

Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C# / Джеффри Рихтер; [перевел с англ. Е. Матвеев]. — 4-е изд. — Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2014. — 895 с.: ил., табл.; 24 см. — (Мастер-класс).

УДК 004.438С#:004.42 ББК 32

Ч/31 — 1 экз.

Эта книга, выходящая в четвертом издании и уже ставшая классическим учебником по программированию, подробно описывает внутреннее устройство и функционирование общезыковой исполняющей среды (CLR) Microsoft .NET Framework версии 4.5. Написанная признанным экспертом в области программирования Джеффри Рихтером, много лет являющимся консультантом команды разработчиков .NET Framework компании Microsoft, книга научит вас создавать по-настоящему надежные приложения любого вида, в том числе с использованием Microsoft Silverlight, ASP.NET, Windows Presentation Foundation и т. д.

Четвертое издание полностью обновлено в соответствии со спецификацией платформы .NET Framework 4.5, а также среды Visual Studio 2012 и C# 5.0.

**4-е издание**

**Джеффри Рихтер**

# **CLR via C#**

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ПЛАТФОРМЕ  
MICROSOFT .NET FRAMEWORK 4.5  
НА ЯЗЫКЕ C#**



**Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород · Воронеж  
Ростов-на-Дону · Екатеринбург · Самара · Новосибирск  
Киев · Харьков · Минск**

**2014**

# Краткое содержание

|                   |    |
|-------------------|----|
| Предисловие ..... | 22 |
| Введение.....     | 24 |

## ЧАСТЬ I. ОСНОВЫ CLR

---

|  |    |
|--|----|
| Глава 1. Модель выполнения кода в среде CLR .....  | 28 |
| Глава 2. Компоновка, упаковка, развертывание<br>и администрирование приложений и типов ..... | 58 |
| Глава 3. Совместно используемые сборки и сборки<br>со строгим именем .....                   | 94 |

## ЧАСТЬ II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВ

---

|   |     |
|---|-----|
| Глава 4. Основы типов .....                           | 122 |
| Глава 5. Прimitивные, ссылочные и значимые типы ..... | 142 |
| Глава 6. Основные сведения о членах и типах .....     | 186 |
| Глава 7. Константы и поля .....                       | 210 |
| Глава 8. Методы .....                                 | 215 |
| Глава 9. Параметры .....                              | 245 |
| Глава 10. Свойства .....                              | 263 |
| Глава 11. События .....                               | 286 |
| Глава 12. Обобщения .....                             | 302 |
| Глава 13. Интерфейсы .....                            | 333 |

## **ЧАСТЬ III. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ**

---

|  |     |
|--|-----|
| Глава 14. Символы, строки и обработка текста ..... | 356 |
| Глава 15. Перечислимые типы и битовые флаги .....  | 403 |
| Глава 16. Массивы .....                            | 416 |
| Глава 17. Делегаты .....                           | 434 |
| Глава 18. Настраиваемые атрибуты .....             | 464 |
| Глава 19. Null-совместимые значимые типы .....     | 485 |

## **ЧАСТЬ IV. КЛЮЧЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

---

|  |     |
|--|-----|
| Глава 20. Исключения и управление состоянием .....                   | 496 |
| Глава 21. Автоматическое управление памятью<br>(уборка мусора) ..... | 554 |
| Глава 22. Хостинг CLR и домены приложений .....                      | 606 |
| Глава 23. Загрузка сборок и отражение .....                          | 636 |
| Глава 24. Сериализация .....   | 666 |
| Глава 25. Взаимодействие с компонентами WinRT .....                  | 698 |

## **ЧАСТЬ V. МНОГОПОТОЧНОСТЬ**

---

|   |     |
|---|-----|
| Глава 26. Потoki исполнения .....                                   | 724 |
| Глава 27. Асинхронные вычислительные операции .....                 | 747 |
| Глава 28. Асинхронные операции ввода-вывода .....                   | 787 |
| Глава 29. Примитивные конструкции<br>синхронизации потоков .....    | 820 |
| Глава 30. Гибридные конструкции синхронизации потоков ..            | 854 |
| Словарь соответствия русскоязычных<br>и англоязычных терминов ..... | 893 |

