

Оглавление

Предисловие	15
От издательства	17
Об авторе	17
Глава 1. Введение	19
1.1. Что такое операционная система?	21
1.1.1. Операционная система как расширенная машина	22
1.1.2. Операционная система в качестве менеджера ресурсов	24
1.2. История операционных систем	26
1.2.1. Первое поколение (1945–1955): электронные лампы	26
1.2.2. Второе поколение (1955–1965): транзисторы и системы пакетной обработки	27
1.2.3. Третье поколение (1965–1980): интегральные схемы и многозадачность	29
1.2.4. Четвертое поколение (с 1980 года по наши дни): персональные компьютеры	35
1.3. Обзор аппаратного обеспечения компьютера	39
1.3.1. Процессоры	40
1.3.2. Многопоточные и многоядерные микропроцессоры	43
1.3.3. Память	44
1.3.4. Диски	48
1.3.5. Ленты	49
1.3.6. Устройства ввода-вывода	50
1.3.7. Шины	54
1.3.8. Загрузка компьютера	56
1.4. Зоопарк операционных систем	58
1.4.1. Операционные системы мейнфреймов	58
1.4.2. Серверные операционные системы	58
1.4.3. Многопроцессорные операционные системы	59
1.4.4. Операционные системы персональных компьютеров	59
1.4.5. Операционные системы карманных персональных компьютеров	60
1.4.6. Встроенные операционные системы	60
1.4.7. Операционные системы сенсорных узлов	61
1.4.8. Операционные системы реального времени	61
1.4.9. Операционные системы смарт-карт	62
1.5. Понятия операционной системы	63
1.5.1. Процессы	63
1.5.2. Адресные пространства	65
1.5.3. Файлы	66
1.5.4. Ввод-вывод данных	70
1.5.5. Безопасность	70
1.5.6. Оболочка	70
1.5.7. Онтогенез повторяет филогенез	72
1.6. Системные вызовы	76
1.6.1. Системные вызовы для управления процессами	80
1.6.2. Системные вызовы для управления файлами	83
1.6.3. Системные вызовы для управления каталогами	84
1.6.4. Разные системные вызовы	86
1.6.5. Windows Win32 API	87

1.7. Структура операционной системы	90
1.7.1. Монолитные системы	90
1.7.2. Многоуровневые системы	91
1.7.3. Микроядра	92
1.7.4. Клиент-серверная модель	95
1.7.5. Виртуальные машины	96
1.7.6. Экзоядра	100
1.8. Устройство мира согласно языку C	100
1.8.1. Язык C	101
1.8.2. Заголовочные файлы	102
1.8.3. Большие программные проекты	102
1.8.4. Модель времени выполнения	104
1.9. Исследования в области операционных систем	104
1.10. Краткое содержание остальных глав этой книги	106
1.11. Единицы измерения	107
1.12. Краткие выводы	108
Вопросы	109
Глава 2. Процессы и потоки	112
2.1. Процессы	112
2.1.1. Модель процесса	113
2.1.2. Создание процесса	115
2.1.3. Завершение процесса	118
2.1.4. Иерархии процессов	118
2.1.5. Состояния процессов	119
2.1.6. Реализация процессов	121
2.1.7. Моделирование режима многозадачности	124
2.2. Потоки	125
2.2.1. Применение потоков	125
2.2.2. Классическая модель потоков	131
2.2.3. Потоки в POSIX	136
2.2.4. Реализация потоков в пользовательском пространстве	138
2.2.5. Реализация потоков в ядре	141
2.2.6. Гибридная реализация	143
2.2.7. Активация планировщика	143
2.2.8. Всплывающие потоки	145
2.2.9. Превращение однопоточного кода в многопоточный	146
2.3. Взаимодействие процессов	150
2.3.1. Состязательная ситуация	151
2.3.2. Критические области	152
2.3.3. Взаимное исключение с активным ожиданием	153
2.3.4. Приостановка и активизация	159
2.3.5. Семафоры	162
2.3.6. Мьютексы	165
2.3.7. Мониторы	170
2.3.8. Передача сообщений	176
2.3.9. Барьеры	180
2.4. Планирование	181
2.4.1. Введение в планирование	182
2.4.2. Планирование в пакетных системах	190
2.4.3. Планирование в интерактивных системах	192
2.4.4. Планирование в системах реального времени	199
2.4.5. Политика и механизмы	201
2.4.6. Планирование потоков	201
2.5. Классические задачи взаимодействия процессов	203
2.5.1. Задача обедающих философов	203

