

Оглавление

эмнэжрэдос вохтврл

Предисловие	17
От издательства	20
Об авторах	20
Глава 1. Введение	22
1.1. Что такое операционная система?	24
1.1.1. Операционная система как расширенная машина	24
1.1.2. Операционная система в качестве менеджера ресурсов	26
1.2. История операционных систем	27
1.2.1. Первое поколение (1945–1955): электронные лампы	28
1.2.2. Второе поколение (1955–1965): транзисторы и системы пакетной обработки ..	29
1.2.3. Третье поколение (1965–1980): интегральные схемы и многозадачность	31
1.2.4. Четвертое поколение (с 1980 года по наши дни): персональные компьютеры ...	36
1.2.5. Пятое поколение (с 1990 года по наши дни): мобильные компьютеры	41
1.3. Обзор аппаратного обеспечения компьютера	42
1.3.1. Процессоры	43
1.3.2. Многопоточные и многоядерные микропроцессоры	45
1.3.3. Память	47
1.3.4. Диски	50
1.3.5. Устройства ввода-вывода	51
1.3.6. Шины	55
1.3.7. Загрузка компьютера	58
1.4. Зоопарк операционных систем	59
1.4.1. Операционные системы мейнфреймов	59
1.4.2. Серверные операционные системы	60
1.4.3. Многопроцессорные операционные системы	60
1.4.4. Операционные системы персональных компьютеров	60
1.4.5. Операционные системы карманных персональных компьютеров	61
1.4.6. Встроенные операционные системы	61
1.4.7. Операционные системы сенсорных узлов	61
1.4.8. Операционные системы реального времени	62
1.4.9. Операционные системы смарт-карт	63
1.5. Понятия операционной системы	63
1.5.1. Процессы	63
1.5.2. Адресные пространства	66
1.5.3. Файлы	66
1.5.4. Ввод-вывод данных	69
1.5.5. Безопасность	70
1.5.6. Оболочка	70
1.5.7. Онтогенез повторяет филогенез	72
1.6. Системные вызовы	75
1.6.1. Системные вызовы для управления процессами	80
1.6.2. Системные вызовы для управления файлами	82
1.6.3. Системные вызовы для управления каталогами	83

1.6.4. Разные системные вызовы	85
1.6.5. Windows Win32 API	85
1.7. Структура операционной системы	88
1.7.1. Монолитные системы	88
1.7.2. Многоуровневые системы	90
1.7.3. Микроядра	91
1.7.4. Клиент-серверная модель	94
1.7.5. Виртуальные машины	94
1.7.6. Экзоядра	99
1.8. Устройство мира согласно языку C	99
1.8.1. Язык C	99
1.8.2. Заголовочные файлы	100
1.8.3. Большие программные проекты	101
1.8.4. Модель времени выполнения	102
1.9. Исследования в области операционных систем	103
1.10. Краткое содержание остальных глав этой книги	104
1.11. Единицы измерения	105
1.12. Краткие выводы	106
Вопросы	107

Глава 2. Процессы и потоки 111

2.1. Процессы	111
2.1.1. Модель процесса	112
2.1.2. Создание процесса	114
2.1.3. Завершение процесса	116
2.1.4. Иерархии процессов	117
2.1.5. Состояния процессов	118
2.1.6. Реализация процессов	120
2.1.7. Моделирование режима многозадачности	122
2.2. Потоки	123
2.2.1. Применение потоков	124
2.2.2. Классическая модель потоков	129
2.2.3. Потоки в POSIX	133
2.2.4. Реализация потоков в пользовательском пространстве	135
2.2.5. Реализация потоков в ядре	138
2.2.6. Гибридная реализация	140
2.2.7. Активация планировщика	140
2.2.8. Всплывающие потоки	142
2.2.9. Превращение однопоточного кода в многопоточный	143
2.3. Взаимодействие процессов	146
2.3.1. Состязательная ситуация	147
2.3.2. Критические области	148
2.3.3. Взаимное исключение с активным ожиданием	150
2.3.4. Приостановка и активизация	155
2.3.5. Семафоры	158
2.3.6. Мьютексы	161
2.3.7. Мониторы	167
2.3.8. Передача сообщений	172
2.3.9. Барьеры	175
2.3.10. Работа без блокировок: чтение — копирование — обновление	177
2.4. Планирование	178
2.4.1. Введение в планирование	179
2.4.2. Планирование в пакетных системах	186

