

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

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Архитектура вычислительных систем

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Архитектура вычислительных систем относится к обязательной части образовательной программы.

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 | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ОПК-2: Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | ОПК-2.1: Знает математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач ОПК-2.2: Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения для разработки и реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-2.3: Имеет практический опыт применения математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | ОПК-2.1: Знать: - уровни абстракции вычислительной системы; - архитектуру современных ЭВМ; архитектуру системы команд; - микроархитектуру центрального процессора; - архитектуру подсистемы памяти; -архитектуру подсистемы ввода-вывода. ОПК-2.2: Уметь: - анализировать код программы на языке ассемблер; - выявлять возможные причины низкой производительности программ. ОПК-2.3: Владеть: навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня. | Контрольная работа Задачи | Зачёт: Контрольные вопросы |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | очная |
|--|------------|
| Общая трудоемкость, з.е. | 2 |
| Часов по учебному плану | 72 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 16 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 23 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 | 0 ф 0 |
| Основные понятия и определения | 5 | 2 | 2 | 4 | 1 |
| Архитектура системы команд | 12 | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Однопортовый упорядоченный конвейер команд. | 12 | 6 | 2 | 8 | 4 |
| Параллелизм уровня инструкций (ILP) | 10 | 4 | 2 | 6 | 4 |
| Динамическое планирование | 8 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Дополнительные свойства ЦП | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Динамическое предсказание ветвлений | 8 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Архитектура памяти. | 8 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Архитектура подсистемы ввода-вывода | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | | 1 |
| Итого | 72 | 32 | 16 | 49 | 23 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Основные понятия и определения
Архитектура системы команд
Однопортовый упорядоченный конвейер команд.
Параллелизм уровня инструкций (ILP)
Динамическое планирование
Дополнительные свойства ЦП
Динамическое предсказание ветвлений
Архитектура памяти.
Архитектура подсистемы ввода-вывода

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007.
<http://www.unn.ru/books/resources.html>
2. С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультитядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi). <http://www.intuit.ru/studies/courses/10611/1095/info>
3. В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info>
4. В.Гуров. Архитектура микропроцессоров. <http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info>
5. Д.Северов. Архитектура ЭВМ и язык ассемблера.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

Вариант 1

Задание 1

Структурные конфликты в конвейере ЦП.

Задание 2.

Постройте диаграмму выполнения указанного кода на процессоре, использующем Табло.

Вариант 2

Задание 1

Конфликты данных в конвейере ЦП.

Задание 2.

Постройте диаграмму выполнения указанного кода на ЦП, использующем алгоритм Томасуло.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала. |
| отлично | Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала. |
| очень хорошо | Студент получил верный ответ в большинстве заданий. |
| хорошо | Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами. |
| удовлетворительно | Студент решил большую часть задач с существенными недочетами. |
| неудовлетворительно | Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач. |
| плохо | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач. |

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Напишите на языках программирования C и псевдоассемблер код, решающий следующую задачу: из двух данных чисел выбрать наименьшее.
2. Напишите на языках программирования C и псевдоассемблер код, решающий следующую задачу: найти максимальное значение в массиве.
3. Рассчитайте время выполнения предлагаемого варианта программы и предложите ее улучшенный вариант.

Характеристики конвейера

Количество стадий: 5

Пересылка: нет

Степень вычисления адреса перехода: EX (доступен после стадии MEM)

Предсказание условного перехода: не производится

| | | |
|--------------------|-----|------|
| inti,sum,a[10]; | 200 | i |
| sum=0; | 204 | sum |
| for(i=0;i<10;i++){ | 208 | a[0] |
| sum += a[i]; | | ... |
| } | 244 | a[9] |

Предлагаемый вариант

```

0   MOV R0, 0
4   ST   R0, [204]
8   ST   R0, [200]
12  CMP R0, 40
16  JGE  44
20  LD   R1, [204]
24  LD   R2, [R0+208]
28  ADD R1, R2
32  ST   R1, [204]
36  ADD R0, 4
40  JMP  [12]
44  No Operation

```

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок. |
| не зачтено | Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю). |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|---|---|--|--|--|--|--|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|---|--|--|--|
| | знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | | много негрубых ошибок | подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок | подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок | подготовк и. Ошибок нет. | |
| <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 | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|----------------------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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». |

| | | |
|--|--------------|---|
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |
|--|--------------|---|

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Фон-Неймановская модель компьютера.
2. Этапы обработки инструкций в ЦП.
3. Уравнение производительности ЦП.
4. Метрики производительности.
5. Классификация архитектур систем команд по типу программируемых мест хранения.
6. Режимы адресации ЦП.
7. Кодирование инструкций.
8. CISC и RISC.
9. Принцип конвейерной обработки инструкций.
10. Структурные конфликты в конвейере ЦП.
11. Конфликты данных в конвейере ЦП.
12. Конфликты управления в конвейере ЦП.
13. Статические методы обработки условных переходов.
14. Параллелизм уровня инструкций.
15. Обработка исключения конвейером.
16. Расширение конвейера для обработки вещественных операций.
17. Динамическое планирование с использованием Табло.
18. Динамическое планирование с использованием алгоритма Томасуло.
19. Суперскалярность.
20. (Очень) длинное командное слово (V)LIW.
21. Векторные расширения.

22. Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита.
23. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции.
24. Уровни иерархии памяти. Кеширование.
25. Принцип локальности. Два вида локальности.
26. Виды кеша по типу отображения.
27. Политики замещения в кэше.
28. Стратегии записи в кэш.
29. Классификация многопроцессорных систем.
30. Способы обеспечения когерентности кэша в многопроцессорной системе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами. |
| не зачтено | При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Новожилов Олег Петрович. Архитектура ЭВМ и систем : учебник для вузов / О. П. Новожилов. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2024. - 511 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-18445-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=891324&idb=0>.
2. Гуров Валерий Валентинович. Микропроцессорные системы : Учебное пособие / Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 336 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-009950-7. - ISBN 978-5-16-101573-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=771070&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кудин А. В. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации "Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике" : учебно-методическое пособие / А. В. Кудин, А. В. Линев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Образовательно-научный центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое

обеспечение”. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 73 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=825118&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультитядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi). <http://www.intuit.ru/studies/courses/10611/1095/info>
2. Д. Северов. Архитектура ЭВМ и язык ассемблера. <http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Карпенко Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Линев Алексей Владимирович.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.