2.5.2. Задача читателей и писателей	207
2.6. Исследования, посвященные процессам и потокам	208
2.7. Краткие выводы	209
Вопросы	210
Глава 3. Управление памятью	216
3.1. Память без использования абстракций	217
3.2. Абстракция памяти: адресные пространства	220
3.2.1. Понятие адресного пространства	221
3.2.2. Свопинг	223
3.2.3. Управление свободной памятью	226
3.3. Виртуальная память	230
3.3.1. Страничная организация памяти	232
3.3.2. Таблицы страниц	236
3.3.3. Ускорение работы страничной организации памяти	238
3.3.4. Таблицы страниц для больших объемов памяти	242
3.4. Алгоритмы замещения страниц	245
3.4.1. Оптимальный алгоритм замещения страниц	246
3.4.2. Алгоритм исключения недавно использовавшейся страницы	247
3.4.3. Алгоритм «первой пришла, первой и ушла»	249
3.4.4. Алгоритм «второй шанс»	249
3.4.5. Алгоритм «часы»	250
3.4.6. Алгоритм замещения наименее востребованной страницы	251
3.4.7. Моделирование LRU в программном обеспечении	252
3.4.8. Алгоритм «Рабочий набор»	254
3.4.9. Алгоритм WSClock	258
3.4.10. Краткая сравнительная характеристика алгоритмов замещения страниц	261
3.5. Вопросы разработки систем страничной организации памяти	262
3.5.1. Сравнительный анализ локальной и глобальной политики	262
3.5.2. Управление загрузкой	265
3.5.3. Размер страницы	266
3.5.4. Разделение пространства команд и данных	268
3.5.5. Совместно используемые страницы	269
3.5.6. Совместно используемые библиотеки	270
3.5.7. Отображаемые файлы	273
3.5.8. Политика очистки страниц	273
3.5.9. Интерфейс виртуальной памяти	274
3.6. Вопросы реализации	275
3.6.1. Участие операционной системы в процессе подкачки страниц	275
3.6.2. Обработка ошибки отсутствия страницы	276
3.6.3. Перезапуск команды	277
3.6.4. Блокировка страниц в памяти	279
3.6.5. Резервное хранилище	279
3.6.7. Разделение политики и механизма	282
3.7. Сегментация	283
3.7.1. Реализация чистой сегментации	287
3.7.2. Сегментация со страничной организацией памяти: система MULTICS	288
3.7.3. Сегментация со страничной организацией памяти: система Intel Pentium	292
3.8. Исследования в области управления памятью	297
3.9. Краткие выводы	298
Вопросы	299
Глава 4. Файловые системы	306
4.1. Файлы	308
4.1.1. Имена файлов	308
4.1.2. Структура файла	310

