

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума Ученого совета ННГУ
протокол от
«16» января 2024 г. № 1

Рабочая программа дисциплины

Архитектура вычислительных систем

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 г. Начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ООП

| № 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.12 «Архитектура вычислительных систем» относится к обязательной части ООП направления подготовки <i>01.03.02 Прикладная математика и информатика</i> . |

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** | |
| 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. | Знать: - уровни абстракции вычислительной системы; - архитектуру современных ЭВМ; - архитектуру системы команд; - микроархитектуру центрального процессора; - архитектуру подсистемы памяти; - архитектуру подсистемы ввода-вывода. | Контрольная работа |
| | ОПК-2.2. Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения для разработки и реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности. | Уметь: - анализировать код программы на языке ассемблер; - выявлять возможные причины низкой производительности программ. | Разноуровневые задачи и задания |
| | ОПК-2.3. Имеет практический опыт применения математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач. | Владеть: навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня. | Контрольная работа |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|----------------------|
| | Очная форма обучения |
|--|----------------------|

| | |
|--|--------------|
| Общая трудоемкость | 2 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 72 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 49 |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа | 16 |
| - занятия лабораторного типа | 0 |
| - текущий контроль (КСР) | 1 |
| самостоятельная работа | 23 |
| Промежуточная аттестация – зачет | 0 |

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 | |
| Основные понятия и определения | 6 | 2 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| Архитектура системы команд | 11 | 4 | 4 | 0 | 8 | 3 |
| Однопортовый упорядоченный конвейер команд. | 11 | 6 | 2 | 0 | 8 | 3 |
| Параллелизм уровня инструкций (ILP) | 8 | 4 | 2 | 0 | 6 | 2 |
| Динамическое планирование | 9 | 4 | 2 | 0 | 6 | 3 |
| Дополнительные свойства ЦП | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Динамическое предсказание ветвлений | 9 | 4 | 2 | 0 | 6 | 3 |
| Архитектура памяти. | 9 | 4 | 2 | 0 | 6 | 3 |
| Архитектура подсистемы ввода-вывода | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Текущий контроль (КСР) | 1 | | | | 1 | |
| Промежуточная аттестация – зачет | 0 | | | | | |
| Итого | 72 | 32 | 16 | 0 | 49 | 23 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах контрольных работ на занятиях лекционного типа и решения разноуровневых задач на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

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 мультиядерных 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> Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), 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 ошибок. | 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 | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных |

| | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|------------|-----------|
| | вследствие отказа обучающегося от ответа | навыки. Имели место грубые ошибки. | некоторыми недочетами. | некоторыми недочетами | ошибок и недочетов. | недочетов. | ых 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. Фон-Неймановская модель компьютера. | ОПК-2 |
| 2. Этапы обработки инструкций в ЦП. | ОПК-2 |
| 3. Уравнение производительности ЦП. | ОПК-2 |
| 4. Метрики производительности. | ОПК-2 |
| 5. Классификация архитектур систем команд по типу программируемых мест хранения. | ОПК-2 |
| 6. Режимы адресации ЦП. | ОПК-2 |
| 7. Кодирование инструкций. | ОПК-2 |
| 8. CISC и RISC. | ОПК-2 |
| 9. Принцип конвейерной обработки инструкций. | ОПК-2 |
| 10. Структурные конфликты в конвейере ЦП. | ОПК-2 |
| 11. Конфликты данных в конвейере ЦП. | ОПК-2 |
| 12. Конфликты управления в конвейере ЦП. | ОПК-2 |
| 13. Статические методы обработки условных переходов. | ОПК-2 |
| 14. Параллелизм уровня инструкций. | ОПК-2 |
| 15. Обработка исключения конвейером. | ОПК-2 |
| 16. Расширение конвейера для обработки вещественных операций. | ОПК-2 |
| 17. Динамическое планирование с использованием Табло. | ОПК-2 |

| | |
|--|-------|
| 18. Динамическое планирование с использованием алгоритма Томасуло. | ОПК-2 |
| 19. Суперскалярность. | ОПК-2 |
| 20. (Очень) длинное командное слово (V)LIW. | ОПК-2 |
| 21. Векторные расширения. | ОПК-2 |
| 22. Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита. | ОПК-2 |
| 23. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции. | ОПК-2 |
| 24. Уровни иерархии памяти. Кеширование. | ОПК-2 |
| 25. Принцип локальности. Два вида локальности. | ОПК-2 |
| 26. Виды кеша по типу отображения. | ОПК-2 |
| 27. Политики замещения в кэше. | ОПК-2 |
| 28. Стратегии записи в кэш. | ОПК-2 |
| 29. Классификация многопроцессорных систем. | ОПК-2 |
| 30. Способы обеспечения когерентности кэша в многопроцессорной системе. | ОПК-2 |

5.2.2. Типовые задания/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

```

5.2.3. Пример контрольной работы 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.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ.

<http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info>

2. В.Гуров. Архитектура микропроцессоров.

<http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info>

3. А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007.

<http://www.unn.ru/books/resources.html>

б) дополнительная литература:

1. С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультиядерных 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>

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные техническими средствами, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет».

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Авторы: к.т.н., доцент кафедры МОСТ Карпенко С.Н.

зав. лаб. интернета вещей кафедры ТВиАД Линев А.В.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой ТВиАД: д.ф.-м.н. Зорин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 13.12.2023 года, протокол № 3.