

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
от 14.12.2021 г.
протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины
Work program of the course**

**Архитектура компьютеров
Computer Architecture**
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Level of higher education
бакалавриат
bachelor's degree program
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
Training direction / specialty
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
02.03.02 Fundamental Computer Science and Information Technology

Направленность образовательной программы
Orientation of educational program
Общий профиль
General profile

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
Form of study
Очная
Full-time

Нижегород

2022

21. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 «Архитектура компьютеров» относится к части ООП по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина читается студентам 2 курса в 3 семестре, 3 зачетные единицы, 108 часов, зачет.

The course Б1.В.02 “Computer Architecture” refers to the part formed by participants of education relations.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.02 «Архитектура компьютеров» относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», формируемой участниками образовательных отношений.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) / Formed competencies (code, content of competence)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции / Planned learning outcomes for the discipline (module), in accordance with the indicator of achievement of competency		Наименование оценочного средства / Name of the evaluation tool
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора) / Competency achievement indicator (code, indicator content)	Результаты обучения по дисциплине / Learning outcomes by the discipline	
ПК-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий.	ПК-5.1. <i>Знает</i> базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов.	<i>Знать</i> <ul style="list-style-type: none"> уровни абстракции вычислительной системы и их организацию; свойства, задачи, теорию и процессы функционирования различных уровней информационных систем; <i>To know:</i> <ul style="list-style-type: none"> Levels of structured computer organization; Properties, tasks, theory and methods for each level of computer. 	Собеседование, тестирование / interview, testing

	ПК-5.7. <i>Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях.</i>	<p><i>Иметь практические навыки:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> оценки особенностей реализации системы инструкций и микроинструкций и выбора оптимального аппаратного обеспечения для создания информационной системы для заданной сферы применения; работы с международными стандартами, технической документацией, научными статьями и другими источниками информации; постоянного обновления профессиональных знаний относительно новейших тенденций в развитии компьютерной техники с использованием современных информационных технологий. <p><i>Has practical experience to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> estimate features of the application set and to choose/create optimal computer system for defined application; use the international standards, technical documentation, scientific articles and other sources of information; acquire new scientific and professional knowledge using modern educational and information technology, constantly carry out a targeted search of information on the last developments in computer technologies. 	Собеседование, тестирование / interview, testing
--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	<u>3</u> ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	65
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	43

Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	зачет
--	-------

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение в архитектуру вычислительных систем / Introduction to Computer System Architecture	15	4	4		8	7
Цифровой логический уровень / Digital logic level	18	6	6		12	6
Уровень микроархитектуры / Microarchitecture level	18	6	6		12	6
Уровень архитектуры набора команд / ISA level	18	6	6		12	6
Уровень операционной системы / Operation System level	9	2	2		4	5
Ассемблер / Assembler	9	2	2		4	5
Параллельные вычислительные системы / Parallel computer system architecture	12	4	4		8	4
Введение в квантовые компьютеры / Introduction to quantum computers	8	2	2		4	4
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	108	32	32		65	43

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме контрольного тестирования.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Выполнение домашних практических заданий с последующей проверкой и обсуждением. Изучение литературы, проработка теории и рекомендованной к просмотру информации в Интернете по материалам лекционных занятий.

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:

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенции ПК-3						
	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 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

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. RISC и CISC, примеры/ RISC and CISC, examples	ПК-5.1
2. Структура машины фон-Неймана / Von Neumann machine	ПК-5.1
3. Закон Мура / Moor's law	ПК-5.1
4. Аппаратная база цифрового логического уровня компьютеров поколений вычислительной техники / The base of computer generations	ПК-5.1
5. Архитектура компьютера / Computer system architecture	ПК-5.1
6. Параллелизм на уровне команд / Instruction-level parallelism	ПК-5.1
7. Параллелизм на уровне процессора / Processor-level parallelism	ПК-5.1
8. Методы представления отрицательных двоичных чисел. Двоичная арифметика / Negative binary numbers. Binary arithmetic	ПК-5.1
9. Типы модулей памяти / Memory packaging and types	ПК-5.7