4.1.3. Типы файлов	311
4.1.4. Доступ к файлам	313
4.1.5. Атрибуты файлов	314
4.1.6. Операции с файлами	316
4.1.7. Пример программы, использующей файловые системные вызовы	317
4.2. Каталоги	320
4.2.1. Системы с одноуровневыми каталогами	320
4.2.2. Иерархические системы каталогов	320
4.2.3. Имена файлов	321
4.2.4. Операции с каталогами	324
4.3. Реализация файловой системы	325
4.3.1. Структура файловой системы	325
4.3.2. Реализация файлов	326
4.3.3. Реализация каталогов	332
4.3.4. Совместно используемые файлы	336
4.3.5. Файловые системы с журнальной структурой	338
4.3.6. Журналируемые файловые системы	340
4.3.7. Виртуальные файловые системы	342
4.4. Управление файловой системой и ее оптимизация	346
4.4.1. Управление дисковым пространством	346
4.4.2. Резервное копирование файловой системы	353
4.4.3. Непротиворечивость файловой системы	360
4.4.4. Производительность файловой системы	364
4.4.5. Дефрагментация дисков	369
4.5. Примеры файловых систем	370
4.5.1. Файловые системы компакт-дисков	370
4.5.2. Файловая система MS-DOS	376
4.5.3. Файловая система UNIX V7	379
4.6. Исследования в области файловых систем	382
4.7. Краткие выводы	383
Вопросы	383
Глава 5. Ввод и вывод информации	387
5.1. Основы аппаратного обеспечения ввода-вывода	387
5.1.1. Устройства ввода-вывода	388
5.1.2. Контроллеры устройств	389
5.1.3. Ввод-вывод, отображаемый на пространство памяти	390
5.1.4. Прямой доступ к памяти (DMA)	395
5.1.5. Еще раз о прерываниях	398
5.2. Принципы создания программного обеспечения ввода-вывода	403
5.2.1. Задачи, стоящие перед программным обеспечением ввода-вывода	403
5.2.2. Программный ввод-вывод	405
5.2.3. Ввод-вывод, управляемый прерываниями	407
5.2.4. Ввод-вывод с использованием DMA	408
5.3. Уровни программного обеспечения ввода-вывода	408
5.3.1. Обработчики прерываний	409
5.3.2. Драйверы устройств	410
5.3.3. Программное обеспечение ввода-вывода, не зависящее от конкретных устройств	414
5.3.4. Программное обеспечение ввода-вывода, работающее в пространстве пользователя	421
5.4. Диски	423
5.4.1. Аппаратная часть дисков	423
5.4.2. Форматирование диска	441
5.4.3. Алгоритмы планирования перемещения блока головок	445
5.4.4. Обработка ошибок	449
5.4.5. Стабильное хранилище данных	452

5.5. Часы	456
5.5.1. Аппаратная составляющая часов	456
5.5.2. Программное обеспечение часов	458
5.5.3. Программируемые таймеры	461
5.6. Пользовательский интерфейс: клавиатура, мышь, монитор	463
5.6.1. Программное обеспечение ввода информации	463
5.6.2. Программное обеспечение вывода информации	469
5.7. Тонкие клиенты	486
5.8. Управление энергопотреблением	488
5.8.1. Роль оборудования	490
5.8.2. Роль операционной системы	491
5.8.2. Роль прикладных программ	497
5.9. Исследования в области ввода-вывода данных	499
5.10. Краткие выводы	500
Вопросы	501
Глава 6. Взаимоблокировка	507
6.1. Ресурсы	508
6.1.1. Выгружаемые и невыгружаемые ресурсы	508
6.1.2. Получение ресурса	510
6.2. Введение во взаимоблокировки	511
6.2.1. Условия возникновения ресурсных взаимоблокировок	512
6.2.2. Моделирование взаимоблокировок	512
6.3. Страусиный алгоритм	516
6.4. Обнаружение взаимоблокировок и восстановление работоспособности	516
6.4.1. Обнаружение взаимоблокировки при использовании одного ресурса каждого типа	516
6.4.2. Обнаружение взаимоблокировки при использовании нескольких ресурсов каждого типа	519
6.4.3. Выход из взаимоблокировки	522
6.5. Уклонение от взаимоблокировок	524
6.5.1. Траектории ресурса	524
6.5.2. Безопасное и небезопасное состояние	525
6.5.3. Алгоритм банкира для одного ресурса	527
6.5.4. Алгоритм банкира для нескольких типов ресурсов	528
6.6. Предотвращение взаимоблокировки	530
6.6.1. Атака условия взаимного исключения	530
6.6.2. Атака условия удержания и ожидания	531
6.6.3. Атака условия невыгружаемости	532
6.6.4. Атака условия циклического ожидания	532
6.7. Другие вопросы	534
6.7.1. Двухфазное блокирование	534
6.7.2. Взаимные блокировки при обмене данными	534
6.7.3. Активная взаимоблокировка	536
6.7.4. Зависание	538
6.8. Исследования в области взаимоблокировок	539
6.9. Краткие выводы	540
Вопросы	540
Глава 7. Мультимедийные операционные системы	545
7.1. Введение в мультимедиа	546
7.1.1. Мультимедийные файлы	550
7.1.2. Кодирование изображения	552
7.1.3. Кодирование звука	555
7.2. Сжатие видеoinформации	557
7.2.1. Стандарт JPEG	557
7.2.2. Стандарт MPEG	561

