Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИВМиМГ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИВМиМГ СО РАН
_____ М.А. Марченко
«03» июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Архитектура современных микропроцессоров и вычислительных систем

Научная специальность:

2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки)

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: очная

Новосибирск, 2022

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Архитектура современных микропроцессоров и вычислительных систем» реализуется в рамках Блока 2 «Образовательный компонент» профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВМиМГ СО РАН) по научной специальности:

2.3.5.Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Рабочая программа составлена с учетом:

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 3 зач.ед. (108 часа), из них лекций – 20 часов, практических занятий – 20 часов, контроль самостоятельной работы аспиранта – 14 часов и самостоятельной работы – 54 часа. Продолжительность обучения дисциплины 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины «Архитектура современных микропроцессоров и вычислительных систем»:

- получение глубоких знаний об устройстве и принципах функционирования современных микропроцессоров и мультипроцессоров, основных направлениях и тенденциях их развития;
- изучение влияния архитектурных особенностей ЭВМ на качество их работы на различных классах прикладных программ;
- знакомство с архитектурной оптимизацией прикладных программ.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: модели современных микропроцессоров и мультипроцессоров, их потенциальные узкие места и области применения, архитектурные особенности и оценки производительности современных микропроцессоров и мультипроцессоров, влияние архитектурных особенностей вычислителя на производительность;

Уметь: оценивать потенциал использования вычислительной системы заданной архитектуры для данного алгоритма, определять узкие места архитектуры для конкретного алгоритма, определять основные параметры микропроцессора и вычислительной системы;

Владеть: мышлением, связанным с принципиальным пониманием работы ЭВМ и её основных компонентов, методикой оценки производительности вычислительных систем.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	**Всего**	
	зач.ед.	**час.**
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	**3**	**108**
Аудиторные занятия		
Лекции (Л)		32
Практические занятия (ПЗ)		8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		14
***Самостоятельная работа** (СР):*		54
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение теоретического курса.		
Вид промежуточной аттестации:	***экзамен***	

2.2. Содержание разделов дисциплины

Формы текущего контроля:
Отчет по выполнению лабораторных работ (ОЛБ).

Общее содержание дисциплины

Наименование темы (раздела)	**Содержание темы (раздела)**	**Аудиторные занятия**	**Самостоятельная работа**
1.Архитектура компьютера	Основные компоненты традиционных ЭВМ. Функционирование процессора. Техника конвейеризации. Набор команд. Архитектуры CISC и RISC.	8	8
2. Подсистема памяти компьютера	Организация подсистемы памяти. Оптимизация программ с учетом устройства подсистемы памяти.	8	8
3. Введение в параллельную обработку	Понятие последовательного и параллельного исполнения. Уровни параллелизма. Уточненная классификация Флинна.	4	4
4. Архитектуры с параллелизмом на уровне данных	Векторно-конвейерные, матричные, ассоциативные, систолические. Архитектура векторных процессоров. SIMD-расширения микропроцессоров. Векторизация вычислений.	8	8
5. Архитектуры с параллелизмом на уровне команд	Суперскалярные процессоры и процессоры с явным параллелизмом (VLIW). Сравнение особенностей архитектур и способов выявления скрытого параллелизма в процессорах обоих классов.	8	8
6. Архитектуры с параллелизмом на уровне потоков.	Понятие потока исполнения. Варианты реализации многопоточности. Проблемы доступа к памяти нескольких потоков.	4	4

7. Архитектуры специализированных микропроцессоров.	Обзор современных спецвычислителей. Архитектура графических ускорителей (NVIDIA, AMD) и процессора Cell. Особенности иерархии памяти и виды параллелизма. Средства программирования.	4	4
8. Архитектуры параллельных вычислительных систем.	Компьютеры с разделяемой памятью (мультипроцессоры). Компьютеры с распределенной памятью (мультикомпьютеры). Основные компоненты ВС. Коммуникационные среды. Программное обеспечение. Примеры реализации современных мультипроцессоров и мультикомпьютеров и кластеров.	4	4
9. Оценки производительности	Тестирование производительности. Модель Roofline для оценки производительности. Моделирование производительности. Тенденции развития параллельных компьютеров. Анализ последней редакции списков Top 500 и Top 50.	6	6

2.2. Самостоятельная работа аспиранта

№ раздела	Содержание темы (раздела)	Самостоятельная работа
1	Основные компоненты традиционных ЭВМ. Функционирование процессора. Техника конвейеризации. Набор команд. Архитектуры CISC и RISC.	8
1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с. 2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с. 3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с. 4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с. 5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.		
2	Организация подсистемы памяти. Оптимизация программ с учетом устройства подсистемы памяти.	8
1. Касперски К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 464 с. 2. Ульрих Дреппер, Что каждый программист должен знать о памяти, 2007, http://rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/hard/memory/memory.html 3. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.		
3	Понятие последовательного и параллельного исполнения. Уровни параллелизма. Уточненная классификация Флинна.	4
1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с. 2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.		

3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.

4	Векторно-конвейерные, матричные, ассоциативные, систолические. Архитектура векторных процессоров. SIMD-расширения микропроцессоров. Векторизация вычислений.	8

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.

5	Суперскалярные процессоры и процессоры с явным параллелизмом (VLIW). Сравнение особенностей архитектур и способов выявления скрытого параллелизма в процессорах обоих классов.	8

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.

6	Понятие потока исполнения. Варианты реализации многопоточности. Проблемы доступа к памяти нескольких потоков.	4

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.
6. Ульрих Дреппер, Что каждый программист должен знать о памяти, 2007, http://rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/hard/memory/memory.html
7. Эндрю Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.

7	Обзор современных спецвычислителей. Архитектура графических ускорителей (NVIDIA, AMD) и процессора Cell. Особенности иерархии памяти и виды параллелизма. Средства программирования.	4

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.
6. Боресков, Алексей Викторович. Основы работы с технологией CUDA / Боресков А.В., Харламов А.А. Москва : ДМК Пресс, 2011. 230 с.

8	Компьютеры с разделяемой памятью (мультипроцессоры). Компьютеры с распределенной памятью (мультикомпьютеры). Основные компоненты ВС. Коммуникационные среды. Программное обеспечение. Примеры реализации современных мультипроцессоров и мультикомпьютеров и кластеров.	4

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.
6. Ульрих Дреппер, Что каждый программист должен знать о памяти, 2007, http://rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/hard/memory/memory.html
7. Эндрю Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.

9	Тестирование производительности. Модель Roofline для оценки производительности. Моделирование производительности. Тенденции развития параллельных компьютеров. Анализ последней редакции списков Top 500 и Top 50.	6

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.
6. Ульрих Дреппер, Что каждый программист должен знать о памяти, 2007, http://rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/hard/memory/memory.html

3. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем дисциплины.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме ***экзамена*** в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме ***экзамена*** в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с графиком учебного процесса. Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка экзамена (нормативная)	**Требования к знаниям и критерии выставления оценок**
Отлично	Аспирант демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, а также умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; в полном объеме усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.
Хорошо	Аспирант демонстрирует полное знание учебно-программного материала; успешно выполнил предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показал систематический характер знаний в области архитектур современных микропроцессоров и вычислительных систем и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.
Удовлетворительно	Аспирант демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы; в целом справился с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. При этом, хотя

	аспирант допускает погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, у него есть необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Аспирант при ответе обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
Отчет по лабораторным работам	Текущая	Целью практических занятий является закрепление и лучшее усвоение теоретического материала за счёт его применения на практике. Задачи лабораторных работ направлены на выявление архитектурных особенностей вычислительных систем программным путем и получение навыков использования этих особенностей в прикладных программах.
Экзамен	Промежуточная	**Вопросы к экзамену**

Текущий контроль успеваемости по дисциплине. Темы практических занятий

Целью практических занятий является закрепление и лучшее усвоение теоретического материала за счёт его применения на практике. Задачи направлены на выявление архитектурных особенностей вычислительных систем программным путем и получение навыков использования этих особенностей в прикладных программах. Примерные темы лабораторных работ:

1. Определение параметров иерархии памяти.
2. Определение параметров механизма предвыборки данных.
3. Определение параметров устройства предсказания ветвлений.
4. Определение размера буфера переупорядочения команд.
5. Анализ влияния способа привязки параллельно работающих потоков к ядрам на производительность программы.
6. Достижение пиковой производительности вычислительной системы при выполнении заданной операции.

