Тема 3.3. Реализация на языке VHDL модулей взаимодействия по интерфейсу SPI		3	6		4
Раздел 4. Формирование сигналов Тема 4.1. Способы цифрового формирования сигналов, прямой цифровой синтез; табличный генератор Тема 4.2. Характеристики сигналов; влияние параметров ЦОС на характеристики сигналов Тема 4.3. Формирование сигналов (виды модуляции: BPSK, BOC, MCK, GMSK)		3	6		4
Раздел 5. Блок цифровой обработки сигналов приемника Тема 5.1. Оценка параметров сигналов; моделирование алгоритмов оценки параметров сигналов при действии шума, помех, частотных искажений сигнала Тема 5.2. Реализация коррелятора (BPSK, BOC, MCK, GMSK)		3	6		3
Раздел 6. Управление блоком цифровой обработки сигнала Тема 6.1. AXI-шина; организация регистров управления и мониторинга Тема 6.2. Прямой доступ к памяти		2	4		3
Итого в семестре:		17	34		21
Итого	0	17	34	0	21

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Учебным планом не предусмотрено

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических заня-	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки,	№ раздела дисциплины

		тий		(час)	
Семестр 3					
1	Среда разработки Vivado		3		1
2	Элементы языка VHDL		3		2
3	Реализация устройств последовательностной логики		3		3
4	Способы цифрового формирования сигналов		3		4
5	Оценка параметров сигналов		3		5
6	Организация регистров управления и мониторинга по AXI-шине		2		6
Всего			17		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3				
1	Основы языка VHDL	6		1
2	Реализация устройств комбинационной логики на ППВМ	6		2
3	Реализация на языке VHDL модулей взаимодействия по интерфейсу SPI	6		3
4	Формирование сигналов (виды модуляции: BPSK, BOC, MCK, GMSK)	6		4
5	Реализация коррелятора (BPSK, BOC, MCK, GMSK)	6		5
6	Прямой доступ к памяти	4		6
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	7	7
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		

Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)	7	7
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	7	7
Всего:	21	21

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-8.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Бибило П. Н. Основы языка VHDL. М: Солон-Р, 2010. 200 с.	
	Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 800 с.	
	Д. М. Харрис, С. Л. Харрис, Цифровая схемотехника и архитектура компьютера, 2-е издание, Morgan Kaufman, 2013.	
	Глинченко А.С. Цифровая обработка сигналов: В 2 ч. Ч. 1. Красноярск: Изд-во КГТУ. 2001. 199 с.	
	Проектирование систем цифровой обработки сигналов : учеб.-метод пособие / сост.: А. Г. Андреев. (1,9 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2023.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Операционная система Microsoft Windows;
2	Xilinx Vivado
3	Matlab+Simulink+System Generator, лицензия – 10 шт.

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Специализированная лаборатория «Цифровых устройств приёма и обработки цифровых сигналов	4-15 (4-19, 2-23)
2	Стенды: Отладочная плата: FPGA ZedBoard Xilinx® XC7Z020-1CLG484C – 7 шт.	4-15 (4-19, 2-23)
3	**ИЛИ** FMCAADDA 9643 9122 2CH 14 bits 250M ADC + 2CH 14 bits 1,2G DAC (ADDA высокоскоростная дочерняя карта) – 7 шт.	4-15 (4-19, 2-23)
4	**ИЛИ** FMC150 – это аналоговый вход и выход FMC (VITA 57.1) с двумя 14-битными входными каналами с частотой дискретизации 250 МГц и двумя 16-битными выходными каналами с частотой дискретизации 800 МГц. – 7 шт.	4-15 (4-19, 2-23)
5	Соединительные кабели, переходы и т. д. – 10 комплектов.	4-15 (4-19, 2-23)
6	Высокопроизводительный компьютер под W10/11 – 10 шт.	4-15 (4-19, 2-23)
7	Высокоскоростной осциллограф с комплектом щупов и пробников – 4 шт.	4-15 (4-19, 2-23)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средствдля проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену;

	Экзаменационные билеты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Нарисовать структурную схему модуля взаимодействия по SPI (передатчик/приемник) и пояснить принцип действия устройства.	ПК-6.З.1

2	Нарисовать структурную схему ОЗУ и пояснить принцип действия устройства.	ПК-6.У.1
3	Нарисовать структурную схему цифрового генератора ФМ сигнала и пояснить принцип действия устройства.	ПК-6.В.1
4	Нарисовать структурную схему цифрового генератора сигнала и пояснить принцип действия устройства.	ПК-6.В.1
5	Явление метастабильности в цифровых устройствах. Способы предотвращения метастабильности при разработке цифровых устройств на базе ППВМ Xilix.	ПК-6.У.1
6	Что такое IP-ядро. Преимущества использования IP-ядер.	ПК-6.З.1
7	Что такое прямой цифровой синтез? Изобразить схему табличного генератора гармонического сигнала. Пояснить принцип действия устройства.	ПК-6.З.1
8	Описать на языке VHDL: - интерфейс модуля, содержащий одноразрядный вход и одноразрядный выход; - 8-разрядную входную шину; - последовательное соединение двух модулей, каждый из которых имеет по одному одноразрядному входу и выходу.	ПК-11.З.1
9	Какие значения помимо логической единицы и логического нуля может принимать сигнал типа std_logic?	ПК-11.У.1
10	Привести структурную схему аппаратной реализации конечного автомата.	ПК-11.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ

	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

– приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

– закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;

– получение новой информации по изучаемой дисциплине;

– приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихсяявляются:

– учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой