МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по учебной работе
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программные средства и технологии систем автоматизированного проектирования**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Практические занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85478

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Сформировать у обучающихся системное понимание архитектуры вычислительных комплексов и практические навыки низкоуровневой оптимизации программ с использованием аппаратно-зависимых техник.

1.2. Задачи дисциплины

1. Освоить принципы организации процессоров, конвейеров, иерархии памяти и систем ввода-вывода. Научиться применять ассемблер RISC-V, векторные расширения и профилирование для повышения производительности разрабатываемого программного обеспечения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Профессиональный модуль.
Индекс дисциплины: Б1.О.02.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		

Согласована на портале № 85478

ОПК-6. Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования	ОПК-6.1. Знает аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов объекта профессиональной деятельности	Знает принципы организации вычислительных комплексов, архитектуру набора команд на примере RISC-V, классификацию параллелизма, методы администрирования низкоуровневых ресурсов.
	ОПК-6.2. Умеет анализировать техническое задание, разрабатывать и оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования	Умеет анализировать требования к производительности и выбирать аппаратно-зависимые оптимизации, реализовывать оптимизированный код с ассемблерными вставками, применять инструменты профилирования для выявления проблемных мест.
	ОПК-6.3. Владеет методами составления технической документации по использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса	Владеет методами документирования архитектурно-зависимых решений, навыками составления отчётов о результатах профилирования и настройки параметров компиляции.

Согласована на портале № 85478

ОПК-7. Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий	ОПК-7.1. Знает функциональные требования к прикладному программному обеспечению для решения актуальных задач предприятий отрасли, национальные стандарты обработки информации и автоматизированного проектирования	Знает требования к эффективности вычислительных алгоритмов и стандарты представления данных.
	ОПК-7.2. Умеет приводить зарубежные комплексы обработки информации в соответствие с национальными стандартами, интегрировать с отраслевыми информационными системами	Умеет адаптировать программный код под целевые архитектуры с использованием эквивалентных векторных расширений, перерабатывать низкоуровневые оптимизации с учётом параметров кэш-памяти и конвейера процессоров
	ОПК-7.3. Владеет методами настройки интерфейса, разработки пользовательских шаблонов, подключения библиотек, добавления новых функций	Владеет методами встраивания ассемблерного кода в программные проекты с сохранением кроссплатформенной совместимости, методами подключения и адаптации низкоуровневых библиотек под требования вычислительных систем и настройкой параметров компилятора и процесса сборки для целевой аппаратной платформы.
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 85478

ПК-1. Способен выполнять прикладные научно-исследовательские работы с целью анализа предметной области и формализации требований к разрабатываемым компонентам САПР	ПК-1.1. Знает методы проведения прикладных научных исследований, способы анализа предметных областей инженерного проектирования, а также государственные и международные стандарты и требования к программному обеспечению	Знает методы экспериментального анализа производительности вычислительных систем, способы анализа архитектурно-зависимых характеристик программ, стандарты представления данных и требования к детерминизму вычислений в многопоточных средах.
	ПК-1.2. Умеет проводить сбор и систематизацию данных, выполнять сравнительный анализ существующих технических решений и формулировать функциональные и нефункциональные требования к компонентам САПР	Умеет проводить сбор данных о производительности, выполнять сравнительный анализ различных низкоуровневых реализаций для обоснованного выбора оптимизационной стратегии, формулировать нефункциональные требования к компонентам САПР
	ПК-1.3. Владеет навыками системного анализа предметной области, методиками подготовки научно-технических отчетов и опытом разработки технических заданий на создание программных модулей и компонентов САПР.	Владеет навыками системного анализа для оценки производительность вычислительных модулей САПР, методиками подготовки отчётов по результатам профилирования и обоснования выбора аппаратно-зависимых оптимизаций, опытом разработки технических заданий на создание низкоуровневых библиотек с указанием допустимых уровней оптимизации.