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Дайте определение параллелизма на уровне инструкций (ILP). Какие существуют виды ILP. Приведите пример ILP-архитектур.
2. Назовите принципы организации суперскалярных процессоров. Перечислите достоинства и недостатки суперскалярной архитектуры. Приведите примеры суперскалярных процессоров. Сравните два суперскалярных процессора.
3. Дайте определение архитектур с явным параллелизмом на уровне команд. Назовите особенности выявления скрытого параллелизма в процессорах Itanium2. Сравните архитектуру EPIC с суперскалярной архитектурой.
4. Какие существуют архитектуры с параллелизмом на уровне данных. Приведите примеры процессоров DLP-архитектуры.
5. Сравните архитектуры с разделяемой и распределенной памятью на примерах конкретных компьютеров.

6. Объясните проблемы масштабируемости компьютеров различных архитектур. Какие существуют пути решения этих проблем.
7. Сравните архитектуры с однородной и неоднородной разделяемой памятью на различных классах вычислительных задач. Приведите пример компьютера с NUMA-организацией памяти.
8. Назовите основные компоненты мультипроцессора. Приведите примеры различных топологий сети связи.
9. Какую проблему решает кэш-когерентность. Какие существуют протоколы поддержания когерентности кэшей.
10. Назовите задачи, решаемые коммуникационной средой. Приведите примеры коммуникационных сред.
11. Назовите необходимое программное обеспечение для управления параллельным компьютером. Приведите пример конкретных программных средств.
12. Приведите примеры современных мультипроцессоров. Назовите основные характеристики мультипроцессоров.
13. Назовите основные цели моделирования производительности.
14. Назовите тенденции развития современных микро- и мультипроцессоров.

Темы на экзамен для промежуточной аттестации аспирантов

Билет 1

- Классификация архитектур с параллелизмом на уровне команд.
- Архитектура векторных процессоров. Векторизация вычислений.

Билет 2

- Принципы организации суперскалярных микропроцессоров.
- Структура мультипроцессора.

Билет 3

- Основные блоки суперскалярных микропроцессоров и их назначение.
- Проблемы кэш-когерентности. Протоколы когерентности.

Билет 4

- Классификация Флинна. Примеры уточненной классификации.
- Сравнительный анализ современных суперскалярных микропроцессоров фирм Intel, AMD и IBM.

Билет 5

- Принципы организации микропроцессоров архитектуры EPIC.
- Архитектуры с параллелизмом на уровне данных. Классификация DLP-архитектур.

Билет 6

- EPIC-архитектура. Генерация связок команд, структура команды.
- Сравнительная характеристика современных SIMD-расширений.

Билет 7

- Идея SIMD-расширений, их возможности.
- Особенности архитектуры Itanium.

Билет 8

- Архитектуры с параллелизмом на уровне процессов. Классификация.
- Программная конвейеризация циклов. Ее реализация в EPIC-архитектуре.

Билет 9

- Сравнение способов выявления скрытого параллелизма у ILP-архитектур.
- Сравнительный анализ коммуникационных сред.

Билет 10

- Сравнительная характеристика процессоров Cray XT2 и NEC SX-9.
- Сравнительный анализ реализации ветвлений, спекулятивного исполнения кода в суперскалярных и EPIC микропроцессорах.

Билет 11

- Сравнение особенностей реализации конвейера в Itanium2 и любом суперскалярном микропроцессоре.
- Мультипроцессоры. Способы увеличения масштабируемости мультипроцессоров. Компьютеры с физически распределенной и логически разделяемой памяти.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. – СПб.: Питер, 2007. – 509 с.
2. Цилькер Б. Я., Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. – СПб., 2011. – 686 с.
3. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 272 с.
4. Калачев А.В. Многоядерные процессоры: Учебное пособие. – М..: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 247 с.
5. Таненбаум Э. Остин Т. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2022. – 816 с.
6. Касперски К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 464 с.
7. Ульрих Дреппер, Что каждый программист должен знать о памяти, 2007, http://rus-linux.net/lib.php?name=/MyLDP/hard/memory/memory.html
8. Эндрю Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.
9. Боресков, Алексей Викторович. Основы работы с технологией CUDA / Боресков А.В., Харламов А.А. Москва : ДМК Пресс, 2011. 230 с.