7.3. Сжатие аудиоинформации	563
7.4. Планирование процессов в мультимедийных системах	567
7.4.1. Планирование однородных процессов	567
7.4.2. Общие вопросы планирования работы в режиме реального времени	568
7.4.3. Алгоритм планирования RMS	570
7.4.4. Алгоритм планирования EDF	572
7.5. Парадигмы мультимедийной файловой системы	574
7.5.1. Функции управления кассетным видеомаягнитофоном	575
7.5.2. Виртуальный кинозал	577
7.5.3. Виртуальный кинозал с функциональностью, присущей видеомаягнитофону	579
7.6. Размещение файлов	581
7.6.1. Размещение файла на одном диске	582
7.6.2. Две альтернативные стратегии файловой организации	583
7.6.3. Размещение файлов для виртуального кинотеатра	587
7.6.4. Размещение нескольких файлов на одном диске	589
7.6.5. Размещение файлов на нескольких дисках	591
7.7. Кэширование	594
7.7.1. Блочное кэширование	594
7.7.2. Кэширование файлов	596
7.8. Планирование работы диска в интересах мультимедиа	597
7.8.1. Статическое планирование работы диска	597
7.8.2. Динамическое планирование работы диска	599
7.9. Исследования в области мультимедиа	601
7.10. Краткие выводы	601
Вопросы	602
Глава 8. Многопроцессорные системы	607
8.1. Многопроцессоры	610
8.1.1. Многопроцессорное аппаратное обеспечение	610
8.1.2. Типы многопроцессорных операционных систем	620
8.1.3. Синхронизация многопроцессоров	625
8.1.4. Планирование работы многопроцессора	630
8.2. Многокомпьютеры	637
8.2.1. Аппаратное обеспечение многокомпьютеров	638
8.2.2. Низкоуровневые коммуникационные программы	642
8.2.3. Коммуникационные программы пользовательского уровня	644
8.2.4. Вызов удаленной процедуры	648
8.2.5. Распределенная совместно используемая память	651
8.2.6. Планирование многокомпьютеров	657
8.2.7. Балансировка нагрузки	657
8.3. Виртуализация	660
8.3.1. Требования, которые необходимо выполнить для осуществления виртуализации	663
8.3.2. Гипервизоры первого типа	664
8.3.3. Гипервизоры второго типа	665
8.3.4. Паравиртуализация	667
8.3.5. Виртуализация памяти	669
8.3.6. Виртуализация устройств ввода-вывода	671
8.3.7. Виртуальные приложения	673
8.3.8. Виртуальные машины на многоядерных центральных процессорах	674
8.3.9. Вопросы лицензирования	674
8.4. Распределенные системы	675
8.4.1. Сетевое оборудование	677
8.4.2. Сетевые службы и протоколы	681

8.4.3. Связующее программное обеспечение на основе документа	685
8.4.4. Связующее программное обеспечение на основе файловой системы	687
8.4.5. Связующее программное обеспечение, основанное на объектах	692
8.4.6. Связующее программное обеспечение, основанное на взаимодействии	694
8.4.7. Grid-системы	700
8.5. Исследования в области многопроцессорных систем	700
8.6. Краткие выводы	702
Вопросы	703

