

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ RISC-V (по областям знаний)

### От составителей:

Стремительное развитие открытой архитектуры и системы команд RISC-V предлагает новые возможности как для индустрии проектирования и реализации микропроцессоров и электронно-компонентной базы, так и для системного и прикладного программирования. Для комплексного развития данного направления в России необходимо организовать системную подготовку квалифицированных кадров, нацеленных на разработку, внедрение и использование технологий на базе современных микропроцессорных архитектур RISC-V. Актуальными становятся классификация особенностей использования данных технологий в различных областях и разработка рекомендаций по преподаванию соответствующих разделов образовательной программы, в том числе по внедрению доступных образовательных материалов в учебный процесс вузов для профильных направлений подготовки.

Как один из шагов в этом направлении, рабочей группой Академического комитета Альянса RISC-V подготовлен проект рекомендаций по преподаванию технологий RISC-V по областям знаний. Проект основан на перечне разделов направления Computing (Вычисления) рекомендаций [Computing Curricula](#) и отражает особенности, связанные со спецификой архитектуры и технологий RISC-V.

Предполагается, что данный документ будет уточняться и дополняться. С замечаниями и предложениями можно обратиться по адресу [edu@riscv-alliance.ru](mailto:edu@riscv-alliance.ru).

Дополнительно подготовлен [список рекомендованных образовательных ресурсов и материалов](#) по технологиям RISC-V с отсылкой к соответствующим разделам данных рекомендаций.

Области знаний .....	3
1. Пользователи и организации .....	3
(С-1.1) Социальные аспекты и профессиональные практики.....	3
(С-1.2) Политики и управление безопасностью .....	3
(С-1.3) Управление информационными системами .....	3
(С-1.4) Архитектура организации.....	3
(С-1.5) Управление проектами.....	3
(С-1.6) Дизайн взаимодействия с пользователем.....	3
2. Моделирование систем .....	3
(С-2.1) Вопросы и принципы безопасности .....	3
(С-2.2) Анализ и проектирование систем.....	3
(С-2.3) Анализ и спецификация требований.....	4
(С-2.4) Управление данными и информацией .....	4
3. Системная архитектура и инфраструктура .....	4
(С-3.1) Виртуальные системы и сервисы.....	4
(С-3.2) Интеллектуальные системы .....	4
(С-3.3) Интернет вещей .....	4
(С-3.4) Параллельные и распределенные вычисления .....	4
(С-3.5) Компьютерные сети.....	4
(С-3.6) Встроенные системы.....	4
(С-3.7) Технология интегрированных систем .....	5
(С-3.8) Платформенные технологии .....	5
(С-3.9) Безопасность: технология и реализация.....	5
4. Разработка программного обеспечения .....	5
(С-4.1) Качество ПО, верификация и валидация .....	5
(С-4.2) Процессы создания и эксплуатации ПО .....	5
(С-4.3) Моделирование и анализ ПО .....	5
(С-4.4) Проектирование ПО.....	6
(С-4.5) Разработка на базе платформ.....	6
5. Основы программного обеспечения .....	6
(С-5.1) Графика и визуализация.....	6
(С-5.2) Операционные системы .....	6
(С-5.3) Структуры данных, алгоритмы и вычислительная сложность.....	6
(С-5.4) Языки программирования.....	6
(С-5.5) Основы программирования .....	7
(С-5.6) Основы вычислительных систем .....	7
6. Аппаратное обеспечение .....	7
(С-6.1) Архитектура и организация вычислительных систем .....	7
(С-6.2) Цифровой дизайн.....	7
(С-6.3) Электронные схемы и электроника .....	7
(С-6.4) Обработка сигналов.....	7

## Области знаний

### 1. Пользователи и организации

#### (C-1.1) Социальные аспекты и профессиональные практики

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- История RISC-V с акцентом на лицензирование и технологические преимущества в "противостоянии платформ".
- Открытость и расширяемость архитектуры
- Перспективы и потенциальные проблемы использования

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-1.1)

#### (C-1.2) Политики и управление безопасностью

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка безопасного ПО для RISC-V-архитектур

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-1.2)

#### (C-1.3) Управление информационными системами

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Возможности для управления гетерогенными системами с единой программной моделью RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-1.3)

#### (C-1.4) Архитектура организации

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Доверенные среды исполнения RISC-V
- Промышленные встраиваемые системы на RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-1.4)

#### (C-1.5) Управление проектами

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

#### (C-1.6) Дизайн взаимодействия с пользователем

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

### 2. Моделирование систем

#### (C-2.1) Вопросы и принципы безопасности

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Примеры логики TPM и/или secure boot (практ. часть)
- Безопасность встраиваемых RISC-V-систем

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-2.1)

#### (C-2.2) Анализ и проектирование систем

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Проектирование решений с учетом многообразия ядер RISC-V, специализированных расширений, инструментария и библиотек  
Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-2.2)

#### (C-2.3) Анализ и спецификация требований

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

#### (C-2.4) Управление данными и информацией

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

### 3. Системная архитектура и инфраструктура

#### (C-3.1) Виртуальные системы и сервисы

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Изучение гипервизора на примере открытых спецификаций RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-3.1)

#### (C-3.2) Интеллектуальные системы

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Специализация наборов команд, портирование, оптимизация и применение библиотек и систем (лекции и практ. часть по тензорным компиляторам, OpenCV, OpenVINO, пакетам машинного и глубокого обучения)

- Обзор имеющихся наработок в области AI на RISC-V и перспективы развития

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-3.2)

#### (C-3.3) Интернет вещей

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Специализированные наборы команд. Обзор текущих наработок, их развитие, польза расширений и специализированные ASIC

- RISC-V-микроконтроллеры в IoT

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-1.1)

#### (C-3.4) Параллельные и распределенные вычисления

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Параллельные вычисления на RISC-V (дополнить практ. часть курсов примерами на RISC-V)

- Анализ производительности и оптимизация программ на RISC-V (дополнить практ. часть примерами оптимизации, специфичными для RISC-V процессоров)

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-3.4)

#### (C-3.5) Компьютерные сети

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

#### (C-3.6) Встроенные системы

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка встраиваемых систем на платформе RISC-V (практ. часть)

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-3.6)

#### (С-3.7) Технология интегрированных систем

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Создание интегрированных гетерогенных систем с единой программной моделью RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-3.7)

#### (С-3.8) Платформенные технологии

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Аппаратная платформа RISC-V, технологические преимущества и ограничения, особенности реализации прикладных решений

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-3.8)

#### (С-3.9) Безопасность: технология и реализация

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Примеры логики TPM или secure boot (практ. часть)

- Криптографические расширения RISC-V ISA

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-3.9)

### 4. Разработка программного обеспечения

#### (С-4.1) Качество ПО, верификация и валидация

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Верификация низкоуровневого ПО для платформы RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-4.1)

#### (С-4.2) Процессы создания и эксплуатации ПО

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Применение эмуляторов и инструментальных средств для RISC-V сред

- Практические работы по созданию системного и прикладного ПО для RISC-V устройств

- Сборка ПО под разные конфигурации CPU/HW, ISA профили

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-4.2)

#### (С-4.3) Моделирование и анализ ПО

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Анализ низкоуровневого и исполняемого ПО с точки зрения эффективности и информационной безопасности

- Вопросы генерации исполняемого кода для RISC-V платформ на основе высокоуровневых моделей

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-4.3)

#### (C-4.4) Проектирование ПО

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Проектирование системного ПО для архитектуры RISC-V
- Проектирование и реализация эмуляторов и инструментальных средств для RISC-V сред
- Проектирование и реализация компиляторов для RISC-V архитектур, оптимизация исполняемого кода с учетом расширений RISC-V
- Проектирование прикладного ПО с учетом возможностей и ограничений программной модели и расширений RISC-V
- Проектирование встраиваемых программных систем и программно-аппаратных комплексов

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-4.4)

#### (C-4.5) Разработка на базе платформ

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка для аппаратных платформ RISC-V
- Проектирование расширений наборов команд с учетом особенностей платформы RISC-V
- Применение расширений наборов команд с учетом особенностей платформы RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-4.5)

### 5. Основы программного обеспечения

#### (C-5.1) Графика и визуализация

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Анализ и обработка изображений на платформе RISC-V (практ. часть)
- Реализация графических функций с использованием специализированных расширений RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-5.1)

#### (C-5.2) Операционные системы

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка/адаптация ОС для RISC-V архитектур.
- Поддержка расширений RISC-V на уровне ядра операционной системы

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-5.2)

#### (C-5.3) Структуры данных, алгоритмы и вычислительная сложность

Изучение раздела в настоящий момент не предполагает специфики, связанной с RISC-V технологиями.

#### (C-5.4) Языки программирования

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Специфика программирования для RISC-V на низкоуровневых языках, ассемблер RISC-V
- Использование расширений RISC-V, языковые конструкции
- Реализация языков программирования с учетом возможностей оптимизации исполняемого кода за счет использования RISC-V расширений и особенностей RISC-V архитектуры

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (C-5.4)

#### (С-5.5) Основы программирования

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Кросс-компиляция для RISC-V (практ. часть)
- Язык Ассемблер для платформы RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-5.5)

#### (С-5.6) Основы вычислительных систем

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Основы вычислительных систем (практическая часть на RISC-V и/или использование RISC-V в качестве примера целевой платформы)
- Программные системы и программно-аппаратные комплексы на базе RISC-V технологий

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-5.6)

### 6. Аппаратное обеспечение

#### (С-6.1) Архитектура и организация вычислительных систем

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Открытая архитектура микропроцессоров (практ. часть)
- Архитектура ЭВМ на платформе RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-6.1)

#### (С-6.2) Цифровой дизайн

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка и прототипирование цифровых ИС для архитектуры RISC-V
- Проектирование и верификация СнК (практ. часть)

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-6.2)

#### (С-6.3) Электронные схемы и электроника

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Разработка с использованием электронно-компонентной базы на RISC-V

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-6.3)

#### (С-6.4) Обработка сигналов

При изучении раздела рекомендуется обратить внимание на следующие аспекты, связанные с применением технологий RISC-V:

- Цифровая обработка сигналов (расширение набора инструкций RISC-V с добавлением специализированных инструкций, работающих с ускорителями для цифровой обработки сигналов)

Примеры учебных курсов и образовательных материалов можно найти в списке рекомендованных источников с пометкой (С-6.4)