10. Шины. ISA, PCI, PCIe / Buses. ISA, PCI, PCIe, PCI Express	ПК-5.7
11. Синхронизация шины. Арбитраж шины / Bus synchronization. Bus arbitration	ПК-5.1
12. Типы базовых вентилей / Basic gates	ПК-5.1
13. Комбинаторные схемы / Combinational circuits	ПК-5.1
14. Арифметические схемы / Arithmetic circuits	ПК-5.1
15. Тактовые генераторы / Clocks	ПК-5.1
16. Защелки. Триггеры. Регистры / Latches. Flip-flops. Registers	ПК-5.1
17. Организация центрального процессора Intel Core / Intel Core CPU	ПК-5.7
18. Организация ARM SOC процессоров. Примеры / ARM SOC CPU. Examples	ПК-5.7
19. Процессоры для встраиваемых систем. Примеры / Embedded CPU. Examples	ПК-5.7
20. Тракт данных для архитектуры Mic-1 / Data Path for the Mic-1	ПК-5.1
21. Микрокоманды Mic-1 / Mic-1 microinstructions	ПК-5.1
22. Методы повышения производительности микроархитектуры на примере Mic-1 / Performance optimization on the Mic-1 example	ПК-5.1
23. Кэш-память / Cache memory	ПК-5.1
24. Методы предсказания переходов / Branch prediction	ПК-5.1
25. Обработка с изменением последовательности и переименование регистров / Out-of-order execution and register renaming	ПК-5.1
26. Спекулятивное исполнение / Speculative execution	ПК-5.1
27. Характеристики уровня архитектуры набора команд / Properties of the ISA level	ПК-5.1
28. Архитектура x86 на примере последнего процессора Intel Core / x86 architecture of the example of the last Intel Core processor	ПК-5.7
29. Расширения системы команд архитектуры x86 / x86 ISA extensions	ПК-5.7
30. Архитектура набора команд ARM / ARM ISA	ПК-5.7
31. Архитектура набора команд встроенного процессора / Embedded ISA	ПК-5.7

8 32. Задачи операционной системы и ее роль в многоуровневой организации компьютера / OS tasks and function in the multilevel computer organization	ПК-5.1
33. Реализация страничной организации памяти / Virtual memory implementation	ПК-5.1
34. Методы организации ввода-вывода / Memory-mapped I/O and Port-mapped I/O	ПК-5.1
35. Ассемблер. Роль ассемблера в многоуровневой структуре компьютера / Assembler and its role in multilevel computer organization	ПК-5.1
36. Ассемблирование в два прохода. Таблица символьных имен / Two-pass Assembly. Symbol table	ПК-5.1
37. Компоновка и загрузка программы. Структура объектного модуля / Program linking and loading. Object module structure	ПК-5.7
38. Таксономия Флинна / Flinn's taxonomy	ПК-5.1
39. Предельные показатели повышения производительности для различных видов параллельных вычислений / The limit of performance improvement by use of different types of parallelization	ПК-5.7
40. Закон Амдала. / Amdal's law	ПК-5.1
41. Свойства квантового бита / Properties of quantum bit	ПК-5.1
42. Квантовая запутанность. Свойства и применение запутанных квантовых состояний в квантовых компьютерах. / Entanglement. Properties of entangled objects. Application in quantum computing	ПК-5.1
43. Типы кубитов и их применение в текущем поколении квантовых компьютеров. / Types of qubits; application in currently implemented quantum computers	ПК-5.7

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Преобразовать заданные числа в формат смещение-127 и представить в шестнадцатеричном виде.
2. Найти неправильный бит в кодовом слове Hamming SEC.
3. Декодировать число, представленное по стандарту IEEE-754 для одинарной точности.
4. Закодировать заданное число с плавающей точкой согласно стандарту IEEE-754 для одинарной точности.
5. Используя таблицу истинности, показать, что $X = (X \text{ AND } Y) \text{ OR } (X \text{ AND NOT } Y)$.
6. Определить, какая исходная команда Java была интерпретирована с помощью заданной последовательности инструкций на ассемблере JVM.
7. Подсчитать время выполнения заданной команды на языке Java, если известна тактовая частота машины, реализующей архитектуру.