Согласована на портале № 85478

ПК-3. Способен проводить анализ физических процессов и технических объектов, использовать их математические модели и на их основе создавать специализированные программные модули и компоненты САПР	ПК-3.1. Знает физические принципы функционирования технических объектов, методы их математического описания, а также принципы построения программных модулей и компонентов современных систем автоматизированного проектирования	Знает принципы работы узлов вычислительного комплекса как физических объектов, ограниченных тактовой частотой, пропускной способностью и задержками; методы математического описания временных характеристик, принципы построения программных модулей САПР с учётом архитектуры памяти и параллелизма
	ПК-3.2. Умеет проводить анализ физических процессов, выбирать или разрабатывать адекватные математические модели технических объектов и преобразовывать их в алгоритмы для программной реализации в среде САПР	Умеет анализировать процесс выполнения программного кода, выявляя проблемные места, выбирать адекватную математическую модель и преобразовывать её в алгоритм с высокопроизводительным обходом данных, ручной векторизацией или ассемблерной оптимизацией, применять методы трансформации циклов для соответствия архитектуре целевого процессора.
	ПК-3.3. Владеет современными языками программирования и специализированными программными библиотеками для разработки и интеграции функциональных модулей САПР, обеспечивающих расчет, моделирование или проектирование технических систем	Владеет современными языками программирования и специализированными библиотеками, методами интеграции низкоуровневых оптимизированных модулей в общую архитектуру САПР, навыками отладки и профилирования разработанных модулей для верификации соответствия программного кода целевой аппаратной платформе

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		1 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Практические занятия	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Подготовка к зачету с оценкой	24	24
Выполнение практического задания	24	24
Подготовка к тестированию	24	24

Согласована на портале № 85478

Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр				
1 Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных	2	6	8	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
2 Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V	4	6	10	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
3 Программирование на ассемблере RISC□V	4	6	10	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3
4 Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754	2	6	8	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1
5 Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память	4	6	10	ОПК-6, ПК-1, ПК-3
6 Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания	4	6	10	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
7 Ввод-вывод с отображением в память и параллелизм на уровне команд	4	6	10	ОПК-6, ПК-3
8 Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации	4	6	10	ОПК-6, ПК-1, ПК-3
9 Параллелизм на уровне данных	2	6	8	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3
10 Векторные расширения и SIMD	2	6	8	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
11 Встраивание ассемблера в C/C++	2	6	8	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
12 Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации	2	6	8	ОПК-6, ПК-1, ПК-3
Итого за семестр	36	72	108	
Итого	36	72	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
1 семестр			

Согласована на портале № 85478

1 Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных	Исторический обзор развития вычислительных архитектур. Модель фон Неймана. Единицы измерения информации. Системы счисления. Порядок байтов. Форматы представления целых чисел со знаком и без знака. Знаковое и нулевое расширение. Битовые операции и их применение.	-	ПК-3
	Итого	-	
2 Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V	Микропроцессор, ЦПУ, показатели производительности. Архитектура набора команд. Сравнение RISC и CISC, особенности RISC-V. Базовый набор инструкций и расширения RISC-V. Форматы кодирования инструкций. Псевдоинструкции.	-	ОПК-6, ПК-1
	Итого	-	
3 Программирование на ассемблере RISC□V	Структура ассемблерной программы. Условные переходы, организация циклов. Макросы. Подпрограммы, соглашения о вызовах (RISC-V ABI). Стек вызовов.	-	ОПК-6, ПК-3
	Итого	-	
4 Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754	Форматы чисел с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754. Инструкции работы с плавающей точкой в RISC-V. Проблемы точности и особенности вычислений.	-	ОПК-6, ОПК-7
	Итого	-	
5 Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память	Принцип временной и пространственной локальности. Организация кэш□памяти: прямое отображение, множественно□ассоциативная, полностью ассоциативная. Политики записи замещения строк. данных Многоуровневая кэш□память. Виртуальная память: трансляция адресов, таблицы страниц.	-	ОПК-6, ПК-1
	Итого	-	
6 Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания	Конвейерная обработка инструкций. Конфликты обработки инструкций. Методы разрешения обработки инструкций. Исключения и прерывания: механизмы обработки, регистры.	-	ОПК-6, ПК-3
	Итого	-	
7 Ввод-вывод с отображением в память и параллелизм на уровне команд	Организация ввода-вывода. Эмуляция устройств в RARS. Параллелизм на уровне инструкций. Внеочередное выполнение команд. Статическое и динамическое планирование.	-	ОПК-6, ПК-3
	Итого	-	

