

С.А. Лупин
М.А. Посыпкин

Технологии параллельного программирования

У Ч Е Б Н О Е П О С О Б И Е



СРЕДНЕЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Серия основана в 2001 году

С.А. Лупин, М.А. Посыпкин

ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Рекомендовано
Учебно-методическим советом СПО
в качестве учебного пособия для студентов
учебных заведений, реализующих программу
среднего профессионального образования
по укрупненной группе специальностей
09.02.00 «Информатика и вычислительная техника»*

Москва
ИД «ФОРУМ» — ИНФРА-М
2019

УДК 004.272(075.32)

ББК 32.973я723

Л85

Рецензенты:

Бархоткин В.А. — доктор технических наук, профессор, заместитель проректора по научной работе, профессор кафедры вычислительной техники, директор Научно-исследовательского института вычислительных средств и систем управления Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники»;

Шабанов Б.М. — кандидат технических наук, врио директора Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук — филиала Федерального научного центра Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук

Лупин С.А.

Л85 Технологии параллельного программирования : учеб. пособие / С.А. Лупин, М.А. Посыпкин. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. — 206 с. — (Среднее профессиональное образование).

ISBN 978-5-8199-0853-2 (ИД «ФОРУМ»)

ISBN 978-5-16-014618-8 (ИНФРА-М)

Рассматриваются современные средства разработки параллельных программ для многопроцессорных и многоядерных систем с общей и распределенной памятью: библиотеки MPI, POSIX Threads, система OpenMP. Изложение материала построено по принципу постепенного усложнения и базируется на примерах реализации различных вычислительных алгоритмов.

Книга предназначена для студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по укрупненной группе специальностей 09.02.00 «Информатика и вычислительная техника».

УДК 004.272(075.32)

ББК 32.973я723

ISBN 978-5-8199-0853-2 (ИД «ФОРУМ»)

ISBN 978-5-16-014618-8 (ИНФРА-М)

© Лупин С.А., Посыпкин М.А., 2019

© ИД «ФОРУМ», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление	3
Предисловие.....	5
Введение	7
Области применения параллельных вычислений	8
Краткий обзор архитектуры параллельных систем	9
Структура и целевая аудитория пособия	10
1. Параллельные программы на основе передачи сообщений	12
1.1. Параллельные процессы, взаимодействующие с помощью передачи сообщений	12
1.2. Простейшая MPI-программа.....	12
1.3. Пересылка данных между двумя процессами	16
1.4. Численное интегрирование: параллельная реализация на основе MPI	21
1.5. Семантика точечных обменов	25
1.6. Организация буферизованных пересылок.....	26
1.7. Прием сообщения по шаблону	29
1.8. Стратегия управляющий—рабочие (master—slave): адаптивная квадратура	30
1.9. Отложенные пересылки данных.....	38
1.10. Коммуникаторы и группы.....	42
1.11. Коллективные взаимодействия процессов	54
2. Многопоточное программирование	97
2.1. Процессы и потоки в многозадачной операционной системе	97
2.2. Создание и завершение потока в интерфейсе POSIX Threads ..	102
2.3. Многопоточная программа численного интегрирования.....	106
2.4. Синхронизация.....	111
3. Среда программирования OpenMP	119
3.1. Общая организация среды OpenMP и модель выполнения	120
3.2. Hello World на OpenMP	123
3.3. Опции для переменных в OpenMP-программе	128
3.4. Синхронизация в OpenMP.....	132
3.5. Распределение работы между параллельными потоками	133
Заключение	146

Литература	147
Приложение 1. Справочная информация по MPI	148
Коды ошибок.....	149
Функции точечных обменов	150
Работа с типами данных.....	163
Коллективные взаимодействия.....	167
Операции с группами и коммутаторами	176
Приложение 2. Основные функции многопоточного программирования	184
Приложение 3. Учебный компьютерный класс, как средство реализации параллельных вычислений	194
Приложение 4. Язык параллельного программирования mpC	202