8. Для заданного содержимого памяти и регистров определить результаты последовательности команд с различными методами адресации.
9. Представить инфиксную формулу с помощью обратной польской записи.
10. Сравнить машины: безадресную, одноадресную, двух- и трехадресную с помощью написания программы для подсчета выражения $X = (A + B \times C) / (D - E \times F)$. Список инструкций задан.

Typical tasks (English version):

1. Convert given numbers to excess 127 and represent as hexadecimal numbers.
2. Find incorrect bit in Hamming SEC codeword.
3. Decode IEEE-754 single precision floating point number.
4. Represent floating point number according single precision IEEE-754 standard.
5. Using truth tables, show that $X = (X \text{ AND } Y) \text{ OR } (X \text{ AND NOT } Y)$.
6. Find, what Java instruction was interpreted as a given sequence of instructions of IJVM assembler.
7. Calculate the time of execution for Java instruction on the Mic-1 with known clock rate.
8. Find the values, loaded to the accumulator of the one-address machine after each instruction with different addressing mode.
9. Write reverse polish notation for the given infix formula.
10. Compare 0-, 1-, 2-, and 3-address machines by writing programs to compute $X = (A + B \times C) / (D - E \times F)$. The list of available instructions is given.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. S. Tanenbaum, T. Austin. Structured Computer organization. 6th edition. Pearson Prentice Hall, 2013. 801 p.
2. John L. Hennessy, David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 4th edition. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2007. 705 p

б) дополнительная литература:

1. MCNAIRY, C., and SOLTIS, D.: "Itanium 2 Processor Microarchitecture," IEEE Micro Magazine, vol. 23, pp. 44–55, March-April 2003. ARM7TDMI. Technical Reference Manual.
2. RUSU, S., MULJONO, H., and CHERKAUER, B.: "Itanium 2 Processor 6M," IEEE Micro Magazine, vol. 24, pp. 10–18, March–April 2004.

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

3. Prof. David A. Patterson. Lecture 6: Vector processing, 1998, <http://www.cs.berkeley.edu/~pattarn/252S98/Lec06-vector.pdf>
4. Overview of resent supercomputers <https://www.top500.org/>
5. [Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manuals](#)
6. ARM Architecture Reference Manual. https://www.scss.tcd.ie/~waldroj/3d1/arm_arm.pdf
7. List of Intel CPU microarchitectures. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Intel_CPU_microarchitectures
8. [Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual: Volume 2A: Instruction Set Reference, A-M](#) (PDF). Intel Corporation. September 2016.
9. [Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual: Volume 2B: Instruction Set Reference, N-Z](#) (PDF). Intel Corporation. September 2016.
10. [AMD64 Architecture Programmer's Manual: Volume 3: General-Purpose and System Instructions](#) (PDF). Advanced Micro Devices. November 2017.
11. ["Intel Architecture Instruction Set Extensions Programming Reference"](#) (PDF). Intel. July 2013.

- 10 12. PCI Configuration mechanism #1. <http://wiki.osdev.org>
13. CA Navarro, N Hitschfeld-Kahler, L Mateu [A survey on parallel computing and its applications in data-parallel problems using GPU architectures](#), 2013.
14. [IBM Q Experience](#)
15. Ashley Montarano. Quantum algorithms: an overview. Nature Research journals. npj Quantum Information volume2, Article number: 15023 (2016)
<https://www.nature.com/articles/npjqi201523>
16. Simon C. Benjamin, Jason M. Smith [Viewpoint: Driving a Hard Bargain with Diamond Qubits](#). Phys. Rev. Lett. 107, 150503 (2011).
17. Christian Dickel. How to make artificial atoms out of electrical circuits. [Part 1: Superconductivity saves the day. Part II: Circuit quantum electrodynamics and the transmon.](#)
18. [Language-Integrated Quantum Operations: LIQUi>](#)
19. The Q# Programming Language. <https://docs.microsoft.com/en-us/quantum/language/?view=qsharp-preview>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенный столами, стульями, доской, проектором и компьютерами, подключенными к локальной сети и 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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ _____.

Авторы _____ д. ф.-м. н., профессор Турлапов В.Е,

_____ Мартынова Е.М.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., профессор _____ Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 года, протокол № 2.