Согласована на портале № 85478

8 Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации	Закон Амдала. Аппаратная многопоточность. Когерентность кэшей и аппаратная синхронизация. Классификация оптимизаций. Ограничения оптимизирующих компиляторов.	-	ОПК-6, ПК-1
	Итого	-	
9 Параллелизм на уровне данных	SIMD□инструкции и векторные расширения. RISC□V Vector Extension. Обзор наборов инструкций AVX / AVX□512.	-	ОПК-6, ОПК-7
	Итого	-	
10 Векторные расширения и SIMD	Использование функций SSE, AVX, AVX□512. Автовекторизация компилятора. Выравнивание данных. Практические приёмы векторизации циклов и математических операций.	-	ОПК-7, ПК-1
	Итого	-	
11 Встраивание ассемблера в C/C++	Синтаксис встраивания ассемблерного кода. Вызов ассемблерных функций из C++. Правила и риски использования ассемблерных вставок.	-	ОПК-7, ПК-3
	Итого	-	
12 Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации	Высокопроизводительное программирование. Встроенные функции компилятора. Ключи компиляции и оптимизации. Инструменты профилирования. Непредвиденное поведение и его влияние на оптимизации.	-	ПК-1, ПК-3
	Итого	-	
Итого за семестр		-	
Итого		-	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных	Преобразование чисел между системами счисления. Анализ байтового представления данных. Изучение битовых операций.	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
2 Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V	Освоение симулятора RARS. Изучение регистров RISC□V и системных вызовов. Анализ спецификации RISC□V ISA.	4	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 85478

3 Программирование на ассемблере RISC□V	Реализация условий, циклов, операций с массивами. Использование макросов. Реализация функций. Управление стеком с соблюдением ABI.	4	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3
	Итого	4	
4 Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754	Реализация операций с плавающей точкой на ассемблере RISC□V. Анализ точности вычислений и поведения специальных значений.	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1
	Итого	2	
5 Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память	Визуализация обращений к памяти. Изучение механизмов управления памятью в RISC□V. Решение задач с системными вызовами для работы с памятью.	4	ОПК-6, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
6 Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания	Анализ фрагментов кода на наличие конвейерных конфликтов. Работа в симуляторе Ripes с различными конфигурациями конвейера. Изучение регистров управления и состояния.	4	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
7 Ввод-вывод с отображением в память и параллелизм на уровне команд	Программирование устройств через MMIO. Тестирование эффективности предсказания переходов.	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
8 Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации	Анализ конфигурации ЦПУ. Изучение влияния уровней оптимизации. Реализация выбранных оптимизаций на ассемблере.	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
9 Параллелизм на уровне данных	Симуляция векторных операций с использованием 64□битных инструкций RISC□V. Автовекторизация и ручная векторизация	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3
	Итого	2	
10 Векторные расширения и SIMD	Реализация векторизованных функций. Анализ сгенерированного ассемблерного кода. Оценка производительности.	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
11 Встраивание ассемблера в C/C++	Встраивание ассемблера в C/C++. Сравнение производительности.	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 85478

12 Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации	Профилирование и оптимизация программ.	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
1 семестр				
1 Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Тестирование
	Итого	6		
2 Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
3 Программирование на ассемблере RISC□V	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 85478

4 Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Тестирование
	Итого	6		
5 Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
6 Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
7 Ввод-вывод с отображением в память и параллелизм на уровне команд	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
8 Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
9 Параллелизм на уровне данных	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 85478

10 Векторные расширения и SIMD	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
11 Встраивание ассемблера в C/C++	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
12 Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации	Подготовка к зачету с оценкой	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности		Формы контроля
	Прак. зан.	Сам. раб.	
ОПК-6	+	+	Зачёт с оценкой, Практическое задание, Тестирование
ОПК-7	+	+	Зачёт с оценкой, Практическое задание, Тестирование
ПК-1	+	+	Зачёт с оценкой, Практическое задание, Тестирование
ПК-3	+	+	Зачёт с оценкой, Практическое задание, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Согласована на портале № 85478

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
1 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	15	15
Практическое задание	25	25	20	70
Тестирование	5	5	5	15
Итого максимум за период	30	30	40	100
Нарастающим итогом	30	60	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Лопатин, В. М. Информатика для инженеров : учебное пособие для вузов / В. М. Лопатин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 172 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/460739.