# Содержание

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>Предисловие</b> .....   | 22 |
| <b>Введение</b> .....      | 24 |
| От издателя перевода ..... | 26 |

## ЧАСТЬ I. ОСНОВЫ CLR

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Глава 1. Модель выполнения кода в среде CLR</b> .....   | 28 |
| Компиляция исходного кода в управляемые модули .....   | 28 |
| Объединение управляемых модулей в сборку .....   | 32 |
| Загрузка CLR .....   | 34 |
| Исполнение кода сборки .....   | 37 |
| IL-код и верификация .....   | 44 |
| Небезопасный код .....   | 45 |
| IL и защита интеллектуальной собственности .....   | 46 |
| NGen.exe .....   | 47 |
| Библиотека FCL .....   | 47 |
| CTS .....  | 49 |
| CLS .....  | 52 |
| Взаимодействие с неуправляемым кодом .....   | 57 |
| <b>Глава 2. Компоновка, упаковка, развертывание и администрирование приложений и типов</b> ..... | 58 |
| Задачи развертывания в .NET Framework .....  | 58 |
| Компоновка типов в модуль .....  | 60 |
| Файл параметров .....  | 61 |
| Несколько слов о метаданных .....  | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Объединение модулей для создания сборки . . . . .                             | 71 |
| Добавление сборок в проект в среде Visual Studio . . . . .                    | 78 |
| Использование утилиты Assembly Linker . . . . .                               | 79 |
| Включение в сборку файлов ресурсов . . . . .                                  | 81 |
| Ресурсы со сведениями о версии сборки . . . . .                               | 82 |
| Номера версии . . . . .   | 86 |
| Региональные стандарты . . . . .  | 87 |
| Развертывание простых приложений (закрытое<br>развертывание сборок) . . . . . | 88 |
| Простое средство администрирования (конфигурационный файл) . . . . .          | 90 |
| Алгоритм поиска файлов сборки . . . . .                                       | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Глава 3. Совместно используемые сборки и сборки<br/>со строгим именем.</b> . . . . . | 94  |
| Два вида сборок — два вида развертывания . . . . .                                      | 95  |
| Назначение сборке строгого имени . . . . .  | 96  |
| Глобальный кэш сборок . . . . .   | 102 |
| Построение сборки, ссылающейся на сборку со строгим именем . . . . .                    | 104 |
| Устойчивость сборок со строгими именами<br>к несанкционированной модификации . . . . .  | 106 |
| Отложенное подписание . . . . .   | 107 |
| Закрытое развертывание сборок со строгими именами . . . . .                             | 110 |
| Как исполняющая среда разрешает ссылки на типы . . . . .                                | 111 |
| Дополнительные административные средства<br>(конфигурационные файлы) . . . . .          | 115 |
| Управление версиями при помощи политики издателя . . . . .                              | 117 |

## **ЧАСТЬ II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВ**

---

|   |     |
|---|-----|
| <b>Глава 4. Основы типов.</b> . . . . .                             | 122 |
| Все типы — производные от System.Object . . . . .                   | 122 |
| Приведение типов . . . . .  | 124 |
| Приведение типов в C# с помощью операторов is и as . . . . .        | 126 |
| Пространства имен и сборки . . . . .                                | 128 |
| Связь между сборками и пространством имен . . . . .                 | 132 |
| Как разные компоненты взаимодействуют во время выполнения . . . . . | 133 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Глава 5. Примитивные, ссылочные и значимые типы</b> .....   | 142 |
| Примитивные типы в языках программирования .....   | 142 |
| Проверяемые и непроверяемые операции<br>для примитивных типов .....  | 146 |
| Ссылочные и значимые типы .....  | 150 |
| Как CLR управляет размещением полей для типа .....   | 155 |
| Упаковка и распаковка значимых типов .....   | 156 |
| Изменение полей в упакованных значимых типах посредством<br>интерфейсов (и почему этого лучше не делать) ..... | 169 |
| Равенство и тождество объектов .....   | 172 |
| Хеш-коды объектов .....  | 175 |
| Примитивный тип данных <code>dynamic</code> .....  | 177 |
| <br>   |     |
| <b>Глава 6. Основные сведения о членах и типах</b> .....   | 186 |
| Члены типа .....   | 186 |
| Видимость типа .....   | 189 |
| Дружественные сборки .....   | 189 |
| Доступ к членам типов .....  | 191 |
| Статические классы .....   | 193 |
| Частичные классы, структуры и интерфейсы .....   | 194 |
| Компоненты, полиморфизм и версии .....   | 196 |
| Вызов виртуальных методов, свойств и событий в CLR .....   | 198 |
| Разумное использование видимости типов<br>и модификаторов доступа к членам .....                               | 202 |
| Работа с виртуальными методами при управлении<br>версиями типов .....  | 205 |
| <br>   |     |
| <b>Глава 7. Константы и поля</b> .....   | 210 |
| Константы .....  | 210 |
| Поля .....   | 212 |
| <br>   |     |
| <b>Глава 8. Методы</b> .....   | 215 |
| Конструкторы экземпляров и классы (ссылочные типы) .....   | 215 |
| Конструкторы экземпляров и структуры (значимые типы) .....   | 219 |
| Конструкторы типов .....   | 222 |
| Методы перегруженных операторов .....  | 226 |
| Операторы и взаимодействие языков программирования .....   | 229 |

