

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра теоретической информатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
«Архитектура вычислительных систем»

**Направление подготовки**  
09.03.03 Прикладная информатика

**Направленность (профиль)**  
«Информационные технологии в цифровой экономике»

**Форма обучения**  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 12 апреля 2023 г.,  
протокол № 10

Программа одобрена НМК  
факультета ИВТ  
протокол № 6 от  
28 апреля 2023 г.

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Архитектура вычислительных систем» является изучение технических и логических основ вычислительной техники, а также структурной организации и принципов функционирования основных компонентов компьютеров.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Архитектура вычислительных систем» относится к вариативной части ОП бакалавриата.

Данная дисциплина основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин «Дискретная математика» и «Математические основы вычислительной техники».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
		<b>Знать:</b>
		– принципы логической и технической организации вычислительных машин;
		– основы функционирования компонентов вычислительных машин, принципы аппаратного и программного управления компьютерными компонентами.
<b>ПК-6</b> Способен использовать математические и естественно-научные методы для решения прикладных задач	<b>ПК-6.1</b> Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и /или естественных наук, программирования и информационных технологий	<b>Уметь:</b> – оценивать техническую конфигурацию, состав и основные характеристики вычислительных машин.
		<b>Владеть навыками:</b> – оценки, выбора и конфигурирования технических средств в составе
	<b>ПК-6.2</b> Способен к разработке требований и проектирования программного обеспечения, способен провести оценку рекомендуемых решений	

<b>ПК-6</b>	<b>ПК-6.3</b>	<b>Знать:</b>
Способен использовать математические и естественно-научные методы для решения прикладных задач	Владеет основными методами математического и алгоритмического моделирования	– принципы кодирования информации. – принципы построения дискретных преобразователей.
		<b>Уметь:</b>
		– проектировать общую схему и описывать отдельные блоки дискретного преобразователя.
		<b>Владеть навыками:</b>
		– синтеза сетей из функциональных элементов

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Техническая организация компьютера	2	18			1		4	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							2	
2	Представление информации и избыточное кодирование	2	6		5	2		10	Контрольная работа № 1. Коллоквиум
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					1		5	
3	Проектирование дискретных преобразователей	2	10		12	2		26	Контрольная работа № 2. Коллоквиум
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					1		5	
		2				0,3		11,7	Зачет
	<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>		<b>17</b>	<b>5</b>	<b>0,3</b>	<b>51,7</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					<b>3</b>		<b>12</b>	

#### Содержание разделов дисциплины:

##### Тема 1. Техническая организация компьютера.

1.1. Общие принципы функционирования компьютеров: Архитектура фон Неймана. Вычислительные системы. Структура, архитектура. Открытые и замкнутые системы. Функционирование ЭВМ. Процесс и поток. Представление различных видов информации в компьютере. Структуры данных.

1.2. Оперативная память: Классификация элементов памяти. Физические принципы построения. Матричная организация элементов памяти. Кэширование памяти. Архитектура кэш-памяти.

1.3. Центральный процессор: Исполнение программного кода. Переключение задач и виртуальные машины. Защищённый режим и виртуальная память. Архитектура и микроархитектура процессоров. Конвейеризация. Режимы работы процессоров. Архитектурные регистры и типы данных. Набор инструкций. События – прерывания и исключения. Эффективный адрес и преобразование адресов. Страничная трансляция адресов и виртуальная память. Мультипроцессорные и избыточные системы.

1.4. Системная шина: Информационная магистраль первого поколения – шина ISA. Информационная магистраль второго поколения – шина PCI. Информационная магистраль третьего поколения – шина PCI-Express.

1.5. Жесткий диск: Принципы магнитной записи и физическое устройство жёсткого диска. Системная организация HDD. Интерфейсы устройств хранения. RAID-массивы. Логическая структура дисков. Файловая система. SSD-накопитель.

1.6. Видеосистема.

**Тема 2.** Представление информации и избыточное кодирование.

Прямой, обратный, дополнительный и модифицированный дополнительный код. Код Хэмминга. CRC-кодирование.

**Тема 3.** Проектирование дискретных преобразователей.

Принципы разработки логических блоков вычислительного устройства с помощью сетей из функциональных элементов.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

**Консультации** – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты в решении задач, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы, обсуждаются результаты решения заданий, выполненных студентами самостоятельно.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Архитектура вычислительных систем» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. Рублев В. С. Элементы теории графов. Деревья, сети. Ярославль: ЯрГУ, 2010.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20101032.pdf> (электронный ресурс)
2. Рублев В. С. Булевы функции. Ярославль: ЯрГУ, 2018.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20180401.pdf> (электронный ресурс)

##### **б) дополнительная литература**

1. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2013.
2. Лоханин М. В. Архитектура современного компьютера. Ярославль: ЯрГУ, 2011.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110710.pdf> (электронный ресурс)
3. Соломатин, Н. М., Логические элементы ЭВМ. - 2-е изд., перераб. и доп., М., Высшая школа, 1990.
4. Курчидис, В. А., Функционально-логические узлы ЭВМ : учеб. пособие для вузов / В. А. Курчидис, С. М. Магдалинский, Д. И. Асеев ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 1991.
5. Архитектура информационных систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов и др., М., Академия, 2012.
6. Пятибратов, А. П., Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учеб. пособие для вузов / А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко; под ред. А. П. Пятибратова, М., КНОРУС, 2013.
7. Гуров В. В., Чуканов В. О. Основы теории и организации ЭВМ. М.: БИНОМ, 2006.

#### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для лабораторных работ – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент кафедры теоретической информатики, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ А. В. Смирнов  
(подпись)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Архитектура вычислительных систем»  
Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Контрольная работа № 1 (тема 2)**

*(проверка сформированности ПК-6, индикатор ПК 6.3  
(в части знания принципов кодирования информации))*

- 1.** Найти в дополнительном коде значение выражения  $y = a + b - c$ , если  
 $a = 82; b = -35; c = 120$ .

Каждое число кодируется с помощью 8 разрядов.

- 2.** Закодировать с помощью кода Хэмминга последовательность  
111000101010101.

Для этой же последовательности произвести декодирование.

- 3.** Выполнить CRC-кодирование сообщения 101010000101110101 с помощью полинома (4, 1, 0).

Способы решения задач из контрольной работы № 1 рассмотрены в материалах электронного учебного курса «Архитектура вычислительных систем» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 1

Контрольная работа № 1 оценивается целым числом от 0 до 9, каждая задача оценивается в диапазоне от 0 до 3. Длительность работы – 60 минут.

Максимальный балл по задаче **1** ставится, если для всех трёх чисел продемонстрирован процесс перевода их в дополнительный (или модифицированный дополнительный) код, и корректно и в нужном порядке выполнены арифметические действия.

Наличие небольшого недочёта (например, несущественной арифметической ошибки) приводит к снижению оценки на 1 балл.

Наличие нескольких недочётов, одной ошибки или существенная неполнота решения (пропуск шагов) приводит к снижению оценки на 2 балла.

Наличие нескольких ошибок или одной критической ошибки (незнание принципов работы в кодах) приводит к снижению балла до 0.

Максимальный балл по задаче **2** ставится, если полностью продемонстрирован процесс кодирования и декодирования с помощью алгоритма Хэмминга: обосновано количество контрольных битов, построены необходимые таблицы кодирования/декодирования, сделан правильный вывод о наличии/отсутствии ошибки при декодировании и выписано декодированное сообщение.

Наличие небольших недочётов (например, наличие несущественной арифметической ошибки или отсутствие обоснования какого-то шага) приводит к снижению оценки на 1 балл.



Наличие нескольких недочётов, одной ошибки или существенная неполнота решения (пропуск шагов) приводит к снижению оценки на 2 балла. Также оценка будет снижена на 2 балла, если какой-то из этапов (кодирование или декодирование) пропущен или полностью некорректен.

Наличие нескольких ошибок или одной критической ошибки (незнание принципов кодирования по Хэммингу) приводит к снижению балла до 0.

Максимальный балл по задаче 3 ставится, если полностью продемонстрирован процесс кодирования с помощью CRC-алгоритма Хэмминга: показано преобразования полинома в двоичное число, выполнена корректная процедура CRC-кодирования, найдено частное и остаток, выписано закодированное сообщение.

Наличие небольших недочётов (например, наличие несущественной арифметической ошибки или отсутствие обоснования какого-то шага) приводит к снижению оценки на 1 балл.

Наличие нескольких недочётов, одной ошибки или существенная неполнота решения (пропуск шагов) приводит к снижению оценки на 2 балла.

Наличие нескольких ошибок или одной критической ошибки (незнание принципов CRC-кодирования) приводит к снижению балла до 0.

### **Контрольная работа № 2 (тема 3)**

*(проверка сформированности ПК-6, индикатор ПК 6.3*

*(в части знания, умения и владения навыками проектирования дискретных преобразователей))*

Дается одна задача, в которой требуется реализовать сеть из функциональных элементов и оценить ее сложность для произвольного числа разрядов  $n$ .

Примеры таких задач приведены в книге [1] на стр. 73–79.

Способы решения задач из контрольной работы № 2 рассмотрены в книге [1] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

#### Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 2

Контрольная работа № 2 оценивается целым числом от 0 до 8. Длительность работы – 45 минут.

Максимальный балл ставится, если

- реализована правильная логика алгоритма;
- декомпозиция сети на блоки правильно и полно обоснована;
- приведена общая схема сети;
- реализация каждого блока правильно и полно обоснована;
- приведена сеть для каждого блока;
- оценена сложность в общем случае;
- решение оптимально по порядку сложности (безотносительно коэффициентов при степенях  $n$ ).

Каждый недочёт приводит к снижению оценки на 1 балл.

Каждая ошибка приводит к снижению оценки на 2 балла.

Каждая существенная ошибка приводит к снижению оценки на 4 балла.

Критическая ошибка (незнание принципов проектирования дискретных преобразователей) приводит к снижению балла до 0.

Неполнота/отсутствие обоснования какого-то блока или действия трактуются как ошибки.

## Коллоквиум

(проверка сформированности ПК-6, индикатор ПК 6.3)

1. Закодировать с помощью кода Хэмминга последовательность  
1101001101101010101.

Для этой же последовательности произвести декодирование.

2. Выполнить CRC-кодирование сообщения 10101101110101101 с помощью полинома (5, 3, 0).

3. Реализовать сеть из функциональных элементов и оценить ее сложность. Решение должно быть оптимально по сложности.

4. Реализовать сеть из функциональных элементов и оценить ее сложность для произвольного числа разрядов  $n$ .

Примеры задач 3–4 приведены в книге [1] на стр. 73–79.

Способы решения задач 1–2 рассмотрены в материалах электронного учебного курса «Архитектура вычислительных систем» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ. Способы решения задач 3–4 рассмотрены в книге [1] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

### Критерий допуска к коллоквиуму

На коллоквиум попадают студенты, присутствовавшие не менее чем на 70 % очных занятий и при этом получившие за контрольные работы суммарно 8 баллов и более.

### Правила выставления оценки по результатам коллоквиума

Коллоквиум оценивается целым числом от 0 до 17, задачи 1–3 оцениваются в диапазоне от 0 до 3, задача 4 оценивается в диапазоне от 0 до 8. Длительность работы – 95 минут.

Правила оценивания задач 1–2 совпадают с правилами оценивания задач 2–3 из контрольной работы № 1.

Правила оценивания задачи 4 совпадают с правилами оценивания контрольной работы № 2.

Максимальный балл по **задаче 3** ставится, если булева формула для задачи корректно обоснована, произведено упрощение этой формулы путём логического вывода и построена сеть из функциональных элементов минимально возможной сложности (или отличающейся от минимальной не более чем на 25 %).

Если решение корректно, но сложность отличается от оптимальной не более чем на 50 %, то балл равен 2.

Если решение корректно, но сложность отличается от оптимальной не более чем на 100 %, то балл равен 1.

Если решение корректно, но сложность отличается от оптимальной более чем на 100 %, то балл равен 0.

Неполнота обоснования также приводит к снижению балла.

Если некорректна булева формула, то балл равен 0.

Если формула корректна, оптимальна и полностью обоснована, но при этом не построена сеть из функциональных элементов, то балл равен 1.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Зачет выставляется по результатам письменной работы и устной беседы по теории.

Структура и правила оценивания письменной работы совпадают со структурой и правилами оценивания коллоквиума. Если студент был допущен к коллоквиуму и получил за него 9 баллов и выше, результат коллоквиума засчитывается в качестве результата письменной работы на зачете.

Устная беседа содержит 3 коротких вопроса по теме 1, ответ на каждый из которых требует не более 2 минут.

Письменная работа на зачёте проверяет сформированность компетенции *ПК-6*, индикатор *ПК 6.3*. Устная беседа проверяет сформированность компетенции *ОПК-4*, индикатор *ОПК 4.1*.

### Список вопросов к зачету:

1. Архитектура фон Неймана.
2. Вычислительные системы. Структура, архитектура. Открытые и замкнутые системы.
3. Функционирование ЭВМ. Процесс и поток.
4. Представление числовой информации.
5. Представление различных видов информации (кроме числовой) в компьютере. Структуры данных.
6. Классификация элементов памяти. Физические принципы построения.
7. Матричная организация элементов памяти.
8. Кэширование памяти. Архитектура кэш-памяти.
9. Исполнение программного кода. Переключение задач и виртуальные машины. Защищённый режим и виртуальная память.
10. Архитектура и микроархитектура процессоров. Конвейеризация.
11. Режимы работы процессоров.
12. Архитектурные регистры и типы данных.
13. Набор инструкций. События – прерывания и исключения.
14. Эффективный адрес и преобразование адресов.
15. Страничная трансляция адресов и виртуальная память.
16. Мультипроцессорные и избыточные системы.
17. Информационная магистраль первого поколения – шина ISA.
18. Информационная магистраль второго поколения – шина PCI.
19. Информационная магистраль третьего поколения – шина PCI-Express.
20. Принципы магнитной записи и физическое устройство жёсткого диска.
21. Системная организация HDD. Интерфейсы устройств хранения.
22. RAID-массивы.
23. Логическая структура дисков. Файловая система.
24. SSD-накопитель.
25. Видеосистема.

### Правила выставления оценки на зачете

Оценка «зачтено» ставится, если студент написал письменную работу (или коллоквиум) на 9 баллов и выше и при этом ответил на 2 из 3 теоретических вопросов.

Во всех остальных случаях ставится оценка «не зачтено».

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Архитектура вычислительных систем»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Архитектура вычислительных систем» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. По ряду тем предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и лабораторных занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы архитектуры вычислительных систем. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз проработать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы. Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и лабораторных занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Материалы по всем темам (разделам) дисциплины приведены в ЭУК в LMS Moodle «Архитектура вычислительных систем».

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде двух контрольных работ и коллоквиума. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения. В конце семестра студенты сдают зачет, который выставляется на основе оценки за письменную работу (или коллоквиум) и устной беседы по теоретическому материалу.