

УДК 004.45 (075.8)
Г 948

Рецензенты:

А.А. Малявко, канд. техн. наук, доцент

А.Б. Колкер, канд. техн. наук, доцент

Гулько А.В.

Г 948 Системное программирование в среде Linux: учебное пособие / А.В. Гулько. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 235 с.

ISBN 978-5-7782-4160-2

В данном пособии описан интерфейс прикладного программирования (API) UNIX-совместимых операционных систем: от файловых операций и использования библиотек до методов и средств разработки многозадачного и многопоточного программного обеспечения, а также средства межзадачной (IPC) и межпоточной коммуникации: программные каналы и каналы FIFO, очереди сообщений, семафоры, разделяемая память System V и POSIX, взаимные исключения и условные переменные.

Кроме того, кратко обсуждаются средства коммуникации процессов по сети и особенности взаимодействия приложений и системных служб.

Учебное пособие предназначено для студентов IV курса, обучающихся по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах», а также может быть полезно студентам ряда других технических специальностей, связанных с разработкой многозадачного и многопоточного программного обеспечения в среде операционных систем семейства Linux.

Работа подготовлена на кафедре автоматике НГТУ

УДК 004.45 (075.8)

ISBN 978-5-7782-4160-2

© Гулько А.В., 2020

© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. Введение в системное программирование	4
Вопросы для самопроверки	8
Глава 2. Общие принципы Linux API	9
2.1. Стандарты, лежащие в основе Linux API	9
2.1.1. Стандарт языка C	10
2.1.2. Стандарты POSIX	11
2.1.3. Стандарты LSB	12
2.2. Задачи, выполняемые Linux API	14
2.2.1. Задачи, выполняемые ядром	15
2.2.2. Режим ядра и пользовательский режим	16
2.2.3. Модель памяти процесса, его создание и выполнение	18
2.2.4. Особенности выполнения системных вызовов Linux API	19
2.3. Системные типы данных Linux API	20
Вопросы для самопроверки	24
Глава 3. Файловые операции средствами системных вызовов	25
3.1. Общее представление о файловом вводе-выводе	25
3.2. Универсальность ввода-вывода	28
3.3. Открытие файла: open ()	29
3.4. Чтение из файла: read ()	33
3.5. Запись в файл: write ()	35
3.6. Закрытие файла: close ()	35
3.7. Изменение файлового смещения: lseek ()	36
3.8. Блокировка доступа к файлу	38
3.8.1. Описание блокировки	39
3.8.2. Блокировка функцией fcntl ()	41

3.8.2. Блокировка функцией <code>lockf()</code>	42
Вопросы для самопроверки	44
Упражнения	44
Глава 4. Статические и динамические библиотеки	45
4.1. Библиотека объектов	45
4.2. Статические библиотеки	48
4.2.1 Создание и редактирование статической библиотеки	48
4.2.2. Использование статической библиотеки	49
4.3. Краткий обзор разделяемых библиотек	50
4.4. Создание и использование разделяемых библиотек	52
4.4.1. Создание разделяемой библиотеки	52
4.4.2. Адресно-независимый код	53
4.4.3. Использование разделяемой библиотеки	53
4.4.4. Команды <code>objdump</code> и <code>readelf</code>	56
4.4.5. Команда <code>nm</code>	56
4.4.6. Создание разделяемой библиотеки с применением общепринятых методик	57
4.5. Динамически загружаемые библиотеки	58
4.5.1. Открытие разделяемой библиотеки: <code>dlopen()</code>	58
4.5.2. Получение адреса функции или переменной: <code>dlsym()</code>	60
4.5.3. Выгрузка динамической библиотеки: <code>dlclose()</code>	61
4.5.4. Пример применения	61
4.5.5. Инициализация и деинициализация динамических библиотек	62
Вопросы для самопроверки	64
Упражнения	65
Глава 5. Многозадачное программирование в Linux	66
5.1. Основные системные вызовы для реализации многозадачности	66
5.2. Идентификаторы процессов в Linux	68
5.3. Порождение процессов	69
5.4. Методы синхронизации процессов	71
5.5. Завершение процесса	74
5.6. Функции и программы в порожденных процессах	76
5.7. Управление приоритетами процессов	78
5.8. Ненормальное завершение процесса. Сигналы	79

Вопросы для самопроверки	84
Упражнения	84
Глава 6. Linux IPC	85
6.1. Совместное использование информации процессами	85
6.2. Каналы передачи данных	87
6.2.1. Неименованные каналы	87
6.2.2. Именованные каналы	92
Вопросы для самопроверки	97
Упражнения	98
6.3. System V IPC: очереди сообщений, семафоры, разделяемая память	98
6.3.1. Введение в System V IPC	98
6.3.2. Очереди сообщений System V IPC	105
6.3.3. Семафоры System V IPC	112
6.3.4. Разделяемая память System V IPC	116
Вопросы для самопроверки	123
Упражнения	124
6.4. POSIX IPC: очереди сообщений, семафоры, разделяемая память	125
6.4.1. Введение в POSIX IPC	125
6.4.2. Очереди сообщений POSIX IPC	131
6.4.3. Семафоры POSIX IPC	144
6.4.4. Разделяемая память POSIX IPC	153
Вопросы для самопроверки	163
Упражнения	164
Глава 7. Многопоточное программирование в Linux	165
7.1. Создание потоков и управление ими	165
7.1.1. Создание потоков	165
7.1.2. Завершение потоков	167
7.1.3. Особенности главного потока	170
7.1.4. Жизненный цикл потоков	170
7.1.5. Атрибуты потоков	171
7.2. Средства синхронизации потоков в Linux	176
Вопросы для самопроверки	187
Упражнения	187

Глава 8. Сетевое взаимодействие процессов в Linux	188
8.1. Сокеты, дейтаграммы и потоки передачи	189
8.2. Серверные функции сокета	191
8.2.1. Связывание сокета	191
8.2.2. Функции работы с DNS	193
8.2.2. Перевод связанного сокета в состояние прослушивания	196
8.2.3. Прием клиентских запросов соединения	196
8.2.4. Отключение и закрытие сокетов	197
8.3. Клиентские функции сокета	198
8.4. Отправка и получение данных	198
Вопросы для самопроверки	201
Упражнения	201
Глава 9. Системные службы (демоны) в Linux	202
9.1. Создание демона	202
9.2. Функция daemon()	206
9.3. Запись в журнал сообщений и ошибок с помощью системы syslog	206
Вопросы для самопроверки	211
Упражнения	212
Глава 10. Лабораторный практикум	213
Лабораторная работа № 1. Файловые операции средствами системных вызовов	213
Лабораторная работа № 2. Статические и динамические библиотеки	216
Лабораторная работа № 3. Многозадачное программирование в Linux	218
Лабораторная работа № 4. Каналы передачи данных	220
Лабораторная работа № 5. Очереди сообщений	222
Лабораторная работа № 6. Семафоры и разделяемая память	224
Лабораторная работа № 7. Многопоточное программирование в Linux	226
Лабораторная работа № 8. Сетевое взаимодействие процессов в Linux	228
Курсовая (расчетно-графическая) работа	229
Библиографический список	230