2. Коваленко, С. М. Архитектура устройств и систем вычислительной техники : учебное пособие / С. М. Коваленко, О. В. Платонова, Л. В. Казанцева. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 43 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/218408.

3. Сафьянников, Н. М. Информационно-измерительные преобразователи киберфизических систем : учебное пособие для вузов / Н. М. Сафьянников, О. И. Буренева, А. Н. Алипов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 236 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/394706.

7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 85478

1. Практикум по программированию на языке программирования Си : Учебное пособие / В. В. Кручинин - 2006. 171 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/99.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Архитектура вычислительных комплексов: Учебно-методическое пособие для самостоятельной и индивидуальной работы / В. Г. Резник - 2019. 12 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9132.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория промышленного дизайна: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 224/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL 1 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Системный блок 1 15 шт.

Комплект специализированной учебной мебели

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 85478

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85478

3 Программирование на ассемблере RISC□V	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Ввод-вывод с отображением в память и параллелизм на уровне команд	ОПК-6, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Параллелизм на уровне данных	ОПК-6, ОПК-7, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Векторные расширения и SIMD	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85478

11 Встраивание ассемблера в C/C++	ОПК-6, ОПК-7, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
12 Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации	ОПК-6, ПК-1, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 85478

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой порядок байтов (endianness) предполагает хранение младшего значащего байта по младшему адресу памяти?
2. Какое значение имеет выражение 0b1100 >> 2 в двоичной системе счисления?
3. Какой формат инструкции RISC-V используется для регистровых арифметических операций (например, ADD x1, x2, x3)?
4. Какие регистры в RISC-V ABI являются caller-saved (сохраняются вызывающей функцией)
5. Какое особое значение в стандарте IEEE 754 получается в результате деления положительного числа на ноль?
6. Какая политика записи в кэш-памяти немедленно обновляет данные как в кэше, так и в основной памяти?
7. Какой тип конвейерного конфликта (hazard) возникает при попытке исполнить инструкцию, использующую результат предыдущей, ещё не завершённой инструкции?
8. Какой метод разрешения конфликтов по данным предполагает передачу результата непосредственно с одной стадии конвейера на другую в обход регистрового файла?
9. Какое расширение RISC-V предназначено для работы с векторными операциями?
10. Какой инструмент позволяет анализировать сгенерированный компилятором ассемблерный код в режиме реального времени для различных уровней оптимизации?
11. Какая из перечисленных стадий отсутствует в классическом пятистадийном конвейере RISC-V?
12. Какой механизм виртуальной памяти отвечает за быстрое преобразование виртуального адреса в физический без обращения к таблицам страниц в основной памяти?
13. Какая директива в ассемблере RARS/RISC-V используется для определения текстовой константы (символической метки с фиксированным строковым значением)?
14. Что произойдёт при выполнении инструкции lb x1, 0(x0) в RISC-V, где x0 - нулевой регистр, всегда содержащий значение 0?
15. Какая из директив ассемблера RISC-V позволяет многократно использовать блок кода с параметрами без накладных расходов на вызов функции?
16. Какой тип кэш-промаха возникает при первом обращении к блоку данных, который никогда ранее не загружался в кэш?
17. В чём основное различие между out-of-order execution (внеочередным выполнением) и

Согласована на портале № 85478

superscalar (многоэмиссионностью)?
18. Какая директива в ассемблере RISC-V позволяет подключить внешний файл с определениями макросов или констант?
19. Какой из методов синхронизации в многопоточных системах опирается на атомарные инструкции типа LR (load-reserved) и SC (store-conditional) в RISC-V?
20. При обращении к памяти по виртуальному адресу произошла страничная ошибка (page fault). Какое действие выполняет операционная система?

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Архитектура конвейерного процессора. Объясните организацию пятистадийного конвейера (IF, ID, EX, MEM, WB). Охарактеризуйте типы конвейерных конфликтов (структурные, по данным, по управлению) и опишите методы их разрешения (форвардинг, стеллинг, спекулятивное выполнение, предсказание переходов). Приведите примеры фрагментов кода, демонстрирующих каждый тип конфликта.
2. Иерархия памяти и оптимизация производительности. Раскройте принцип организации кэш-памяти (прямое отображение, множественно-ассоциативная, полностью ассоциативная). Объясните понятие пространственной и временной локальности. Опишите методы cache□friendly программирования (блочные алгоритмы, обход массивов по строкам, предвыборка данных) и приведите практические примеры их применения для повышения производительности.
3. Архитектура набора команд RISC□V. Охарактеризуйте основные особенности RISC□V как представителя RISC-архитектур. Перечислите и опишите форматы кодирования инструкций (R, I, S, SB, U, UJ). Объясните соглашение о вызовах (RISC□V ABI): caller-saved и callee-saved регистры, передачу параметров, возврат значений, организацию стекового кадра. Приведите пример ассемблерной функции, соблюдающей ABI.
4. Параллелизм на уровне данных: SIMD и векторные расширения. Раскройте принцип работы SIMD-инструкций. Сравните подходы к векторизации: автовекторизация компилятора, использование intrinsics (SSE/AVX/AVX□512), ручное написание ассемблерного кода. Объясните, какие факторы ограничивают эффективность векторизации (зависимости по данным, невыровненные обращения к памяти, условные переходы внутри циклов). Приведите примеры кода, демонстрирующие векторизацию.
5. Низкоуровневые оптимизации в C++. Аппаратно-зависимые техники. Опишите методы встраивания ассемблерного кода в C++. Объясните назначение опций компиляции -march=native, -mtune, уровней оптимизации (-O1, -O2, -O3). Охарактеризуйте инструменты профилирования и их роль в выявлении узких мест производительности (промахи кэша, неверные предсказания переходов, недостаточное использование SIMD).

9.1.3. Темы практических заданий

1. Введение в архитектуру компьютерных систем. Представление данных
2. Организация компьютера. Архитектура набора команд RISC□V
3. Программирование на ассемблере RISC□V: управление потоком, подпрограммы и стек
4. Арифметика с плавающей точкой. Стандарт IEEE 754
5. Иерархия памяти. Кэш□память и виртуальная память
6. Конвейерная обработка инструкций. Исключения и прерывания
7. Memory□Mapped I/O и параллелизм на уровне команд (ILP)
8. Параллелизм на уровне потоков. Аппаратная многопоточность и оптимизации
9. Параллелизм на уровне данных: SIMD и векторные расширения
10. Встраивание ассемблера в C++. Inline Assembly
11. Векторные расширения и SIMD в C++
12. Продвинутые техники низкоуровневой оптимизации

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Согласована на портале № 85478

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 85478

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 85478

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. СВЧиКР	Е. Жечев	Согласовано, 965eaa31-3663-4771-9257-b32c8d7ceb1c
Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Жечева	Согласовано, 10222954-0bcd-4026-99f7-5b18919a1928

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ТУ	В.А. Семенюк	Разработано, 63ad4848-9ad3-47c3-94a0-303d66eb22c1
Доцент, каф. ТУ	А.А. Квасников	Разработано, cf21ef84-e933-437b-9797-2587eab2bb0d
Доцент, каф. ТУ	А.Е. Максимов	Разработано, beead506-cc3e-4e5e-a4a9-1483bcb7167b
Доцент, каф. ТУ	А.В. Осинцев	Разработано, eaca1dbf-3450-4b0d-8d0c-8f642316f32b

Согласована на портале № 85478