

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
09.04.01 Информатика и вычислительная техника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Современные компьютерные архитектуры

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Компьютерные сети и технологии

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 4196
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис
Владимирович
Дата: 06.05.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины являются:

- изучение студентами теории и практики основ построения отечественных микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» и вычислительных комплексах на их основе, разработке эффективных программ для данных архитектур на языках C/C++.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков анализировать архитектуру построения отечественных микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» и вычислительных комплексах на их основе, а также направления развития архитектуры средств вычислительной техники и информационных технологий;

- овладение основными методами разработки эффективных программ для микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» на языках C/C++;

- овладение основными методами управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-6 - Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования;

ПК-7 - Применение перспективных методов исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- принципы построения и функционирования вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и вычислительных систем на их основе, а также основные направления развития архитектуры средств вычислительной техники и информационных технологий;

- основные методы разработки эффективных программ для микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» на языках C/C++.

Уметь:

- осуществлять сбор и проводить анализ исходных данных для

разработки программ высокопроизводительных вычислений, а также применять основные способы управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных с использованием языков программирования C/C++;

- применять основные методы оптимизации исходного кода программ под архитектуру «Эльбрус», разработанных на языках программирования C/C++, включая использование опций компилятора, специализированной математической библиотеки (eml), средств отладки, профилирования программ.

Владеть:

- навыками установки общего и прикладного программного обеспечения вычислительных комплексов серии «Эльбрус», разработки программного обеспечения для решения прикладных задач на языках программирования C/C++ в соответствии с техническим заданием, а также разработки документации с учетом требований стандартизации;

- навыками анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике направлений развития компьютерных архитектур, информационных технологий и вычислительной средств на их основе, а также составления отчета по выполненному заданию, участия во внедрении результатов исследований и разработок.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с

педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 152 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Определение компьютерной архитектуры. Обзор современных компьютерных архитектур. Основные тенденции в развитии технологий Рассматриваются вопросы: - компьютерная архитектура, включающая три аспекта проектирования компьютеров - архитектуру системы команд, организацию, то есть микроархитектуру, и аппаратуру; - проводится обзор современных компьютерных архитектур и особенностей их построения; - основные тенденции в развитии технологий; - основные подходы к измерению и обобщению показателей производительности.
2	Микропроцессоры с архитектурой Sparc Рассматриваются вопросы: - Обзор микропроцессоров с архитектурой Sparc; - Основные принципы построения, свойства и характеристики архитектуры Sparc.
3	Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус Рассматриваются вопросы: - введение в архитектуру «Эльбрус»; - отличительные свойства архитектуры «Эльбрус»; - состав и структура построения микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус»; - принципы функционирования микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус»
4	Состав, принципы построения и функционирования вычислительных комплексов семейства «Эльбрус» Рассматриваются вопросы: - проводится обзор вычислительных средств, спроектированных в составе двух современных архитектурных линий SPARC и «Эльбрус»; - состав, принципы построения и функционирования вычислительных комплексов семейства «Эльбрус».
5	Общее программное обеспечение вычислительных комплексов семейства «Эльбрус» Рассматриваются вопросы: - состав и характеристики общего программного обеспечения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- средства разработки и отладки программ; - основы работы с программной платформой
6	Исполняемый код микропроцессора с архитектурой Эльбрус Рассматриваются вопросы: - особенности построения исполняемого кода для микропроцессоров архитектуры «Эльбрус»; - основные команды микропроцессора архитектуры «Эльбрус» в ассемблерной мнемонике - инструменты для просмотра команд объектного кода в ассемблерной мнемонике
7	Принципы оптимизации исходного текста программы компилятором, основные источники оптимизации в исходных текстах программ Рассматриваются вопросы: - базовые блоки и графы потоков данных вычислительного процесса; - основные типы оптимизируемых процедур; - общие архитектурно независимые рекомендации по написанию оптимальных исходных текстов программ.
8	Основные концепции и методы, используемые для обнаружения параллелизма уровня команд Рассматриваются вопросы: - конвейерная обработка, базовые и вспомогательные концепции; - параллелизм уровня команд и его использование в микропроцессорной архитектуре «Эльбрус»; - рекомендации по использованию параллелизма уровня команд в циклических вычислениях.
9	Средства организации параллельных вычислений на уровне потоков и процессов в вычислительных комплексах семейства «Эльбрус» Рассматриваются вопросы: - управление процессам; - управление потоками в процессах.
10	Анализ производительности программ Рассматриваются инструменты для анализа производительности кода на платформе «Эльбрус» и способы оценки эффективности тех или иных преобразований над исследуемой программой
11	Повышение производительности Рассматриваются способы для наиболее эффективного использования аппаратуры процессора с архитектурой «Эльбрус»: ускорение за счёт распараллеливания исполнимого кода на уровне инструкций
12	Использование оптимизированных библиотек Рассматриваются вопросы использования высокопроизводительной математической и мультимедийной библиотеки (EML), представляющая из себя набор разнообразных функций для обработки сигналов, изображений, видео, математических вычислений
13	Рекомендации по оптимизации программ под архитектуру «Эльбрус» Рассматриваются вопросы работы с различными структурами данных при разработке программ, что может существенно отличаться по средней скорости доступа, темпу чтения и изменения данных, а также объему используемой памяти.
14	Обеспечение двоичной совместимости архитектуры «Эльбрус» с Intel x86 Рассматриваются вопросы: - назначение и принципы функционирования технологии бинарной трансляции кода архитектуры x86; - основы работы с бинарным транслятором уровня приложений
15	Сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов Рассматриваются вопросы: - сравнительный анализ технологий обеспечения защиты от атак, использующих нарушение

