

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Программирование в среде многопроцессорных комплексов M2.ДВ.2

Направление подготовки: 231300.68 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Кадыров Р.Ф.

Рецензент(ы):

Задворнов О.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 993514

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Кадыров Р.Ф. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,
Rafael.Kadyrov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины является изучение основных архитектур многопроцессорных систем и принципов разработки прикладного программного обеспечения для них.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 231300.68 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам. Читается на 2 курсе во 2 семестре для магистрантов, обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способность анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

В результате изучения курса "Программирование в среде много процессорных комплексов" студент приобретает следующие знания, навыки и умения:

1. знание архитектуры современных математических и графических сопроцессоров
2. способность самостоятельно понять и изучить архитектуру вновь появляющихся ускорителей

3. знание принципов разработки ПО для современных GPU
4. ориентироваться в стеке технологий CUDA для GPU nVidia
5. знать состав библиотеки CUDA для неграфических вычислений, уметь применять эти библиотеки при разработке ПО для GPU nVidia

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Графический конвейер. Архитектура GPU-устройства.	3		1	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Иерархия памяти GPU. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память.	3		1	0	0	устный опрос
3.	Тема 3. Общие принципы построения программ для GPU. Модель программирования в общей памяти. SIMD (SIMT) модель программы.	3		1	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Программная модель CUDA.	3		1	4	0	коллоквиум
5.	Тема 5. Некоторые алгоритмы обработки массивов. Параллельная редукция. Префиксная сумма.	3		2	4	0	контрольная работа домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Некоторые численные алгоритмы.	3		2	6	0	контрольная работа домашнее задание
7.	Тема 7. Прикладные математические библиотеки: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND.	3		2	4	0	коллоквиум домашнее задание
8.	Тема 8. Высокоуровневые технологии разработки. Введение в Thrust. Реализация вычисления числа "пи" составными квадратурными формулами при помощи Thrust. Сравнение производительности.	3		2	6	0	контрольная работа домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	экзамен
	Итого			12	24	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Графический конвейер. Архитектура GPU-устройства.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Эволюция графических ускорителей. Появление и эволюция графического конвейера. Текстуры, шейдеры. Шейдерные процессоры. Общие черты внутреннего устройства графических ускорителей разных производителей.

Тема 2. Иерархия памяти GPU. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Виды памяти в GPU устройствах. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память. Расположение на графическом чипе, кеширование, ограничения доступа. Обмен данными между GPU и CPU. Общее виртуальное адресное пространство.

Тема 3. Общие принципы построения программ для GPU. Модель программирования в общей памяти. SIMD (SIMT) модель программы.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Классификация Флинна. Место GPU в классификации Флинна. Отличия модели SIMT от классической SIMD-архитектуры.

Тема 4. Программная модель CUDA.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Программная модель CUDA. Взаимодействие CPU->GPU->CPU. Взаимодействие CUDA и C/C++. Расширение языка C/C++. Встроенные типы данных, дополнительные языковые конструкции. CUDA-библиотека времени исполнения. Атомарные операции.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Установка и настройка программного обеспечения CUDA под ОС семейств Windows и Linux. Расширение языка C/C++. Встроенные типы данных, дополнительные языковые конструкции. CUDA-библиотека времени исполнения. Атомарные операции. Компиляция CUDA-программ.

Тема 5. Некоторые алгоритмы обработки массивов. Параллельная редукция.

Префиксная сумма.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Алгоритмы обработки массивов на GPU. Базовая формулировка алгоритмов редукции и префиксного суммирования. Формулировка алгоритмов для GPU: - структура вычислительного ядра - распределение данных между подзадачами - синхронизация подзадач

практическое занятие (4 часа(ов)):

Программная реализация алгоритма параллельного суммирования элементов одномерного массива на GPU. Сравнение производительности CPU и GPU-реализаций.

Тема 6. Некоторые численные алгоритмы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Перемножение матриц. Параллельная реализация алгоритма Штрассена. Транспонирование матрицы - оптимальное распределение памяти по вычислительным потокам. Вычисление числа "пи" при помощи составных квадратурных формул. Вычисление числа "пи" методом Монте-Карло.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Программная реализация на GPU алгоритмов: - транспонирования матрицы - вычисления числа "пи" при помощи составных квадратурных формул - вычисления числа "пи" методом Монте-Карло.