Глава 9. Безопасность 709

9.1. Внешние условия, требующие принятия дополнительных мер безопасности	711
9.1.1. Угрозы	711
9.1.2. Злоумышленники	713
9.1.3. Случайная утрата данных	714
9.2. Основы криптографии	715
9.2.1. Шифрование с секретным ключом	716
9.2.2. Шифрование с открытым ключом	717
9.2.3. Односторонние функции	718
9.2.4. Цифровые подписи	718
9.2.5. Криптографический процессор	720
9.3. Механизмы защиты	721
9.3.1. Домены защиты	721
9.3.2. Списки управления доступом	724
9.3.3. Перечни возможностей	727
9.3.4. Надежные системы	730
9.3.5. Высоконадежная вычислительная база	731
9.3.6. Формальные модели систем безопасности	733
9.3.7. Многоуровневая защита	734
9.3.8. Тайные каналы	737
9.4. Аутентификация	742
9.4.1. Аутентификация с использованием паролей	743
9.4.2. Аутентификация с использованием физического объекта	752
9.4.3. Аутентификация с использованием биометрических данных	755
9.5. Инсайдерские атаки	758
9.5.1. Логические бомбы	759
9.5.2. Лазейки	759
9.5.3. Фальсификация входа в систему	760
9.6. Использование дефектов программного кода	762
9.6.1. Атаки, использующие переполнение буфера	763
9.6.2. Атаки, использующие форматирующую строку	765
9.6.3. Атаки, использующие возвращение управления в libc	767
9.6.4. Атаки, использующие переполнение целочисленных значений	769
9.6.5. Атаки, использующие внедрение программного кода	770
9.6.6. Атаки, связанные с эскалацией привилегий	771
9.7. Вредоносные программы	771
9.7.1. Троянские кони	775
9.7.2. Вирусы	777
9.7.3. Черви	788
9.7.4. Программы-шпионы	790
9.7.5. Руткиты	794
9.8. Средства защиты	800
9.8.1. Брандмауэры	800
9.8.2. Антивирусные и анти-антивирусные технологии	802
9.8.3. Электронная подпись двоичных программ	810
9.8.4. Тюремное заключение	811

9.8.5. Обнаружение проникновения на основе модели	812
9.8.6. Инкапсулированный мобильный код	814
9.8.7. Безопасность в системе Java	819
9.9. Исследования в области безопасности	821
9.10. Краткие выводы	822
Вопросы	823
Глава 10. Изучение конкретных примеров: Linux	829
10.1. История UNIX и Linux	830
10.1.1. UNICS	830
10.1.2. PDP-11 UNIX	831
10.1.3. Переносимая система UNIX	832
10.1.4. Berkeley UNIX	834
10.1.5. Стандартная система UNIX	834
10.1.6. MINIX	836
10.1.7. Linux	837
10.2. Обзор системы Linux	840
10.2.1. Задачи Linux	840
10.2.2. Интерфейсы системы Linux	841
10.2.3. Оболочка	843
10.2.4. Утилиты Linux	846
10.2.5. Структура ядра	848
10.3. Процессы в системе Linux	851
10.3.1. Фундаментальные концепции	851
10.3.2. Системные вызовы управления процессами в Linux	854
10.3.3. Реализация процессов и потоков в Linux	858
10.3.4. Планирование в Linux	865
10.3.5. Загрузка Linux	868
10.4. Управление памятью в Linux	871
10.4.1. Фундаментальные концепции	872
10.4.2. Системные вызовы управления памятью в Linux	875
10.4.3. Реализация управления памятью в Linux	876
10.4.4. Подкачка в Linux	883
10.5. Ввод-вывод в системе Linux	887
10.5.1. Фундаментальные концепции	887
10.5.2. Работа с сетью	888
10.5.3. Системные вызовы ввода-вывода в Linux	890
10.5.4. Реализация ввода-вывода в системе Linux	891
10.5.5. Модули в Linux	895
10.6. Файловая система UNIX	896
10.6.1. Фундаментальные принципы	896
10.6.2. Вызовы файловой системы в Linux	901
10.6.3. Реализация файловой системы Linux	905
10.6.4. Файловая система NFS	914
10.7. Безопасность в Linux	921
10.7.1. Фундаментальные концепции	921
10.7.2. Системные вызовы безопасности в Linux	923
10.7.3. Реализация безопасности в Linux	924
10.8. Резюме	925
Вопросы	926
Глава 11. Изучение конкретных примеров: Windows Vista	931
11.1. История Windows Vista	931
11.1.1. Восьмидесятые годы прошлого века:	
MS-DOS	932
11.1.2. Девяностые годы прошлого столетия: Windows на базе MS-DOS	933