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	целостного состояния памяти, на аппаратном уровне при помощи тегирования памяти.
16	Безопасное программирование Особенности безопасного использования памяти на основе архитектуры Эльбрус Рассматриваются вопросы: 1. Основные принципы безопасного исполнения программ в системах на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус». Архитектурная поддержка типизации данных. 2. Модель угроз программ на языке Си. 3. Решения некоторых угроз языка Си в защищенном режиме. 4. Примеры программ с уязвимостями и результаты их выполнение в обычном и защищенном режимах: - обращение к несуществующему элементу массива; - использование указателей после неправильных арифметических операций над ними; - использование неинициализированных значений переменных; - использование зависших указателей после освобождения памяти; - утечки памяти; - использование неправильных типов и/или неверного количества переменных в вызовах функций с переменным числом аргументов.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Определение эффективности современной компьютерной архитектуры при реализации программ, содержащих большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических функций В результате выполнения работы студент получает навыки определения эффективности современной компьютерной архитектуры при реализации программ, содержащих большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических функций
2	Управление динамической памятью вычислительного процесса В результате выполнения работы студент получает навыки создания программ на языках программирования C/C++ при помощи средств разработки, входящих в состав ОС семейства Linux, и применения отладчика gdb для исследования стека исполняемых процессов программ.
3	Исполняемый код микропроцессора с архитектурой Эльбрус В результате выполнения работы студент получает навыки анализа ассемблерного кода, генерируемого компилятором
4	Оценка производительности микропроцессора «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-801РС», «Эльбрус-804» на его основе В результате выполнения работы студент получает навыки оценки производительности микропроцессоров «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-801РС», «Эльбрус-804» на его основе
5	Принципы оптимизации исходного текста программы компилятором, основные источники оптимизации в исходных текстах программ В результате выполнения работы студент получает навыки оптимизации программ на языках программирования C/C++ с использованием опций компилятора для архитектуры «Эльбрус»
6	Разработка программного обеспечения для вычислительных комплексов семейства «Эльбрус» В результате выполнения работы студент получает навыки анализа ассемблерного кода «Эльбрус»