2.4.3. Планирование в интерактивных системах	188
2.4.4. Планирование в системах реального времени	195
2.4.5. Политика и механизмы	196
2.4.6. Планирование потоков	197
2.5. Классические задачи взаимодействия процессов	198
2.5.1. Задача обедающих философов	199
2.5.2. Задача читателей и писателей	202
2.6. Исследования, посвященные процессам и потокам	203
2.7. Краткие выводы	205
Вопросы	205
Глава 3. Управление памятью	214
3.1. Память без использования абстракций	215
3.2. Абстракция памяти: адресные пространства	218
3.2.1. Понятие адресного пространства	218
3.2.2. Свопинг	221
3.2.3. Управление свободной памятью	224
3.3. Виртуальная память	227
3.3.1. Страничная организация памяти	229
3.3.2. Таблицы страниц	233
3.3.3. Ускорение работы страничной организации памяти	235
3.3.4. Таблицы страниц для больших объемов памяти	239
3.4. Алгоритмы замещения страниц	243
3.4.1. Оптимальный алгоритм замещения страниц	244
3.4.2. Алгоритм исключения недавно использовавшейся страницы	245
3.4.3. Алгоритм «первой пришла, первой и ушла»	246
3.4.4. Алгоритм «второй шанс»	246
3.4.5. Алгоритм «часы»	247
3.4.6. Алгоритм замещения наименее востребованной страницы	248
3.4.7. Моделирование LRU в программном обеспечении	248
3.4.8. Алгоритм «рабочий набор»	250
3.4.9. Алгоритм WSClock	254
3.4.10. Краткая сравнительная характеристика алгоритмов замещения страниц	256
3.5. Разработка систем страничной организации памяти	257
3.5.1. Сравнительный анализ локальной и глобальной политики	258
3.5.2. Управление загрузкой	260
3.5.3. Размер страницы	261
3.5.4. Разделение пространства команд и данных	263
3.5.5. Совместно используемые страницы	264
3.5.6. Совместно используемые библиотеки	265
3.5.7. Отображаемые файлы	268
3.5.8. Политика очистки страниц	268
3.5.9. Интерфейс виртуальной памяти	269
3.6. Проблемы реализации	270
3.6.1. Участие операционной системы в процессе подкачки страниц	270
3.6.2. Обработка ошибки отсутствия страницы	271
3.6.3. Перезапуск команды	272
3.6.4. Блокировка страниц в памяти	273
3.6.5. Резервное хранилище	274
3.6.6. Разделение политики и механизма	276
3.7. Сегментация	277
3.7.1. Реализация чистой сегментации	281

3.7.2. Сегментация со страничной организацией памяти: система MULTICS	281
3.7.3. Сегментация со страничной организацией памяти: система Intel x86	285
3.8. Исследования в области управления памятью	290
3.9. Краткие выводы	290
Вопросы	291

Глава 4. Файловые системы **301**

4.1. Файлы	303
4.1.1. Имена файлов	303
4.1.2. Структура файла	305
4.1.3. Типы файлов	306
4.1.4. Доступ к файлам	308
4.1.5. Атрибуты файлов	309
4.1.6. Операции с файлами	310
4.1.7. Пример программы, использующей файловые системные вызовы	312
4.2. Каталоги	314
4.2.1. Системы с одноуровневыми каталогами	315
4.2.2. Иерархические системы каталогов	315
4.2.3. Имена файлов	316
4.2.4. Операции с каталогами	318
4.3. Реализация файловой системы	319
4.3.1. Структура файловой системы	320
4.3.2. Реализация файлов	321
4.3.3. Реализация каталогов	326
4.3.4. Совместно используемые файлы	329
4.3.5. Файловые системы с журнальной структурой	332
4.3.6. Журналируемые файловые системы	334
4.3.7. Виртуальные файловые системы	336
4.4. Управление файловой системой и ее оптимизация	339
4.4.1. Управление дисковым пространством	339
4.4.2. Резервное копирование файловой системы	346
4.4.3. Непротиворечивость файловой системы	352
4.4.4. Производительность файловой системы	355
4.4.5. Дефрагментация дисков	360
4.5. Примеры файловых систем	361
4.5.1. Файловая система MS-DOS	361
4.5.2. Файловая система UNIX V7	365
4.5.3. Файловые системы компакт-дисков	367
4.6. Исследования в области файловых систем	373
4.7. Краткие выводы	374
Вопросы	374

Глава 5. Ввод и вывод информации **380**

5.1. Основы аппаратного обеспечения ввода-вывода	380
5.1.1. Устройства ввода-вывода	381
5.1.2. Контроллеры устройств	382
5.1.3. Ввод-вывод, отображаемый на пространство памяти	383
5.1.4. Прямой доступ к памяти	387
5.1.5. Еще раз о прерываниях	391

5.2. Принципы создания программного обеспечения ввода-вывода	395
5.2.1. Задачи, стоящие перед программным обеспечением ввода-вывода	395
5.2.2. Программный ввод-вывод	397
5.2.3. Ввод-вывод, управляемый прерываниями	398
5.2.4. Ввод-вывод с использованием DMA	399
5.3. Уровни программного обеспечения ввода-вывода	400
5.3.1. Обработчики прерываний	400
5.3.2. Драйверы устройств	402
5.3.3. Программное обеспечение ввода-вывода, не зависящее от конкретных устройств	406
5.3.4. Программное обеспечение ввода-вывода, работающее в пространстве пользователя	412
5.4. Диски	414
5.4.1. Аппаратная часть дисков	414
5.4.2. Форматирование диска	421
5.4.3. Алгоритмы планирования перемещения блока головок	425
5.4.4. Обработка ошибок	429
5.4.5. Стабильное хранилище данных	432
5.5. Часы	435
5.5.1. Аппаратная составляющая часов	436
5.5.2. Программное обеспечение часов	437
5.5.3. Программируемые таймеры	440
5.6. Пользовательский интерфейс: клавиатура, мышь, монитор	442
5.6.1. Программное обеспечение ввода информации	442
5.6.2. Программное обеспечение вывода информации	448
5.7. Тонкие клиенты	466
5.8. Управление энергопотреблением	467
5.8.1. Роль оборудования	468
5.8.2. Роль операционной системы	470
5.8.2. Роль прикладных программ	476
5.9. Исследования в области ввода-вывода данных	477
5.10. Краткие выводы	479
Вопросы	480
Глава 6. Взаимоблокировка	488
6.1. Ресурсы	489
6.1.1. Выгружаемые и невыгружаемые ресурсы	489
6.1.2. Получение ресурса	490
6.2. Введение во взаимоблокировки	492
6.2.1. Условия возникновения ресурсных взаимоблокировок	493
6.2.2. Моделирование взаимоблокировок	493
6.3. Страусиный алгоритм	496
6.4. Обнаружение взаимоблокировок и восстановление работоспособности	497
6.4.1. Обнаружение взаимоблокировки при использовании одного ресурса каждого типа	497
6.4.2. Обнаружение взаимоблокировки при использовании нескольких ресурсов каждого типа	499
6.4.3. Выход из взаимоблокировки	502
6.5. Уклонение от взаимоблокировок	504
6.5.1. Траектории ресурса	504
6.5.2. Безопасное и небезопасное состояние	506
6.5.3. Алгоритм банкира для одного ресурса	507
6.5.4. Алгоритм банкира для нескольких типов ресурсов	508

6.6. Предотвращение взаимоблокировки	510
6.6.1. Атака условия взаимного исключения	510
6.6.2. Атака условия удержания и ожидания	511
6.6.3. Атака условия невыгружаемости	512
6.6.4. Атака условия циклического ожидания	512
6.7. Другие вопросы	513
6.7.1. Двухфазное блокирование	513
6.7.2. Взаимные блокировки при обмене данными	514
6.7.3. Активная взаимоблокировка	516
6.7.4. Зависание	518
6.8. Исследования в области взаимоблокировок	518
6.9. Краткие выводы	519
Вопросы	520