11.1.3. Двухтысячный год: Windows на базе NT	933
11.1.4. Windows Vista	937
11.2. Программирование в Windows Vista	938
11.2.1. Собственный интерфейс прикладного программирования NT	940
11.2.2. Интерфейс прикладного программирования Win32	944
11.2.3. Реестр Windows	948
11.3. Структура системы	951
11.3.1. Структура операционной системы	951
11.3.2. Загрузка Windows Vista	967
11.3.3. Реализация диспетчера объектов	968
11.3.4. Подсистемы, DLL и службы пользовательского режима	980
11.4. Процессы и потоки в Windows Vista	983
11.4.1. Фундаментальные концепции	983
11.4.2. Вызовы API для управления заданиями, процессами, потоками и волокнами	988
11.4.3. Реализация процессов и потоков	994
11.5. Управление памятью	1002
11.5.1. Фундаментальные концепции	1002
11.5.2. Системные вызовы управления памятью	1007
11.5.3. Реализация управления памятью	1008
11.6. Кэширование в Windows Vista	1018
11.7. Ввод-вывод в Windows Vista	1021
11.7.1. Фундаментальные концепции	1021
11.7.2. Вызовы интерфейса прикладного программирования ввода-вывода	1023
11.7.3. Реализация ввода-вывода	1026
11.8. Файловая система Windows NT	1031
11.8.1. Фундаментальные концепции	1032
11.8.2. Реализация файловой системы NTFS	1033
11.9. Безопасность в Windows Vista	1044
11.9.1. Фундаментальные концепции	1045
11.9.2. Вызовы интерфейса прикладного программирования безопасности	1047
11.9.3. Реализация безопасности	1048
11.10. Резюме	1051
Вопросы	1052

Глава 12. Разработка операционных систем **1055**

12.1. Природа проблемы проектирования	1055
12.1.1. Цели	1056
12.1.2. Почему так сложно спроектировать операционную систему?	1057
12.2. Разработка интерфейса	1059
12.2.1. Руководящие принципы	1059
12.2.2. Парадигмы	1061
12.2.3. Интерфейс системных вызовов	1065
12.3. Реализация	1068
12.3.1. Структура системы	1068
12.3.2. Механизм и политика	1072
12.3.3. Ортогональность	1073
12.3.4. Именованное	1074
12.3.5. Время связывания	1076
12.3.6. Статические и динамические структуры	1077
12.3.7. Реализация системы сверху вниз и снизу вверх	1079
12.3.8. Полезные методы	1080
12.4. Производительность	1085
12.4.1. Почему операционные системы такие медленные?	1086
12.4.2. Что следует оптимизировать?	1087
12.4.3. Выбор между оптимизацией по скорости и по занимаемой памяти	1088

12.4.4. Кэширование	1090
12.4.5. Подсказки	1092
12.4.6. Использование локальности	1092
12.4.7. Оптимизируйте общий случай	1093
12.5. Управление проектом	1093
12.5.1. Мифический человеко-месяц	1094
12.5.2. Структура команды	1095
12.5.3. Роль опыта	1097
12.5.4. Панацеи нет	1098
12.6. Тенденции в проектировании операционных систем	1099
12.6.1. Виртуализация	1099
12.6.2. Многоядерные процессоры	1099
12.6.3. Операционные системы с большим адресным пространством	1100
12.6.4. Сеть	1101
12.6.5. Параллельные и распределенные системы	1101
12.6.6. Мультимедиа	1102
12.6.7. Компьютеры на аккумуляторах	1102
12.6.8. Встроенные системы	1103
12.7. Сенсорные сети	1104
12.8. Резюме	1104
Вопросы	1105
Глава 13. Библиография	1108
13.1. Дополнительная литература	1108
13.1.1. Введение и общие труды	1108
13.1.2. Процессы и потоки	1109
13.1.3. Управление памятью	1109
13.1.4. Ввод-вывод	1109
13.1.5. Файловые системы	1110
13.1.6. Взаимоблокировка	1110
13.1.7. Мультимедийные операционные системы	1110
13.1.8. Многопроцессорные системы	1111
13.1.9. Безопасность	1112
13.1.10. Linux	1113
13.1.11. Windows Vista	1114
13.1.12. Принципы проектирования	1114
Алфавитный список литературы	1115