

К. Ю. Богачёв

ОСНОВЫ параллельного программирования

4-е издание, электронное



Москва
Лаборатория знаний
2020

УДК 004.65
ББК 32.073
Б73

Богачёв К. Ю.

Б73 Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-758-5

Данная книга представляет собой введение в методы программирования для параллельных ЭВМ.

Основной ее целью является научить читателя самостоятельно разрабатывать максимально эффективные программы для таких компьютеров.

Вопросы распараллеливания конкретных алгоритмов рассмотрены на многочисленных примерах программ на языке С. В основу книги положен курс лекций для студентов механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Для студентов, аспирантов, научных работников, программистов и всех, кто хочет научиться разрабатывать программы для параллельных ЭВМ.

**УДК 004.65
ББК 32.073**

Деривативное издание на основе печатного аналога: Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 342 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-1616-8.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-758-5

© Лаборатория знаний, 2015

Оглавление

Предисловие	7
Порядок чтения	9
Глава 1. Для нетерпеливого читателя	10
1.1. Последовательная программа	10
1.2. Ускорение работы за счет параллелизма	12
1.3. Параллельная программа, использующая процессы .	13
1.4. Параллельная программа, использующая задачи	18
1.5. Параллельная программа, использующая MPI	21
Глава 2. Пути повышения производительности процессоров ...	24
2.1. CISC- и RISC-процессоры	24
2.2. Основные черты RISC-архитектуры	25
2.3. Конвейеризация	26
2.4. Кэш-память	34
2.5. Многопроцессорные архитектуры	39
2.5.1. Основные архитектуры	39
2.5.2. Комбинированные архитектуры	40
2.5.3. Обанкротившиеся архитектуры	43
2.6. Поддержка многозадачности и многопроцессорности	44
2.7. Использование параллелизма процессора для повыше-	
ния эффективности программ	45
Глава 3. Пути повышения производительности оперативной па-	
 мяти	61
Глава 4. Организация данных во внешней памяти	64

Глава 5. Основные положения	66
5.1. Основные определения	66
5.2. Виды ресурсов	72
5.3. Типы взаимодействия процессов	73
5.4. Состояния процесса	77
Глава 6. Стандарты на операционные системы UNIX	79
6.1. Стандарт BSD 4.3	79
6.2. Стандарт UNIX System V Release 4	79
6.3. Стандарт POSIX 1003	80
6.4. Стандарт UNIX X/Open	80
Глава 7. Управление процессами	81
7.1. Функция fork	81
7.2. Функции execl, execv	84
7.3. Функция waitpid	84
7.4. Функция kill	87
7.5. Функция signal	88
Глава 8. Синхронизация и взаимодействие процессов	96
8.1. Разделяемая память	97
8.1.1. Функция shmget	98
8.1.2. Функция shmat	99
8.1.3. Функция shmctl	99
8.2. Семафоры	100
8.2.1. Функция semget	103
8.2.2. Функция semop	103
8.2.3. Функция semctl	104
8.2.4. Пример использования семафоров и разделяе- мой памяти	104
8.3. События	120
8.4. Очереди сообщений (почтовые ящики)	122
8.4.1. Функция msgget	124
8.4.2. Функция msgsnd	124
8.4.3. Функция msgrcv	125
8.4.4. Функция msgctl	126
8.4.5. Пример использования очередей	126
8.4.6. Функция pipe	133
8.5. Пример многопроцессной программы, вычисляющей произведение матрицы на вектор	135

Глава 9. Управление задачами (threads)	156
9.1. Функция <code>pthread_create</code>	156
9.2. Функция <code>pthread_join</code>	157
9.3. Функция <code>sched_yield</code>	157
Глава 10. Синхронизация и взаимодействие задач	158
10.1. Объекты синхронизации типа <code>mutex</code>	158
10.1.1. Функция <code>pthread_mutex_init</code>	161
10.1.2. Функция <code>pthread_mutex_lock</code>	162
10.1.3. Функция <code>pthread_mutex_trylock</code>	162
10.1.4. Функция <code>pthread_mutex_unlock</code>	162
10.1.5. Функция <code>pthread_mutex_destroy</code>	163
10.1.6. Пример использования <code>mutex</code>	163
10.2. Пример <code>multithread</code> -программы, вычисляющей опре- деленный интеграл	168
10.3. Объекты синхронизации типа <code>condvar</code>	168
10.3.1. Функция <code>pthread_cond_init</code>	170
10.3.2. Функция <code>pthread_cond_signal</code>	171
10.3.3. Функция <code>pthread_cond_broadcast</code>	171
10.3.4. Функция <code>pthread_cond_wait</code>	172
10.3.5. Функция <code>pthread_cond_destroy</code>	172
10.3.6. Пример использования <code>condvar</code>	172
10.4. Пример <code>multithread</code> -программы, вычисляющей произ- ведение матрицы на вектор	178
10.5. Влияние дисциплины доступа к памяти на эффектив- ность параллельной программы	192
10.6. Пример <code>multithread</code> -программы, решающей задачу Дирихле для уравнения Пуассона	202
Глава 11. Интерфейс MPI (Message Passing Interface)	232
11.1. Общее устройство MPI-программы	232
11.2. Сообщения	234
11.3. Коммуникаторы	237
11.4. Попарный обмен сообщениями	238
11.5. Операции ввода-вывода в MPI-программах	240
11.6. Пример простейшей MPI-программы	242
11.7. Дополнительные функции для попарного обмена сооб- щениями	243
11.8. Коллективный обмен сообщениями	250

11.9. Пример MPI-программы, вычисляющей определенный интеграл	256
11.10. Работа с временем	259
11.11. Пример MPI-программы, вычисляющей произведение матрицы на вектор	261
11.12. Дополнительные функции коллективного обмена сообщениями для работы с массивами	273
11.13. Пересылка структур данных	277
11.13.1. Пересылка локализованных разнородных данных	277
11.13.2. Пересылка распределенных однородных данных	288
11.14. Ограничение коллективного обмена на подмножество процессов	290
11.15. Пример MPI-программы, решающей задачу Дирихле для уравнения Пуассона	292
Источники дополнительной информации	323
Программа курса	325
Список задач	329
Указатель русских терминов	334
Указатель английских терминов	336
Список иллюстраций	339
Список таблиц	340
Список примеров	341