Глава 7. Виртуализация и облако 527

7.1. История	529
7.2. Требования, применяемые к виртуализации	530
7.3. Гипервизоры первого и второго типа	533
7.4. Технологии эффективной виртуализации	535
7.4.1. Виртуализация оборудования, не готового к виртуализации	536
7.4.2. Цена виртуализации	539
7.5. Являются ли гипервизоры настоящими микроядрами?	540
7.6. Виртуализация памяти	543
7.6.1. Аппаратная поддержка вложенных таблиц страниц	545
7.6.2. Возвращение памяти	546
7.7. Виртуализация ввода-вывода	547
7.7.1. Блоки управления памятью при вводе-выводе	548
7.7.2. Домены устройств	549
7.7.3. Виртуализация ввода-вывода в отдельно взятом физическом устройстве	550
7.8. Виртуальные устройства	551
7.9. Виртуальные машины на мультиядерных центральных процессорах	551
7.10. Вопросы лицензирования	552
7.11. Облака	553
7.11.1. Облака в качестве услуги	554
7.11.2. Миграция виртуальных машин	554
7.11.3. Установка контрольных точек	555
7.12. Изучение конкретных примеров: VMWARE	556
7.12.1. Ранняя история VMware	556
7.12.2. VMware Workstation	558
7.12.3. Сложности внедрения виртуализации в архитектуру x86	559
7.12.4. VMware Workstation: обзор решения	560
7.12.5. Развитие VMware Workstation	570
7.12.6. ESX-сервер: гипервизор первого типа компании VMware	571
7.13. Исследования в области виртуализации и облаков	573
Вопросы	573

Глава 8. Многопроцессорные системы 576

8.1. Мультипроцессоры	579
8.1.1. Мультипроцессорное аппаратное обеспечение	579
8.1.2. Типы мультипроцессорных операционных систем	591

8.1.3. Синхронизация мультипроцессоров	595
8.1.4. Планирование работы мультипроцессора	600
8.2. Мультикомпьютеры	607
8.2.1. Аппаратное обеспечение мультикомпьютеров	608
8.2.2. Низкоуровневые коммуникационные программы	612
8.2.3. Коммуникационные программы пользовательского уровня	615
8.2.4. Вызов удаленной процедуры	619
8.2.5. Распределенная совместно используемая память	621
8.2.6. Планирование мультикомпьютеров	626
8.2.7. Балансировка нагрузки	627
8.3. Распределенные системы	630
8.3.1. Сетевое оборудование	633
8.3.2. Сетевые службы и протоколы	636
8.3.3. Связующее программное обеспечение на основе документа	640
8.3.4. Связующее программное обеспечение на основе файловой системы	641
8.3.5. Связующее программное обеспечение, основанное на объектах	646
8.3.6. Связующее программное обеспечение, основанное на взаимодействии	648
8.4. Исследования в области многопроцессорных систем	651
8.5. Краткие выводы	652
Вопросы	653
Глава 9. Безопасность	659
9.1. Внешние условия, требующие принятия дополнительных мер безопасности	661
9.1.1. Угрозы	662
9.1.2. Злоумышленники	665
9.2. Безопасность операционных систем	665
9.2.1. Можно ли создать защищенные системы?	666
9.2.2. Высоконадежная вычислительная база	667
9.3. Управление доступом к ресурсам	669
9.3.1. Домены защиты	669
9.3.2. Списки управления доступом	671
9.3.3. Перечни возможностей	674
9.4. Формальные модели систем безопасности	677
9.4.1. Многоуровневая защита	679
9.4.2. Тайные каналы	682
9.5. Основы криптографии	686
9.5.1. Шифрование с секретным ключом	687
9.5.2. Шифрование с открытым ключом	688
9.5.3. Односторонние функции	689
9.5.4. Цифровые подписи	689
9.5.5. Криптографические процессоры	691
9.6. Аутентификация	693
9.6.1. Слабые пароли	695
9.6.2. Парольная защита в UNIX	697
9.6.3. Одноразовые пароли	698
9.6.4. Схема аутентификации «клик — отзыв»	700
9.6.5. Аутентификация с использованием физического объекта	700
9.6.6. Аутентификация с использованием биометрических данных	703

9.7. Взлом программного обеспечения	706
9.7.1. Атаки, использующие переполнение буфера	708
9.7.2. Атаки, использующие форматированную строку	717
9.7.3. Указатели на несуществующие объекты	720
9.7.4. Атаки, использующие разыменование нулевого указателя	721
9.7.5. Атаки, использующие переполнение целочисленных значений	722
9.7.6. Атаки, использующие внедрение команд	723
9.7.7. Атаки, проводимые с момента проверки до момента использования	724
9.8. Инсайдерские атаки	725
9.8.1. Логические бомбы	725
9.8.2. Лазейки	726
9.8.3. Фальсификация входа в систему	727
9.9. Вредоносные программы	728
9.9.1. Троянские кони	731
9.9.2. Вирусы	733
9.9.3. Черви	743
9.9.4. Программы-шпионы	745
9.9.5. Руткиты	749
9.10. Средства защиты	754
9.10.1. Брандмауэры	754
9.10.2. Антивирусные и антиантивирусные технологии	756
9.10.3. Электронная подпись двоичных программ	763
9.10.4. Тюремное заключение	764
9.10.5. Обнаружение проникновения на основе модели	765
9.10.6. Инкапсулированный мобильный код	767
9.10.7. Безопасность в системе Java	771
9.11. Исследования в области безопасности	773
9.12. Краткие выводы	775
Вопросы	776

Глава 10. Изучение конкретных примеров: Unix, Linux и Android **784**

10.1. История UNIX и Linux	785
10.1.1. UNICS	785
10.1.2. PDP-11 UNIX	786
10.1.3. Переносимая система UNIX	787
10.1.4. Berkeley UNIX	788
10.1.5. Стандартная система UNIX	789
10.1.6. MINIX	790
10.1.7. Linux	791
10.2. Обзор системы Linux	794
10.2.1. Задачи Linux	794
10.2.2. Интерфейсы системы Linux	795
10.2.3. Оболочка	797
10.2.4. Утилиты Linux	800
10.2.5. Структура ядра	802
10.3. Процессы в системе Linux	804
10.3.1. Фундаментальные концепции	805
10.3.2. Системные вызовы управления процессами в Linux	807
10.3.3. Реализация процессов и потоков в Linux	811
10.3.4. Планирование в Linux	818
10.3.5. Загрузка Linux	823

10.4. Управление памятью в Linux	826
10.4.1. Фундаментальные концепции	826
10.4.2. Системные вызовы управления памятью в Linux	829
10.4.3. Реализация управления памятью в Linux	830
10.4.4. Подкачка в Linux	837
10.5. Ввод-вывод в системе Linux	840
10.5.1. Фундаментальные концепции	840
10.5.2. Работа с сетью	841
10.5.3. Системные вызовы ввода-вывода в Linux	843
10.5.4. Реализация ввода-вывода в системе Linux	844
10.5.5. Модули в Linux	847
10.6. Файловая система UNIX	848
10.6.1. Фундаментальные принципы	848
10.6.2. Вызовы файловой системы в Linux	853
10.6.3. Реализация файловой системы Linux	857
10.6.4. Файловая система NFS	866
10.7. Безопасность в Linux	872
10.7.1. Фундаментальные концепции	872
10.7.2. Системные вызовы безопасности в Linux	875
10.7.3. Реализация безопасности в Linux	875
10.8. Android	876
10.8.1. Android и Google	877
10.8.2. История Android	878
10.8.3. Цели разработки	881
10.8.4. Архитектура Android	883
10.8.5. Расширения Linux	885
10.8.6. Dalvik	888
10.8.7. Binder IPC	890
10.8.8. Приложения Android	898
10.8.9. Намерения	909
10.8.10. Песочницы приложений	911
10.8.11. Безопасность	912
10.8.12. Модель процесса	918
10.9. Краткие выводы	923
Вопросы	924
Глава 11. Изучение конкретных примеров: Windows 8	931
11.1. История Windows вплоть до Windows 8.1	931
11.1.1. 80-е годы прошлого века: MS-DOS	932
11.1.2. 90-е годы прошлого столетия: Windows на базе MS-DOS	933
11.1.3. 2000 год: Windows на базе NT	933
11.1.4. Windows Vista	936
11.1.5. 2010-е годы: Современная Windows	937
11.2. Программирование в Windows	938
11.2.1. Собственный интерфейс прикладного программирования NT	942
11.2.2. Интерфейс прикладного программирования Win32	946
11.2.3. Реестр Windows	950
11.3. Структура системы	952
11.3.1. Структура операционной системы	952
11.3.2. Загрузка Windows	968
11.3.3. Реализация диспетчера объектов	970
11.3.4. Подсистемы, DLL и службы пользовательского режима	980