|   |            |
|---|------------|
| Особое мнение автора о правилах Microsoft, связанных с именами методов операторов ..... | 229        |
| Методы операторов преобразования .....  | 230        |
| Методы расширения .....   | 234        |
| Правила и рекомендации .....  | 237        |
| Расширение разных типов методами расширения .....                                       | 238        |
| Атрибут расширения .....  | 240        |
| Частичные методы .....  | 241        |
| Правила и рекомендации .....  | 244        |
| <b>Глава 9. Параметры .....</b>   | <b>245</b> |
| Необязательные и именованные параметры .....  | 245        |
| Правила использования параметров .....  | 246        |
| Атрибут DefaultValue и необязательные атрибуты .....                                    | 248        |
| Неявно типизированные локальные переменные .....  | 248        |
| Передача параметров в метод по ссылке .....   | 251        |
| Передача переменного количества аргументов .....  | 257        |
| Типы параметров и возвращаемых значений .....   | 259        |
| Константность .....   | 261        |
| <b>Глава 10. Свойства .....</b>   | <b>263</b> |
| Свойства без параметров .....   | 263        |
| Автоматически реализуемые свойства .....  | 267        |
| Осторожный подход к определению свойств .....   | 268        |
| Свойства и отладчик Visual Studio .....   | 270        |
| Инициализаторы объектов и коллекций .....   | 271        |
| Анонимные типы .....  | 273        |
| Тип System.Tuple .....  | 276        |
| Свойства с параметрами .....  | 279        |
| Выбор главного свойства с параметрами .....   | 283        |
| Производительность при вызове методов доступа .....                                     | 284        |
| Доступность методов доступа свойств .....   | 285        |
| Обобщенные методы доступа свойств .....   | 285        |
| <b>Глава 11. События .....</b>  | <b>286</b> |
| Разработка типа, поддерживающего событие .....  | 287        |



|  |            |
|--|------------|
| Этап 1. Определение типа для хранения всей дополнительной информации, передаваемой получателям уведомления о событии ..... | 288        |
| Этап 2. Определение члена-события. ....  | 289        |
| Этап 3. Определение метода, ответственного за уведомление зарегистрированных объектов о событии.....                       | 290        |
| Этап 4. Определение метода, преобразующего входную информацию в желаемое событие .....                                     | 292        |
| Реализация событий компилятором .....  | 293        |
| Создание типа, отслеживающего событие .....  | 295        |
| Явное управление регистрацией событий .....  | 298        |
| <b>Глава 12. Обобщения</b> .....   | <b>302</b> |
| Обобщения в библиотеке FCL .....   | 307        |
| Инфраструктура обобщений .....   | 308        |
| Открытые и закрытые типы.....  | 309        |
| Обобщенные типы и наследование. ....   | 311        |
| Идентификация обобщенных типов .....   | 313        |
| Разрастание кода .....   | 314        |
| Обобщенные интерфейсы .....  | 315        |
| Обобщенные делегаты. ....  | 316        |
| Контравариантные и ковариантные аргументы-типы в делегатах и интерфейсах.....  | 317        |
| Обобщенные методы. ....  | 319        |
| Обобщенные методы и выводение типов .....  | 320        |
| Обобщения и другие члены .....   | 322        |
| Верификация и ограничения .....  | 322        |
| Основные ограничения .....   | 325        |
| Дополнительные ограничения .....   | 327        |
| Ограничения конструктора .....   | 328        |
| Другие проблемы верификации .....  | 329        |
| <b>Глава 13. Интерфейсы</b> .....  | <b>333</b> |
| Наследование в классах и интерфейсах .....   | 333        |
| Определение интерфейсов .....  | 334        |
| Наследование интерфейсов. ....   | 335        |