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
7	Разработка эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для архитектуры «Эльбрус», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций
8	Разработка эффективных программы для архитектуры «Эльбрус», использующих технологию предварительной подкачки элементов линейных массивов данных В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для архитектуры «Эльбрус», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, использующих технологию предварительной подкачки элементов линейных массивов данных
9	Разработка эффективных программ на языках C/C++ для микропроцессоров с архитектурой Эльбрус В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ на языках C/C++ с использованием средств организации параллельных вычислений на уровне потоков и процессов
10	Анализ производительности разработанных программ на языках C/C++ В результате выполнения работы студент получает навыки профилирования программ, разработанных на языках C/C++, поиска и анализа критических участков исполняемого кода программы с целью их последующей оптимизации, обеспечивающей сокращение времени выполнения программы в целом. Рассматриваются инструменты для анализа производительности кода на платформе «Эльбрус» и способы оценки эффективности тех или иных преобразований над исследуемой программой
11	Повышение производительности программ для архитектуры «Эльбрус» В результате выполнения работы студент получает навыки повышения производительности программ на языках программирования C/C++ для архитектуры «Эльбрус»
12	Разработка эффективных программ для архитектуры «Эльбрус» с использованием высокопроизводительной математической библиотеки EML В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус» с использованием высокопроизводительной математической библиотеки eml
13	Разработка эффективных программ для архитектуры «Эльбрус», использующих технологию предварительной подкачки элементов неструктурированных массивов данных В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, использующих технологию предварительной подкачки элементов нелинейных массивов данных
14	Основы работы с бинарным транслятором уровня приложений операционной системы «Эльбрус». Разработка программы на языке C для архитектуры x86 и анализ ее работы в окружении бинарного транслятора В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска программ на языке программирования C в режиме бинарной трансляции кодов архитектуры Intel x86 на архитектуре «Эльбрус»
15	Модель угроз программ на языке C. Безопасный режим В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска сценариев (программ) на языке C как в обычном режиме, так и режиме безопасных вычислений

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
16	Основы разработки (портирования) исходного кода на языках программирования C/C++ кода для использования в режиме безопасных вычислений В результате выполнения работы студент получает навыки разработки (портирования) программ на языке программирования C/C++ для исполнения на архитектуре «Эльбрус» в режиме безопасных вычислений

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	1. Изучение основ программирования на языке C/C++
2	Изучение основ отладки программ, разработанных на языках программирования C/C++, с использованием gdb в среде операционной системы Debian версий 9, 10
3	Подготовка к лабораторным работам
4	Изучение учебной литературы из приведенных источников
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Описание курсовой работы

Тема «Проектирование приложений для микропроцессоров с архитектурой Эльбрус»

Вариант № 1: Алгоритм умножения квадратных матриц

Вариант № 2: Алгоритм, реализующий быстрое преобразование Фурье.

Вариант № 3: Алгоритм поиска для заданной матрицы обратной матрицы, такой, что с применением метода LUP разложения матрицы.

Вариант № 4: Алгоритм быстрой сортировки массива данных.

Вариант № 5: Алгоритм, реализующий синтез структуры данных красно-черного дерева.

Вариант № 6: Алгоритм быстрой сортировки Хоара с использованием рекурсии.

Вариант № 7: Алгоритм бинарного поиска.

Вариант № 8: Алгоритм сортировки слиянием.

Вариант 9: Алгоритм решения системы линейных уравнений методом Гаусса.

Вариант 10: Алгоритм решения системы линейных уравнений методом Крамера.

Содержание отчета о результатах проектной деятельности

Структура отчета:

Титульный лист.

Реферат.

Содержание.

Термины и определения.

Перечень сокращений и обозначений.

Введение.

Основная часть:

1. Постановка задачи

2. Обзор современных процессоров серии «Эльбрус», анализ принципов построения и функционирования архитектуры «Эльбрус».

3. Основы построения эффективного кода для микропроцессоров архитектуры «Эльбрус»:

а) основные принципы оптимизации исходного текста программы компилятором, основные источники оптимизации в текстах программ;

б) основные концепции и методы, используемые для обнаружения параллелизма уровня команд.

в) основные способы анализа и повышения производительности программ;

г) основные способы создания многопоточных и многопроцессных программ в среде ОС «Эльбрус Linux».

4. Анализ вычислительной задачи, её характеристик: прикладная область, вычислительная сложность, масштабируемость. Описание исходных данных.