11.4. Процессы и потоки в Windows	983
11.4.1. Фундаментальные концепции	983
11.4.2. Вызовы API для управления заданиями, процессами, потоками и волокнами	990
11.4.3. Реализация процессов и потоков	996
11.5. Управление памятью	1003
11.5.1. Фундаментальные концепции	1004
11.5.2. Системные вызовы управления памятью	1008
11.5.3. Реализация управления памятью	1009
11.6. Кэширование в Windows	1019
11.7. Ввод-вывод в Windows	1020
11.7.1. Фундаментальные концепции	1020
11.7.2. Вызовы интерфейса прикладного программирования ввода-вывода	1022
11.7.3. Реализация ввода-вывода	1024
11.8. Файловая система Windows NT	1029
11.8.1. Фундаментальные концепции	1029
11.8.2. Реализация файловой системы NTFS	1030
11.9. Управление электропитанием в Windows	1040
11.10. Безопасность в Windows 8	1042
11.10.1. Фундаментальные концепции	1044
11.10.2. Вызовы интерфейса прикладного программирования безопасности	1046
11.10.3. Реализация безопасности	1046
11.10.4. Облегчение условий безопасности	1049
11.11. Краткие выводы	1052
Вопросы	1053

Глава 12. Разработка операционных систем **1058**

12.1. Природа проблемы проектирования	1058
12.1.1. Цели	1058
12.1.2. Почему так сложно спроектировать операционную систему?	1060
12.2. Разработка интерфейса	1062
12.2.1. Руководящие принципы	1062
12.2.2. Парадигмы	1064
12.2.3. Интерфейс системных вызовов	1068
12.3. Реализация	1071
12.3.1. Структура системы	1071
12.3.2. Механизм и политика	1075
12.3.3. Ортогональность	1076
12.3.4. Именованье	1077
12.3.5. Время связывания	1079
12.3.6. Статические и динамические структуры	1080
12.3.7. Реализация системы сверху вниз и снизу вверх	1081
12.3.8. Сравнение синхронного и асинхронного обмена данными	1082
12.3.9. Полезные методы	1083
12.4. Производительность	1089
12.4.1. Почему операционные системы такие медленные?	1089
12.4.2. Что следует оптимизировать?	1090
12.4.3. Выбор между оптимизацией по скорости и по занимаемой памяти	1091
12.4.4. Кэширование	1094
12.4.5. Подсказки	1095
12.4.6. Использование локальности	1095
12.4.7. Оптимизируйте общий случай	1096

12.5. Управление проектом	1097
12.5.1. Мифический человеко-месяц	1097
12.5.2. Структура команды	1098
12.5.3. Роль опыта	1100
12.5.4. Панацеи нет	1101
12.6. Тенденции в проектировании операционных систем	1102
12.6.1. Виртуализация и облако	1102
12.6.2. Многоядерные микропроцессоры	1103
12.6.3. Операционные системы с большим адресным пространством	1103
12.6.4. Беспрепятственный доступ к данным	1104
12.6.5. Компьютеры с автономным питанием	1105
12.6.6. Встроенные системы	1105
12.7. Краткие выводы	1106
Вопросы	1106

Глава 13. Библиография **1110**

13.1. Дополнительная литература	1110
13.1.1. Введение и общие труды	1110
13.1.2. Процессы и потоки	1111
13.1.3. Управление памятью	1111
13.1.4. Файловые системы	1112
13.1.5. Ввод-вывод	1112
13.1.6. Взаимоблокировка	1113
13.1.7. Виртуализация и облако	1114
13.1.8. Многопроцессорные системы	1114
13.1.9. Безопасность	1115
13.1.10. Изучение конкретных примеров 1: Unix, Linux и Android	1117
13.1.11. Изучение конкретных примеров 2: Windows 8	1118
13.1.12. Проектирование операционных систем	1118
13.2. Алфавитный список литературы	1119