|   |     |
|---|-----|
| Подробнее о вызовах интерфейсных методов . . . . .  | 338 |
| Явные и неявные реализации интерфейсных методов<br>(что происходит за кулисами) . . . . .       | 339 |
| Обобщенные интерфейсы . . . . .   | 341 |
| Обобщения и ограничения интерфейса . . . . .  | 344 |
| Реализация нескольких интерфейсов с одинаковыми сигнатурами<br>и именами методов . . . . .      | 345 |
| Совершенствование безопасности типов за счет явной<br>реализации интерфейсных методов . . . . . | 346 |
| Опасности явной реализации интерфейсных методов . . . . .                                       | 348 |
| Дилемма разработчика: базовый класс или интерфейс? . . . . .                                    | 351 |

## **ЧАСТЬ III. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ**

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>Глава 14. Символы, строки и обработка текста . . . . .</b>   | <b>356</b> |
| Символы . . . . .   | 356        |
| Тип System.String . . . . .                                     | 359        |
| Создание строк . . . . .  | 359        |
| Неизменяемые строки . . . . .                                   | 362        |
| Сравнение строк. . . . .  | 362        |
| Интернирование строк . . . . .                                  | 369        |
| Создание пулов строк . . . . .                                  | 372        |
| Работа с символами и текстовыми элементами в строке. . . . .    | 372        |
| Прочие операции со строками . . . . .                           | 375        |
| Эффективное создание строк . . . . .                            | 375        |
| Создание объекта StringBuilder . . . . .                        | 376        |
| Члены типа StringBuilder . . . . .                              | 377        |
| Получение строкового представления объекта . . . . .            | 379        |
| Форматы и региональные стандарты . . . . .                      | 380        |
| Форматирование нескольких объектов в одну строку . . . . .      | 384        |
| Создание собственного средства форматирования . . . . .         | 386        |
| Получение объекта посредством разбора строки. . . . .           | 389        |
| Кодировки: преобразования между символами и байтами. . . . .    | 391        |
| Кодирование и декодирование потоков символов и байтов . . . . . | 397        |
| Кодирование и декодирование строк в кодировке Base-64 . . . . . | 398        |
| Защищенные строки . . . . .                                     | 399        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Глава 15. Перечислимые типы и битовые флаги</b> .....  | 403 |
| Перечислимые типы .....   | 403 |
| Битовые флаги .....   | 409 |
| Добавление методов к перечислимым типам .....   | 413 |
| <b>Глава 16. Массивы</b> .....  | 416 |
| Инициализация элементов массива .....   | 418 |
| Приведение типов в массивах .....   | 421 |
| Базовый класс System.Array .....  | 423 |
| Реализация интерфейсов IEnumerable, ICollection и IList .....   | 424 |
| Передача и возврат массивов .....   | 425 |
| Массивы с ненулевой нижней границей .....   | 426 |
| Внутренняя реализация массивов .....  | 427 |
| Небезопасный доступ к массивам и массивы<br>фиксированного размера .....                                  | 432 |
| <b>Глава 17. Делегаты</b> .....   | 434 |
| Знакомство с делегатами .....   | 434 |
| Обратный вызов статических методов .....  | 437 |
| Обратный вызов экземплярных методов .....   | 438 |
| Тонкости использования делегатов .....  | 439 |
| Обратный вызов нескольких методов (цепочки делегатов) .....   | 443 |
| Поддержка цепочек делегатов в C# .....  | 448 |
| Дополнительные средства управления цепочками делегатов .....  | 448 |
| Обобщенные делегаты .....   | 451 |
| Упрощенный синтаксис работы с делегатами .....  | 452 |
| Упрощение 1: не создаем объект делегата .....   | 452 |
| Упрощение 2: не определяем метод обратного вызова .....   | 453 |
| Упрощение 3: не создаем обертку для локальных переменных<br>для передачи их методу обратного вызова ..... | 457 |
| Делегаты и отражение .....  | 460 |
| <b>Глава 18. Настраиваемые атрибуты</b> .....   | 464 |
| Сфера применения настраиваемых атрибутов .....  | 464 |
| Определение класса атрибутов .....  | 468 |

|  |     |
|--|-----|
| Конструктор атрибута и типы данных полей и свойств .....                                   | 471 |
| Выявление настраиваемых атрибутов .....  | 473 |
| Сравнение экземпляров атрибута .....   | 477 |
| Выявление настраиваемых атрибутов без создания объектов,<br>производных от Attribute ..... | 480 |
| Условные атрибуты .....  | 484 |

## **Глава 19. Null-совместимые значимые типы**..... 485

|   |     |
|---|-----|
| Поддержка в C# null-совместимых значимых типов .....                    | 487 |
| Оператор объединения null-совместимых значений .....                    | 490 |
| Поддержка в CLR null-совместимых значимых типов .....                   | 491 |
| Упаковка null-совместимых значимых типов. ....                          | 491 |
| Распаковка null-совместимых значимых типов .....                        | 492 |
| Вызов метода GetType через null-совместимый значимый тип. ....          | 492 |
| Вызов интерфейсных методов через null-совместимый<br>значимый тип ..... | 493 |

## **ЧАСТЬ IV. КЛЮЧЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

---

### **Глава 20. Исключения и управление состоянием**..... 496

|  |     |
|--|-----|
| Определение «исключения» .....                       | 496 |
| Механика обработки исключений .....                  | 498 |
| Блок try .....                                       | 499 |
| Блок catch .....                                     | 499 |
| Блок finally .....                                   | 501 |
| CLS-совместимые и CLS-несовместимые исключения ..... | 503 |
| Класс System.Exception .....                         | 505 |
| Классы исключений, определенные в FCL .....          | 509 |
| Генерирование исключений .....                       | 511 |
| Создание классов исключений .....                    | 513 |
| Продуктивность вместо надежности .....               | 515 |
| Приемы работы с исключениями .....                   | 524 |
| Активно используйте блоки finally .....              | 525 |
| Не надо перехватывать все исключения .....           | 526 |
| Корректное восстановление после исключения .....     | 528 |

|   |     |
|---|-----|
| Отмена незавершенных операций при невозможности восстановления исключений ..... | 529 |
| Скрытие деталей реализации для сохранения контракта .....                       | 530 |
| Необработанные исключения .....   | 533 |
| Отладка исключений .....  | 537 |
| Скорость обработки исключений .....   | 540 |
| Области ограниченного выполнения .....  | 543 |
| Контракты кода .....  | 546 |

## **Глава 21. Автоматическое управление памятью (уборка мусора) .....**

|  |     |
|--|-----|
| Управляемая куча .....   | 554 |
| Выделение ресурсов из управляемой кучи .....                               | 555 |
| Алгоритм уборки мусора .....   | 557 |
| Уборка мусора и отладка .....  | 560 |
| Поколения .....  | 562 |
| Запуск уборки мусора .....   | 568 |
| Большие объекты .....  | 569 |
| Режимы уборки мусора .....   | 570 |
| Программное управление уборщиком мусора .....                              | 573 |
| Мониторинг использования памяти приложением .....                          | 574 |
| Освобождение ресурсов при помощи механизма финализации .....               | 576 |
| Типы, использующие системные ресурсы .....                                 | 583 |
| Интересные аспекты зависимостей .....                                      | 588 |
| Другие возможности уборщика мусора для работы с системными ресурсами ..... | 590 |
| Внутренняя реализация финализации .....                                    | 594 |
| Мониторинг и контроль времени жизни объектов .....                         | 597 |

## **Глава 22. Хостинг CLR и домены приложений .....**

|   |     |
|---|-----|
| Хостинг CLR .....                         | 606 |
| Домены приложений .....                   | 609 |
| Доступ к объектам из других доменов ..... | 612 |
| Выгрузка доменов .....                    | 624 |
| Мониторинг доменов .....                  | 626 |

|  |            |
|--|------------|
| Уведомление о первом управляемом исключении домена . . . . .                                     | 627        |
| Использование хостами доменов приложений. . . . .  | 628        |
| Исполняемые приложения . . . . .   | 628        |
| Полнофункциональные интернет-приложения Silverlight . . . . .                                    | 629        |
| Microsoft ASP.NET и веб-службы XML . . . . .   | 629        |
| Microsoft SQL Server . . . . .   | 630        |
| Будущее и мечты . . . . .  | 630        |
| Нетривиальное управление хостингом . . . . .   | 631        |
| Применение управляемого кода . . . . .   | 631        |
| Разработка надежных хост-приложений . . . . .  | 631        |
| Возвращение потока в хост . . . . .  | 633        |
| <b>Глава 23. Загрузка сборок и отражение . . . . .</b>   | <b>636</b> |
| Загрузка сборки . . . . .  | 637        |
| Использование отражения для создания динамически расширяемых приложений . . . . .                | 641        |
| Производительность отражения . . . . .   | 642        |
| Нахождение типов, определенных в сборке . . . . .  | 644        |
| Объект Type . . . . .  | 644        |
| Создание иерархии типов, производных от Exception . . . . .                                      | 646        |
| Создание экземпляра типа . . . . .   | 648        |
| Создание приложений с поддержкой подключаемых компонентов . . . . .                              | 650        |
| Нахождение членов типа путем отражения . . . . .   | 653        |
| Нахождение членов типа . . . . .   | 654        |
| Обращение к членам типов . . . . .   | 658        |
| Использование дескрипторов привязки для снижения потребления памяти процессом . . . . .          | 663        |
| <b>Глава 24. Сериализация . . . . .</b>  | <b>666</b> |
| Практический пример сериализации/десериализации . . . . .  | 667        |
| Сериализуемые типы . . . . .   | 672        |
| Управление сериализацией и десериализацией . . . . .   | 673        |
| Сериализация экземпляров типа . . . . .  | 677        |
| Управление сериализованными и десериализованными данными . . . . .                               | 679        |
| Определение типа, реализующего интерфейс ISerializable, не реализуемый базовым классом . . . . . | 684        |

|  |     |
|--|-----|
| Контексты потока ввода-вывода .....                                    | 686 |
| Сериализация в другой тип и десериализация в другой объект .....       | 688 |
| Суррогаты сериализации .....   | 691 |
| Цепочка селекторов суррогатов .....                                    | 694 |
| Переопределение сборки и/или типа при десериализации объекта ..        | 695 |
| <b>Глава 25. Взаимодействие с компонентами WinRT</b> .....             | 698 |
| Проекция уровня CLR и правила системы типов<br>компонентов WinRT ..... | 700 |
| Основные концепции системы типов WinRT .....                           | 700 |
| Проекция уровня .NET Framework .....                                   | 705 |
| Асинхронные вызовы WinRT API из кода .NET .....                        | 705 |
| Взаимодействия между потоками WinRT и потоками .NET .....              | 710 |
| Передача блоков данных между CLR и WinRT .....                         | 712 |
| Определение компонентов WinRT в коде C# .....                          | 715 |

## **ЧАСТЬ V. МНОГОПОТОЧНОСТЬ**

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>Глава 26. Потоки исполнения</b> .....                   | 724 |
| Для чего Windows поддерживает потоки? .....                | 724 |
| Ресурсоемкость потоков .....                               | 725 |
| Так дальше не пойдет! .....                                | 729 |
| Тенденции развития процессоров .....                       | 732 |
| CLR- и Windows-потоки .....                                | 733 |
| Потоки для асинхронных вычислительных операций .....       | 734 |
| Причины использования потоков .....                        | 736 |
| Планирование и приоритеты потоков .....                    | 739 |
| Фоновые и активные потоки .....                            | 744 |
| Что дальше? .....  | 746 |
| <b>Глава 27. Асинхронные вычислительные операции</b> ..... | 747 |
| Пул потоков в CLR .....                                    | 747 |
| Простые вычислительные операции .....                      | 748 |
| Контексты исполнения .....                                 | 750 |
| Скоординированная отмена .....                             | 752 |

|   |     |
|---|-----|
| Задания . . . . .   | 757 |
| Завершение задания и получение результата . . . . .               | 758 |
| Отмена задания . . . . .  | 760 |
| Автоматический запуск задания по завершении предыдущего . . . . . | 762 |
| Дочерние задания . . . . .  | 764 |
| Структура задания . . . . .                                       | 765 |
| Фабрики заданий . . . . .   | 767 |
| Планировщики заданий . . . . .                                    | 769 |
| Методы For, ForEach и Invoke класса Parallel . . . . .            | 771 |
| Встроенный язык параллельных запросов . . . . .                   | 775 |
| Периодические вычислительные операции . . . . .                   | 779 |
| Разновидности таймеров . . . . .                                  | 782 |
| Как пул управляет потоками . . . . .                              | 783 |
| Ограничение количества потоков в пуле . . . . .                   | 783 |
| Управление рабочими потоками . . . . .                            | 784 |

## **Глава 28. Асинхронные операции ввода-вывода . . . . . 787**

|   |     |
|---|-----|
| Операции ввода-вывода в Windows . . . . .                                 | 787 |
| Асинхронные функции C# . . . . .  | 792 |
| Преобразование асинхронной функции в конечный автомат . . . . .           | 795 |
| Расширяемость асинхронных функций . . . . .                               | 799 |
| Асинхронные функции и обработчики событий . . . . .                       | 803 |
| Асинхронные функции в FCL . . . . .                                       | 804 |
| Асинхронные функции и исключения . . . . .                                | 806 |
| Другие возможности асинхронных функций . . . . .                          | 807 |
| Потоковые модели приложений . . . . .                                     | 810 |
| Асинхронная реализация сервера . . . . .                                  | 813 |
| Отмена операций ввода-вывода . . . . .                                    | 814 |
| Некоторые операции ввода-вывода<br>должны выполняться синхронно . . . . . | 815 |
| Проблемы FileStream . . . . .   | 816 |
| Приоритеты запросов ввода-вывода . . . . .                                | 817 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Глава 29. Примитивные конструкции синхронизации потоков</b> .....    | 820 |
| Библиотеки классов и безопасность потоков .....                         | 822 |
| Примитивные конструкции пользовательского режима и режима ядра .....    | 824 |
| Конструкции пользовательского режима .....                              | 825 |
| Volatile-конструкции .....  | 826 |
| Interlocked-конструкции .....   | 832 |
| Реализация простой циклической блокировки .....                         | 837 |
| Универсальный Interlocked-паттерн .....                                 | 841 |
| Конструкции режима ядра .....   | 843 |
| События .....   | 847 |
| Семафоры .....  | 850 |
| Мьютексы .....  | 851 |
| <br>  |     |
| <b>Глава 30. Гибридные конструкции синхронизации потоков</b> ..         | 854 |
| Простая гибридная блокировка .....                                      | 854 |
| Заикливание, владение потоком и рекурсия .....                          | 857 |
| Гибридные конструкции в FCL .....                                       | 859 |
| Классы ManualResetEventSlim и SemaphoreSlim .....                       | 859 |
| Класс Monitor и блоки синхронизации .....                               | 860 |
| Класс ReaderWriterLockSlim .....  | 866 |
| Класс OneManyLock .....   | 868 |
| Класс CountdownEvent .....  | 871 |
| Класс Barrier .....   | 872 |
| Выводы по гибридным конструкциям .....                                  | 873 |
| Блокировка с двойной проверкой .....                                    | 875 |
| Паттерн условной переменной .....                                       | 880 |
| Асинхронная синхронизация .....   | 882 |
| Классы коллекций для параллельного доступа .....                        | 888 |
| <br>  |     |
| <b>Словарь соответствия русскоязычных и англоязычных терминов</b> ..... | 893 |