Тема 7. Прикладные математические библиотеки: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Описание структуры библиотек, их основных возможностей. Примеры использования.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Сравнение вычислительной эффективности двух алгоритмов транспонирования матрицы: встроенного в CUBLAS и реализованного самостоятельно в ходе предыдущих практических занятий. Сравнение точности метода Монте-Карло при использовании различных генераторов псевдослучайных последовательностей из библиотеки CURAND

Тема 8. Высокоуровневые технологии разработки. Введение в Thrust. Реализация вычисления числа "пи" составными квадратурными формулами при помощи Thrust. Сравнение производительности.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение в шаблоны C++. Функтор, итератор. Их реализация на C++. ZIP-итератор. Общая идеология Thrust. Примеры использования. Взаимодействие Thrust и CUDA Plain C.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Программная реализация редукции, и вычисления числа "пи" составными квадратурными формулами. Сравнение производительности полученных программ и реализованных ранее на более низком уровне.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Графический конвейер. Архитектура GPU-устройства.	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Иерархия памяти GPU. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память.	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Общие принципы построения программ для GPU. Модель программирования в общей памяти. SIMD (SIMT) модель программы.	3		подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Программная модель CUDA.	3		подготовка к коллоквиуму	5	коллоквиум
				подготовка к устному опросу	5	устный опрос
5.	Тема 5. Некоторые алгоритмы обработки массивов. Параллельная редукция. Префиксная сумма.	3		подготовка домашнего задания	5	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	5	контрольная работа
6.	Тема 6. Некоторые численные алгоритмы.	3		подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
7.	Тема 7. Прикладные математические библиотеки: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND.	3		подготовка домашнего задания	5	домашнее задание
				подготовка к коллоквиуму	5	коллоквиум
8.	Тема 8. Высокоуровневые технологии разработки. Введение в Thrust. Реализация вычисления числа "пи" составными квадратными формулами при помощи Thrust. Сравнение производительности.	3		подготовка домашнего задания	5	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	5	контрольная точка
Итого					72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекционных, лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Графический конвейер. Архитектура GPU-устройства.

устный опрос , примерные вопросы:

Появление и эволюция графического конвейера. Текстуры, шейдеры. Шейдерные процессоры. Общие черты внутреннего устройства графических ускорителей разных производителей.

Тема 2. Иерархия памяти GPU. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память.

устный опрос , примерные вопросы:

Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память. Расположение на графическом чипе, кеширование, ограничения доступа. Обмен данными между GPU и CPU. Общее виртуальное адресное пространство.

Тема 3. Общие принципы построения программ для GPU. Модель программирования в общей памяти. SIMD (SIMT) модель программы.

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация Флинна. Место GPU в классификации Флинна. Отличия модели SIMT от классической SIMD-архитектуры.

Тема 4. Программная модель CUDA.

коллоквиум , примерные вопросы:

Программная модель CUDA. Взаимодействие CPU->GPU->CPU. Взаимодействие CUDA и C/C++.

устный опрос , примерные вопросы:

Расширение языка C/C++. Встроенные типы данных, дополнительные языковые конструкции. CUDA-библиотека времени исполнения. Атомарные операции. Компиляция CUDA-программ.

Тема 5. Некоторые алгоритмы обработки массивов. Параллельная редукция. Префиксная сумма.

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация алгоритма префиксного суммирование элементов одномерного массива на GPU.

контрольная работа , примерные вопросы:

- архитектура GPU nVidia - графический конвейер - виды памяти GPU - программная модель CUDA

Тема 6. Некоторые численные алгоритмы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация на GPU вычисления числа "пи" при помощи составных квадратурных формул

контрольная работа , примерные вопросы:

Программная реализация на GPU вычисления числа "пи" вычисления числа "пи" методом Монте-Карло.

Тема 7. Прикладные математические библиотеки: CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND.

домашнее задание , примерные вопросы:

Сравнение точности метода Монте-Карло при использовании различных генераторов псевдослучайных последовательностей из библиотеки CURAND

коллоквиум , примерные вопросы:

Способы представления разреженных матриц в программе. Реализация основных матричных и матрично-векторных операций линейной алгебры при том или ином подходе к программному представлению матрицы.