5. Построение алгоритма вычислительной задачи. Выбор способов распараллеливания вычислительной задачи с целью достижения максимальной производительности. Описание реализации вычислительной задачи (в том числе основные концепции и методы, используемые для обнаружения параллелизма уровня команд, применение специализированных (высокопроизводительных) математических библиотек) для платформ на базе процессоров с архитектурой x86(-64) (ПЭВМ на выбор студента), «Эльбрус» (ВК «Эльбрус-801PC», сервер «Эльбрус-804» на базе процессоров «Эльбрус-8С»).

6. Анализ производительности разработанной программы. Выполнение оптимизации кода программы для обеспечения максимальной производительности на выбранных вычислительных средствах. Описание выполненных способов оптимизации программы.

7. Выполнение запусков программы на выбранных вычислительных средствах для получения времени исполнения однопоточного и многопоточных профилей программы. В качестве параметров запуска программы должны использоваться: количество параллельных потоков, размерность входных данных. Для каждого профиля программы измеряется время его выполнения. Программа считается успешно выполненной, если она завершилась корректно, а результат ее выполнения совпадает с контрольным.

8. Анализ достигнутых характеристик (время исполнения, объем исполняемого кода, время компиляции программы, оценка наполнения широкой команды операциями, оценка достигнутой производительности процессора при выполнении вычислительной задачи) реализации программы на ПЭВМ архитектуры x86(-64),

ВК «Эльбрус-801РС», сервере «Эльбрус-804».

9. Компиляция программы с опцией «-mptr128» для использования режима безопасных вычислений. Запуск программы на ВК «Эльбрус-801РС»/«Эльбрус-804». Анализ полученных результатов, оценка достигнутого ускорения выполнения вычислительной задачи.

10. Проведение тестирования и верификации разработанной программы.

11. Графическое и табличное отображение полученных результатов экспериментов.

12. Выводы по полученным результатам

Заключение должно содержать краткое описание выполненных задач в рамках курсовой работы, достигнутых результатов и основные выводы, а также сформулированные рекомендации по разработке эффективных программы для микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» в соответствии с выбранным вариантом задания.

Список литературы.

Приложения.

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017

Основная литература:

1. М. И. Нейман-заде, С. Д. Королёв «Руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» [Электронный ресурс] http://www.mcst.ru/files/5ed39a/dd0cd8/50506b/000000/elbrus_prog_2020-05-30.pdf (дата обращения: 15.02.2022).

2. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус» — Ким А. К., Перекатов В. И., Ермаков С. Г. СПб.: Питер, 2013 — 272 с.

3. Gentoo Handbook. Оптимизации GCC. URL: https://wiki.gentoo.org/wiki/GCC_optimization/ru.

Программирование для Linux. Профессиональный подход - Марк Митчелл, Джеффри Оулдем, Алекс Самьюэл. М.: Вильямс, 2002 – 287с.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Нейман-заде М., Королёв С. Руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» М.: АО МЦСТ – 2020	http://www.mcst.ru/files/5ed39a/dd0cd8/50506b/000000/elbrus_prog_2020-05-30.pdf (дата обращения: 10.04.2024)
2	Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». – СПб.: Питер, 2013	http://www.mcst.ru/doc/book_121130.pdf?ysclid=lut9sgc5u0202478669 (дата обращения: 10.04.2024)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Разделы «Главное», «Наука и образование», «Публикации» на сайте «МЦСТ «Эльбрус». Российские микропроцессоры и вычислительные

комплексы», <http://www.mcst.ru>

- Интернет-университет информационных технологий
<http://www.intuit.ru/>
- Тематический форум по информационным технологиям
<http://habrahabr.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Дистрибутив ОС «Эльбрус-Linux» в составе комплекта поставки ВК «Эльбрус-801РС», ВК «Эльбрус-804».

2. Дистрибутив ОС Debian версии 9, 10.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

- учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций.

Проектор для вывода изображения на экран, акустическая система, место для преподавателя оснащенное компьютером ВК «Эльбрус-801РС»

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен во 2 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры
«Вычислительные системы, сети и
информационная безопасность»

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова