**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Архитектура вычислительных систем

Architecture of Computational Systems

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 003585

2021

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Ознакомление обучающихся с историей и эволюцией ЭВМ; изучение основных принципов работы ЭВМ и подходов к проектированию ЭВМ; изучение основных принципов построения и работы систем параллельных вычислений; закрепление материала путём рассмотрения примеров конкретных архитектур и систем.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Программа курса предназначена для обучающихся 1 курса бакалавриата и рассчитана на учащихся, изучавших математический анализ, алгебру и основы программирования в объеме первого семестра.  
Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что обучающиеся владеют основами программирования, достаточными для составления простейших программ

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения, обеспечивающие формирование компетенции | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Универсальные компетенции | УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | Знать ключевые факты и иметь общее представление об истории и современных тенденциях развития архитектуры вычислительной техники, понимать деталей организации вычислительных систем в том объёме и с той глубиной, с которыми они были предложены на лекции | УК 1.4. Оценивает достоинства, недостатки и последствия вариантов решения поставленных задач; |
| 2 | Универсальные компетенции | УКБ-3 Способен понимать сущность и значение информации в развитии общества, использовать основные методы получения и работы с информацией с учетом современных технологий цифровой экономики и информационной безопасности | Уметь объяснять принятые ранее и принимать самостоятельные решения при проектировании новых ВС | УКБ-3.3. Получает информацию и сохраняет ее в удобном для работы формате. |

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Лекции, консультации, промежуточная аттестация - 10 ак. ч.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 2 | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 28 |  | 10 | 3 |
|  | 2-42 |  | 2-25 |  |  |  |  |  | 2-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 28 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 2 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): Семестр 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| Ⅰ | Аналоговые и цифровые вычислительные средства, обработка информации | Лекции | 2 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 2 |
| Ⅱ | Основы и эволюция архитектур вычислительной техники | Лекции | 4 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 4 |
| Ⅲ | Системы хранения данных | Лекции | 6 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 8 |
| Ⅳ | Теоретические основы машинных арифметики и логики | Лекции | 8 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 6 |
| Ⅴ | Схемотехника | Лекции | 4 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 8 |
| Ⅵ | Система команд процессора на примере семейства 80x86 | Лекции | 3 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 6 |
| Ⅶ | Трансляция высокоуровневых языков в машинный код | Лекции | 2 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 4 |
| Ⅷ | Особенности современных архитектур | Лекции | 3 |
| Сам. раб. по метод. материалам | 6 |
|  | Промежуточная аттестация | Консультация | 2 |
| Сам. работа | 28 |
| Промежуточная аттестация | 2 |

На лекционных занятиях преподаватель рассказывает материал курса согласно следующему содержанию в разбивке по разделам:

1. Аналоговые и цифровые вычислительные средства, обработка информации.
   1. Преимущества, недостатки и специфика аналоговых и цифровых систем.
   2. Выбор вида системы в зависимости от решаемых задач по обработке и передаче данных.
   3. Формулировка и практический смысл теоремы Котельникова-Шеннона и её следствий.
2. Основы и эволюция архитектур вычислительной техники.
   1. Уровни рассмотрения архитектур. Архитектуры Фон-Неймана.
   2. Масштабы и ценовые категории ВС. Поколения ЭВМ. Поколения операционных систем.
   3. Системы RISC, CISC. VLIW и суперскалярные машины.
   4. Векторные машины.
   5. Оптимизация работы машины при помощи кеша и конвейера.
   6. Применение разных архитектурных решений на примере эволюции семейства Intel x86.
   7. Стековые машины. Преимущества и недостатки. Примеры интерпретаторов, виртуальных машин, аппаратных реализаций (Самсон, Кронос).
3. Системы хранения данных.
   1. Банковая, страничная, сегментная и смешанная модели памяти; пример на основе процессора 80386.
   2. Виды и эволюция энергонезависимой памяти.
   3. Алгебраические основы защиты информации при помощи кодов Хемминга.
   4. Массивы RAID.
4. Теоретические основы машинных арифметики и логики.
   1. Бинарные булевы функции. Мощность и базис пространства функций.
   2. Двоичная позиционная система счисления. Дополнительные коды в позиционных системах.
   3. Сведение двоичных арифметических операций к логическим.
5. Схемотехника.
   1. Физические основы работы ламповых диода и триода, полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов.
   2. Синтез базовых вентилей на основе элементной базы.
   3. Триггеры RS и D. Синхронизация по фронту и спаду импульса. Триггеры JK, T. Связка MS.
   4. Регистры: чтение, запись, передача данных. Сдвигающие регистры и счетчики.
   5. Шифраторы, мультиплексоры.
   6. Физическая организация ОЗУ и ППЗУ, память NOR и NAND.
   7. ЦАП. АЦП разных видов, использование кодов Грея и последовательностей Де-Брейна.
   8. Программируемые логические матрицы, создание процессоров при помощи систем FPGA.
6. Система команд процессора на примере семейства80x86.
   1. Способы адресации данных. Регистровый файл. Ввод, вывод, пересылка данных.
   2. Команды целочисленной арифметики и арифметики с плавающей запятой.
   3. Работа со стеком. Прерывания. Сравнение и передача управления. Обработка последовательностей данных.
   4. SIMD – команды новых процессоров семейства.
7. Трансляция высокоуровневых языков в машинный код.
   1. Основные принципы и стадии работы транслятора.
   2. Пример программы на АЯВУ, оттранслированной в ассемблер x86.
8. Особенности современных архитектур.
   1. Общие современные тенденции.
   2. Особенности IA64.
   3. Особенности AMD64.
   4. Современные встраиваемые архитектуры и микроконтроллеры.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Методические материалы включают в себя следующие типы материалов — учебники, учебные пособия, методические указания для обучающихся, Интернет-ресурсы, электронные учебные пособия, с опорой на которые проводится аудиторная работа.  
  
Для освоения дисциплины обучающиеся должны посещать лекции и выполнять задания преподавателей.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При самостоятельном изучении теоретического материала, выполнении практических заданий и во время подготовки доклада целесообразно использовать рекомендованную основную и дополнительную литературу. Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса.

Взаимодействие между преподавателем и обучающимися осуществляется в форме консультаций. Преподаватель также оказывают помощь обучающимся по планированию и организации самостоятельной работы.

Во время занятий могут цитироваться и демонстрироваться выдержки из следующих источников:

1. Онлайн-курс «Архитектура ЭВМ» университета Принстона https://www.coursera.org/learn/comparch

2. Цилькер, Борис Яковлевич. Организация ЭВМ и систем: учебник / Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов. - СПб: Питер, 2007. - 668 с.

3. Seyed H. Roosta. Parallel processing and parallel algorithms: theory and computation

4. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2015. — 1120 с.

5. Abraham Silberschatz, Greg Gagne, Peter B. Galvin. Operating System Concepts. 10th ed., Wiley, 2018. 951 p.

6. Терехов А.Н. УВК «Самсон» — базовая ЭВМ РВСН // Труды SORUCOM-2011 – 2011. – С. 282-286.

7. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. / пер. с англ. Imagination Technologies. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 792 с.

8. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем.: Учеб. пособие. 2-e изд., перераб. и доп. M.: Изд-во МГТУ им. H.Э. Баумана, 2008. 520 c.

9. Инструмент Logisim Evolution https://github.com/reds-heig/logisim-evolution

10. Онлайн-инструмент Compiler Explorer https://godbolt.org/

11. Документальный фильм «Revolution OS»

12. Художественный фильм «Pirates of Silicon Valley»

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Экзамен теоретический, в классической устной форме. В начале зачёта обучающийся получает 2 случайных вопроса из первой и второй половин списка в п. 3.1.4, в течение академического часа готовит развёрнутый ответ по тематике билета. Также обучающийся на усмотрение преподавателя может получить дополнительные вопросы для краткого немедленного ответа.

Применяются следующие критерии оценивания.

Оценки за все ответы оцениваются по процентной шкале от 0% (нет ответа) до 100% (очень хороший ответ) и усредняются.

| Полнота и качество ответов | Оценка ECTS | Аттестация СПбГУ |
| --- | --- | --- |
| Всестороннее, глубокое и систематическое знание учебного материала (90%-100%) | A | Отлично |
| Допущены неточности в ответе, непринципиальные ошибки, исправленные самостоятельно после наводящих вопросов (80%-89%) | B | Хорошо |
| Допущены неточности в ответе, методы и алгоритмы описаны схематично (70%-79%) | C |
| Допущены существенные ошибки, но обучающийся обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Обучающийся знаком с основной литературой, рекомендованной программой (61%-69%) | D | Удовлетв. |
| Допущены грубые ошибки, но очевидно знание материала в минимальном объёме (50%-60%) | E |
| менее 50% | F | Неудовлетв. |

Вместо ответа на один из основных (не дополнительных) вопросов обучающийся может предъявить результат освоения рекомендованного онлайн-курса «Архитектура ЭВМ» университета Принстона <https://www.coursera.org/learn/comparch>. При этом преподаватель обязательно задаёт минимум один дополнительный вопрос. Балл за освоение онлайн-курса засчитывается в линейной пропорции: максимальный балл соответствует 100%, половина балла — 50% и т.д.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

**Вопросы промежуточной аттестации**

Часть I

1. Цифровые и аналоговые ВС и СПД: преимущества и недостатки.
2. Виды модуляции, плотность каналов, теоремы Шеннона и Котельникова.
3. История вычислительной техники: табуляторы, модели Эйкена и Фон-Неймана.
4. Закон Мура и поколения ЭВМ.
5. Краткая история отечественных ЭВМ.
6. Машинные языки: их уровни и основные «ветви» архитектур систем команд.
7. CISC, RISC, VLIW, стековые архитектуры команд; микропрограммы.
8. Виртуальные машины, JIT и AOT-компиляторы.
9. Шины, прерывания, порты, DMA; автоматическая настройка оборудования.
10. Характеристики ЭВМ — система команд, тактовая частота, разрядность процессора, шин, памяти.
11. Банковая и страничная модели адресного пространства.
12. Сегментная модель адресного пространства.
13. Виртуальная память на основе страничной адресации; смешанная модель адресного пространства на примере 80386.
14. Виды энергонезависимой памяти. Эволюция.
15. Защита энергонезависимой памяти. RAID - массивы различных уровней.
16. Специфика твердотельных накопителей в сравнении с механическими жёсткими дисками.
17. Вычислительный конвейер; конфликты; пузырьки и торможение конвейера; особенности для CISC и RISC.
18. Суперскалярные процессоры и процессоры с внеочередным исполнением инструкций.

Часть II

1. Регистровый файл и система команд Intel x86.
2. Трансляция программ. Пример оттранслированной программы с комментариями.
3. Уровни задач и стандартных подходов к их решению.
4. Логические вентили: их конструкция, возможности и применение.
5. Логические схемы: арифметика, полностью про сумматоры.
6. Логические схемы: арифметика, от вычитания до деления.
7. Логические схемы: плексоры.
8. Органицация DRAM и NAND.
9. Логические схемы: ПЛИС.
10. Триггеры: RS, D, MS
11. Триггеры: JK, T.
12. Регистры: конструкция и назначение сдвигающего регистра, счетчики.
13. Регистры: чтение и запись, передача данных.
14. Назначение и конструкции ЦАП.
15. Назначение и конструкции АЦП.
16. Применение кодов Грея и последовательностей Де-Брейна.
17. Основы векторных вычислений.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции | Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.) |
|  | 1 | 2 |
| 1 | УК 1.4. Оценивает достоинства, недостатки и последствия вариантов решения поставленных задач; | Ответ на дополнительный вопрос на экзамене оценивается в диапазоне от 0 (нет ответа) до 100 (очень хорошо). |
| 2 | УКБ-3.3. Получает информацию и сохраняет ее в удобном для работы формате. | Ответы на вопросы экзамена независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа) до 10 (очень хорошо), после чего усредняются. Результат переводится в диапазон от 0 до 100. |

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Специальных требований нет.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ. MS Windows, MS Office, Mozilla FireFox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не предусмотрено

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не предусмотрено

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Цветные маркеры и средства очистки для маркерной доски.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список литературы**

1. 1.Таненбаум Эндрю. Архитектура компьютера: Пер. с англ. / Э. Таненбаум. - 5-е изд. - М.; СПб; Нижний Новгород: Питер, 2007. - 844 с.: ил. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Г. Майерс. Архитектура современных ЭВМ. В 2-х кн. – М., 1985.

**3.4.2 Перечень иных информационных источников**

Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/>

Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>

Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>

Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource%20type=8>

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

# ФОС для проверки остаточных знаний

# ООП бакалавриата СВ.5080 «Программная инженерия».

## Название дисциплины

[003585] Архитектура вычислительных систем / Architecture of Computational Systems

## Вопросы для осуществления контроля остаточных знаний

Выделить правильные ответы. Некоторые вопросы допускают несколько правильных ответов.

### Дополнительный код, это:

1. код, содержащий вспомогательную информацию
2. способ представления отрицательных машинных чисел
3. значение знакового бита целого машинного числа

### Вычислительная система с N ядрами позволяет ускорить исполнение программ:

1. в раз
2. в раз
3. в раз
4. не более, чем в раз

### Шифратор применительно к схемотехнике, это:

1. устройство, выполняющее криптографическое преобразование данных
2. устройство, преобразующее аналоговый сигнал в цифровой
3. устройство, выдающий двоичное представление номера входной линии с единицей
4. должность инженера, создающего микропрограммы

### Вычислительный конвейер это способ организации вычислений, при котором:

1. разные стадии одной машинной команды выполняются отдельными устройствами
2. разные машинные команды одновременно выполняются различными устройствами

### Согласно таксономии Флинна, вычислитель, одновременно выполняющий одинаковые операции над массивами однородных данных классифицируется, как:

1. SISD
2. SIMD
3. MISD
4. MIMD

### На время суммирования целых машинных чисел в наибольшей степени влияет:

1. время распространения переноса
2. питающее напряжение сумматора
3. время работы полусумматора

### На платформе со страничной адресацией и виртуальной памятью при выделении программой на языке Си в куче массива объёмом 1 ГиБ без последующего обращения к нему:

1. выделяется 1 ГиБ физической памяти
2. физическая память не выделяется
3. выделяется физическая память в объёме от нуля до нескольких страниц

## Критерии оценивания

Правильный ответ на вопрос оценивается 2 баллами. Ответ на вопрос, в котором не все верные пункты указаны, оценивается 1 баллом.

Предлагается из 7 вопросов для проверки давать случайные 5. Из максимальных 10 баллов положительно оценивать ответ, набравший 7 баллов и выше.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Луцив Дмитрий Вадимович  
к.ф.-м.н., доцент каф. системного программирования d.lutsiv@math.spbu.ru