Тема 8. Высокоуровневые технологии разработки. Введение в Thrust. Реализация вычисления числа "пи" составными квадратурными формулами при помощи Thrust. Сравнение производительности.

домашнее задание , примерные вопросы:

Реализация префиксного суммирования при помощи библиотеке Thrust. Сравнение вычислительной эффективности с низкоуровневой реализацией алгоритма.

контрольная точка , примерные вопросы:

- структура библиотеки CUBLAS - структура библиотеки CUSPARSE - структура библиотеки CURAND - идеология формулировки алгоритмов при помощи библиотеки Thrust - функтор, итератор, zip-итератор

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену:

1. Эволюция GPU. Современный графический конвейер.
2. Архитектура графического ускорителя nVidia. Шейдер. Шейдерный процессор. Управление потоком инструкций и данных.
3. Виды памяти GPU. Константная, глобальная, текстурная, разделяемая память. Расположение на графическом чипе, кеширование, ограничения доступа.
4. Программная модель CUDA. Расширение языка C/C++. Встроенные типы данных, дополнительные языковые конструкции.
5. Программная модель CUDA. Расширение языка C/C++. CUDA-библиотека времени исполнения. Атомарные операции.
6. Предназначение и структура библиотек CUBLAS, CUSPARSE, CURAND.
7. Библиотека Thrust. Идеология. Детали реализации вычислительных алгоритмов с использованием Thrust. Функтор, итератор, zip-итератор.
8. Опишите структуру графического процессора G80.
9. Каковы основные вычислительные возможности нитевых ядер?
10. Опишите структуру потокового мультипроцессора.
11. Как должны быть организованы вычисления в процессоре G80?
12. В чем состоят принципы организации и функционирования массива взаимодействующих нитей?
13. В соответствии с техникой массива взаимодействующих нитей распишите один из известных вам алгоритмов численного интегрирования.

7.1. Основная литература:

1. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие. - 2-е (эл.). - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 342 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42626
2. Сизиков В.С Обратные прикладные задачи и MatLab. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 256с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2037
3. Линев, А. В. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линев, Д. К. Боголепов, С. И. Бастратов; под ред. В. П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?148 с.
4. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений/ К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров [и др.]; под ред. проф. В.П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч.-образоват. центров суперкомпьютер. технологий. ?2-е изд., испр. и доп.. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?262 с.
- 5.Кепнер, Джереми. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин: [учебное пособие] / Джереми Кепнер; науч. ред. Д. В. Дубров. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2013. ?292, [2] с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Афанасьев К. Е, Стуколов С. В. Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование: учеб. пособие: учеб.-метод. Пособие / Афанасьев К. Е, Стуколов С. В - Кемерово Кузбассвуиздат- 2003- 233с. -ISBN: 5-8353-0155-3
2. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений/ К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров [и др.]; под ред. проф. В.П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч.-образоват. центров суперкомпьютер. технологий. ?2-е изд., испр. и доп.. ?Москва: Изд-во Московского университета, 2010. ?262 с.
- 3 . Сырецкий, Г. А. Информатика. Фундаментальный курс. Том II. Информационные технологии и системы /Г. А. Сырецкий. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2007. ? 846 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=350042>

7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://algotlist.manual.ru/>
Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>
Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru>
Основы работы с технологией CUDA - <http://www.znanium.com>
Параллельные алгоритмы: учебное пособие для студентов и аспирантов университетов и вузов, изучающих вычислительную математику и ее приложения, а также для специалистов по численному анализу - http://z3950.ksu.ru/bcover/0000730145_con.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Программирование в среде многопроцессорных комплексов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером). Желательно наличие мультимедийного проектора.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах, оснащенных доской и мелом (маркером). ЭВМ должны быть оснащены видеоадаптерами nVidia с поддержкой технологии CUDA.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 231300.68 "Прикладная математика" и магистерской программе Математическое моделирование .

Автор(ы):

Кадыров Р.Ф. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Задворнов О.А. _____

"__" _____ 201__ г.