

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики
Передовая инженерная школа «Современные системы связи, радиолокации и радионавигации»
Отделение «Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол
№12 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Средства параллельного программирования

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
09.04.03 Прикладная информатика

Магистерская программа
Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники

Квалификация (степень)
Магистр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.08 Средства параллельного программирования относится к обязательной части ООП направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Демонстрирует знание основных этапов жизненного цикла ИТ-проекта.	Знать современное состояние дел в области параллельного программирования, типовые процессы создания, развертывания и ввода в эксплуатацию программных решения для современных высокопроизводительных систем.	собеседование
	УК-2.2. Демонстрирует умение разрабатывать и анализировать альтернативные варианты планирования этапов проекта для достижения намеченных целей.	Уметь самостоятельно находить параллельные реализации требуемых алгоритмов и методов. Уметь выполнять отладку и тестирования программных решения для современных высокопроизводительных систем.	собеседование
	УК-2.3. Демонстрирует наличие практического опыта принятия решений на различных этапах конкретных проектов.	Иметь практический опыт создания, интеграции, адаптации и тестирования новых программных решения для современных высокопроизводительных систем.	задача
ОПК-5. Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем	ОПК-5.1. Демонстрирует знание современных информационных технологий, аппаратных платформ и инструментальных программных средств при разработке и модернизации ИС.	Знать систематику и принципы формализации высокопроизводительных комплексов, общие принципы организации параллельных вычислений в вычислительной системе; спецификации, стандарты, правила и рекомендации в области высокопроизводительных вычислений.	собеседование
	ОПК-5.2. Демонстрирует умение планировать проекты по разработке и модернизации программ-	Уметь строить модели типовых и нетипичных параллельных систем и процессов; уметь создавать и отла-	собеседование

	ного и аппаратного обеспечения ИС.	живать параллельные коды; проводить эксперименты, оценивать результаты функционирования параллельных программ.	
	ОПК-5.3. Имеет практический опыт разработки и модернизации программного и аппаратного обеспечения ИС для решения профессиональных задач.	Владеет опытом построения и адаптации параллельных программ для конкретных вычислительных систем.	задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
контактная работа:	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Тема 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. Проблемы современных вычислений: большие задачи и большие машины. Общие сведения о параллельных программах и алгоритмах: возможности и трудности. Законы Амдала. Доступ к общим ресурсам, гонки и средства защиты. Структура современных параллельных вычислителей и средства их программирования.	30	10	10		20	10
Тема 2. МАШИНЫ С ОБЩЕЙ ПАМЯТЬЮ И OPENMP. Понятие машины с общей памятью. Принципиальные и технические проблемы при программировании. OpenMP. Базовые принципы программирования на OpenMP, модель программы. Директивы, функции и переменные окружения. Параллельные циклы. Параллельные	30	10	10		20	10

секции. Синхронизация: барьеры, упорядочение, атомарное выполнение, замки, критические секции и директива flush.						
Тема 3. МАШИНЫ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАМЯТЬЮ И MPI. Понятие машины с распределенной памятью. Принципиальные и технические проблемы при программировании. MPI. Базовые принципы программирования на MPI, модель программы, коммутаторы, ранги. Сообщения: типы и виды. Двухточечные обмены. Коллективные обмены. Топологии.	46	12	12		24	22
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	144	32	32		66	42

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Средства параллельного программирования» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий и подготовку к экзамену.

Для самоконтроля у студента имеется возможность изучения материала в дистанционном управляемом курсе (требуется авторизация): <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3380>

Тематика самостоятельной работы

В рамках темы 1 – теоретическая часть. Доступ к общим ресурсам, гонки и средства защиты. Структура современных параллельных вычислителей и средства их программирования.

В рамках темы 2 – теоретическая часть. Синхронизация: барьеры, упорядочение, атомарное выполнение, замки, критические секции и директива flush.

В рамках темы 3 – теоретическая часть. Синхронизация: барьеры, упорядочение, атомарное выполнение, замки, критические секции и директива flush.

В рамках темы 4 – теоретическая часть. Коллективные обмены. Топологии.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов доступны из следующих источников:

1. А.С. Антонов. Введение в параллельные вычисления. Методическое пособие. <http://hpc.ssau.ru/files/doc/antonov-02.pdf>
2. Материалы к курсу «Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование» <http://www.hpcc.unn.ru/mskurs/RUS/HTML/cs338pprmaterials.htm>
3. Введение в методы параллельного программирования. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/1021/284/info>
4. Архитектура параллельных вычислительных систем. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/80/80/info>
5. Теория и практика параллельных вычислений. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Модели параллелизма. Проблемы параллельных вычислений. Законы Амдала.	УК-2
2. Модель и структура программы OpenMP. Средства OpenMP.	УК-2
3. Директива parallel и ее опции. Модель данных OpenMP.	УК-2
4. Директивы single и master. Их опции.	УК-2
5. Распределение работы: низкоуровневое, с помощью секций. Вложенность.	УК-2
6. Параллельные циклы.	ОПК-5
7. Директивы и функции синхронизации.	ОПК-5
8. Базовые функции MPI.	ОПК-5
9. Обмены точка-точка. Блокирующие и неблокирующие обмены	ОПК-5
10. Коллективные операции. Обзор коллективных операций	ОПК-5
11. Коллективные операции. Функции распределения блоков данных по всем процессам группы.	ОПК-5
12. Коллективные операции. Функции распределения блоков данных по всем процессам группы.	ОПК-5
13. Коллективные операции. Совмещенные коллективные операции.	ОПК-5
14. Коллективные операции. Глобальные вычислительные операции над распределенными данными.	ОПК-5
15. Группы и коммутаторы.	ОПК-5
16. Топологии. Декартова топология.	ОПК-5

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции

Типовые задания для оценки компетенции УК-2

Задача 1. Написание программы вычисления скалярного произведения двух векторов средствами OpenMP. Оценка производительности.

Задача 2. Написание программы вычисления произведения двух матриц средствами OpenMP. Оценка производительности.

Задача 3. Написание программы решения системы линейных уравнений методами OpenMP. Оценка производительности

Типовые задания для оценки компетенции ОПК-5

Задача 4. Написание программы вычисления скалярного произведения двух векторов средствами MPI. Оценка производительности.

Задача 5. Написание программы вычисления произведения двух матриц средствами MPI. Оценка производительности.

Задача 6. Написание программы решения системы линейных уравнений методами MPI. Оценка производительности

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi : учебное пособие / А. А. Малявко. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 135 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-14116-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт".

Б) Дополнительная литература

Филатов А. С. **Параллельное программирование** : практикум / Филатов А. С. - Москва : РТУ МИРЭА, 2021. - 46 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801358&idb=0>

В) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. А.С. Антонов. Введение в параллельные вычисления. Методическое пособие. <http://hpc.ssau.ru/files/doc/antonov-02.pdf>
2. Материалы к курсу «Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование» <http://www.hpcc.unn.ru/mskurs/RUS/HTML/cs338pprmaterials.htm>
3. Введение в методы параллельного программирования. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/1021/284/info>
4. Архитектура параллельных вычислительных систем. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/80/80/info>
5. Теория и практика параллельных вычислений. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 09.04.03 Прикладная информатика.

Автор к.т.н., доцент А.В. Филимонов

Рецензент д.т.н., профессор Ю.С. Федосенко

Заведующий кафедрой М.Х. Прилуцкий

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

19.10.2022 года, протокол № 2