Дополнительная литература

1. Linda Null and Julia Lobur. - The essentials of computer organization and architecture. - Jones and Bartlett Publishers. – 2003. – 673 P.
2. Mostafa Abd-el-Barr, Hesham el-Rewini.-Advanced computer architecture and parallel processing. – 2005. – 272 P.
3. John L. Hennessy, David A. Patterson. - Computer architecture. A quantitative approach. - 5th edition. - Elsevier. – 2012. – 831 P.
4. William Stallings. - Computer organization and architecture designing for performance. – 8th edition - Prentice Hall. – 2010. – 774 P.
5. 21st Century computer architecture. - A community white paper. - 2012.
6. Корнеев В.В., Киселев А.В. Современные микропроцессоры, 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 440 с.
7. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. – М.: Нолидж, 1999. – 311 с.
8. Папков В.И. Система памяти ЭВМ (Функциональный подход). Учеб. пособие. СПб.: Изд.центр СПбГМТУ. 2002. 238 с.
9. Столлингс В. Структурная организация и архитектура компьютерных систем. 5-е издание. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. - 896 с.
10. Антошина И.В., Котов Ю.Т. Микропроцессоры и микропроцессорные системы (аналитический обзор): Учебное пособие. - М.: МГУЛ, 2005. – 432 с.
11. Грушин В.В. Выполнение математических операций в ЭВМ. Погрешности компьютерной арифметики: Учебное пособие / СПбГЭТУ "ЛЭТИ". СПб., 1999. 56 с.
12. Гук М., Юров В. Процессоры Pentium 4, Athlon и Duron. – СПб.: Питер, 2002. – 512 с.

13. Зубков С.В. Assembler для DOS, Windows и UNIX. – М. ДМК, 2006. – 608 с.
14. Шнитман В. Современные высокопроизводительные компьютеры, информационно-аналитические материалы Центра Информационных Технологий, 1996. (http://www.citforum.ru/hardware/svk/contents.shtml)
15. Хеннинг Дж. SPEC CPU 2000: определение производительности в новом тысячелетии (http://www.osp.ru/os/2000/07-08/178080/).
16. D. Sima, T. Fountain, P. Kacsuk. Advanced computer architectures. New York: Addison Wesley Longman Inc., 1997.
17. IBM PowerPC 970FX RISC Microprocessor User's Manual, 2005.
18. Agner Fog. Software optimization resources (https://www.agner.org/optimize/)
19. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer Manuals (https://software.intel.com/en-us/articles/intel-sdm)
20. AMD, Developer Guides, Manuals & ISA Documents (https://developer.amd.com/resources/developer-guides-manuals/)
21. Intel® Intrinsics Guide (https://software.intel.com/sites/landingpage/IntrinsicsGuide/)
22. Intel Itanium Architecture Software Developer's Manual, 2006.
23. PowerPC User Instruction Set Architecture, 2005.
24. Ulrich Drepper, What Every Programmer Should Know About Memory, 2007. (http://www.akkadia.org/drepper/cpumemory.pdf) – P. 114.
25. Top 500 Supercomputer Sites (http://www.top500.org).
26. Суперкомпьютеры Top 50 (http://supercomputers.ru).

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- Доступ в интернет по протоколам HTTP и SSH для доступа к ресурсам,
- LibreOffice/MS Office (Word, Excel, PowerPoint), Acrobat Reader
- SSH-клиент (PuTTY).

Необходимые дополнительные материалы по дисциплине, не представленные в литературе из основного и дополнительного списка, можно найти в Российской электронной научной библиотеке (http://elibrary.ru) и мировых базах цитирования Web of Science (https://apps.webofknowledge.com/) и Scopus (https://www.scopus.com/).

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При чтении лекций и проведении практических занятий используется современное мультимедийное оборудование, необходим доступ к интернету. Для лекций необходим класс, оснащённый мультимедийным проектором и имеющий в составе программного обеспечения MSOffice и AcrobatReader.

Необходимые дополнительные материалы по дисциплине, не представленные в литературе из основного и дополнительного списка, можно найти в Российской электронной научной библиотеке (http://elibrary.ru) и мировых базах цитирования Web of Science (https://apps.webofknowledge.com/) и Scopus (https://www.scopus.com/).

6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения реализации дисциплины используются страндартный комплект программного обеспечения (ПО) Windows, MS Office.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материалы лекционного курса увязываются с передовыми исследованиями везде, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей научной литературе. По темам, рассматриваемым на лекции и изучаемым самостоятельно, проводятся семинары, обсуждение в виде дискуссии, проводятся консультации.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИВМиМГ СО РАН, протокол № 10 от «03» 06 2022 г.

Председатель Ученого совета _____ М.А. Марченко

ИСПОЛНИТЕЛЬ: Малышкин В.Э., доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН

Согласовано:

Зам. директора по научной работе_____А.В. Пененко