



# РЕАКТИВНЫЕ ШАБЛОНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Роланд Кун

ПРИ УЧАСТИИ БРАЙАНА ХАНАФИ И ДЖЕЙМИ АЛЛЕНА

# Оглавление

Предисловие.....	16
Введение .....	18
Благодарности .....	20
Роланд Кун .....	20
Джейми Аллен.....	21
Брайан Ханафи.....	21
Об этой книге .....	22
Для кого эта книга.....	22
Как читать книгу .....	23
Условные обозначения .....	23
Исходный код для примеров.....	24
Об авторах .....	25

## Часть I. Основные сведения

<b>Глава 1.</b> Зачем нужна реактивность .....	29
1.1. Анатомия реактивного приложения .....	30
1.2. Справляемся с нагрузкой .....	32
1.3. Обработка сбоев.....	33
1.4. Придание системе отзывчивости.....	35
1.5. Избегаем архитектуры вида «большой ком грязи» .....	36
1.6. Взаимодействие нереактивных компонентов.....	37
1.7. Резюме.....	38
<b>Глава 2.</b> Подробный разбор манифеста реактивного программирования .....	39
2.1. Реакция на действия пользователей .....	39
Понимание традиционного подхода .....	41
Анализ времени ожидания при наличии разделяемого ресурса.....	42
Ограничение максимального времени ожидания с помощью очереди .....	43

2.2. Применение параллелизма .....	45
Уменьшение времени ожидания с помощью параллелизма .....	46
Улучшение параллелизма с помощью составных объектов Future .....	47
Цена иллюзии последовательного выполнения .....	49
2.3. Ограничения параллельного выполнения .....	51
Закон Амдала .....	51
Универсальный закон масштабируемости .....	52
2.4. Реакция на сбой.....	54
Разделение и изоляция .....	56
Использование предохранителей .....	57
Наблюдение.....	59
2.5. Утрата строгой согласованности .....	60
ACID 2.0.....	62
Принятие обновлений .....	63
2.6. Необходимость в реактивных шаблонах проектирования .....	65
Управление сложностью .....	66
Делаем модели программирования ближе к реальному миру .....	67
2.7. Резюме.....	68
<b>Глава 3. Инструменты реактивного программирования .....</b>	<b>69</b>
3.1. Первые реактивные решения .....	69
3.2. Функциональное программирование .....	71
Неизменяемость.....	72
Ссылочная чистота.....	75
Побочные эффекты.....	76
Функции первого класса.....	77
3.3. Отзывчивость на действия пользователя .....	77
3.4. Инструментарий для реактивного программирования .....	79
Зеленые потоки .....	79
Циклы обработки событий .....	80
Взаимодействие последовательных процессов .....	82
Объекты Future и Promise.....	84
Библиотека Reactive Extensions .....	89
Модель акторов .....	91
3.5. Резюме .....	96

## **Часть II. Кратко о философии реактивного программирования**

<b>Глава 4. Обмен сообщениями .....</b>	<b>99</b>
4.1. Сообщения.....	99
4.2. Вертикальное масштабирование .....	100
4.3. Различия между передачей событий и сообщений .....	101
4.4. Сравнение синхронности и асинхронности .....	104

4.5. Управление потоком .....	106
4.6. Гарантии доставки .....	108
4.7. События и сообщения .....	111
4.8. Синхронный обмен сообщениями .....	113
4.9. Резюме .....	113
<b>Глава 5. Прозрачность размещения .....</b>	<b>114</b>
5.1. Что такое прозрачность размещения .....	114
5.2. Обманчивость прозрачной удаленности .....	115
5.3. Открытый обмен сообщениями приходит на помощь .....	116
5.4. Оптимизация локального обмена сообщениями .....	118
5.5. Потеря сообщений .....	118
5.6. Горизонтальная масштабируемость .....	120
5.7. Прозрачность размещения упрощает тестирование .....	121
5.8. Динамическое связывание .....	122
5.9. Резюме .....	124
<b>Глава 6. Разделяй и властвуй .....</b>	<b>125</b>
6.1. Иерархическое разбиение проблем .....	125
6.2. Разница между зависимостями и дочерними модулями .....	127
6.3. Построение собственной большой корпорации .....	130
6.4. Преимущества спецификации и тестирования .....	132
6.5. Горизонтальное и вертикальное масштабирование .....	133
6.6. Резюме .....	134
<b>Глава 7. Принципиальная обработка сбоев .....</b>	<b>135</b>
7.1. Владение подразумевает взятие на себя обязательств .....	135
7.2. Владение подразумевает управление жизненным циклом .....	138
7.3. Устойчивость на всех уровнях .....	139
7.4. Резюме .....	140
<b>Глава 8. Разделенная согласованность .....</b>	<b>141</b>
8.1. Инкапсулированные модули в качестве решения .....	142
8.2. Группирование данных и поведения в соответствии с транзакционными ограничениями .....	143
8.3. Моделирование межтранзакционных рабочих процессов .....	144
8.4. Единица измерения сбоев = единица измерения согласованности .....	145
8.5. Разделение ответственности .....	145
8.6. Сохранение изолированных областей согласованности .....	148
8.7. Резюме .....	149
<b>Глава 9. Вынужденная неопределенность .....</b>	<b>150</b>
9.1. Логическое программирование и декларативный способ передачи данных .....	150
9.2. Функциональное реактивное программирование .....	152

9.3. Отсутствие общих данных упрощает параллелизм .....	153
9.4. Конкурентность с разделяемым состоянием .....	154
9.5. Так что же нам делать? .....	155
9.6. Резюме .....	156
<b>Глава 10. Поток сообщений .....</b>	<b>157</b>
10.1. Продвижение данных.....	157
10.2. Моделирование процессов вашей предметной области .....	159
10.3. Определение ограничений устойчивости .....	160
10.4. Оценка потенциальной нагрузки и масштаба развертывания .....	161
10.5. Планирование управления потоками.....	161
10.6. Резюме.....	162

### Часть III. Шаблоны проектирования

<b>Глава 11. Тестирование реактивных приложений .....</b>	<b>165</b>
11.1. Как тестировать .....	165
Модульные тесты .....	166
Компонентные тесты.....	167
Цепные тесты.....	167
Интеграционные тесты.....	168
Приемочные пользовательские тесты.....	168
Тестирование с помощью стратегий черного и белого ящиков.....	169
11.2. Тестовая среда.....	170
11.3. Асинхронное тестирование .....	171
Предоставление блокирующих получателей сообщений.....	172
Тонкости выбора времени ожидания.....	174
Проверка на отсутствие сообщения.....	181
Предоставление средств синхронного выполнения .....	182
Асинхронные утверждения.....	184
Полностью асинхронные тесты.....	185
Проверка отсутствия асинхронных ошибок.....	187
11.4. Тестирование недетерминистских систем.....	191
Проблема планирования .....	191
Тестирование распределенных компонентов.....	192
Симуляция акторов .....	193
Распределенные компоненты .....	194
11.5. Тестирование гибкости .....	195
11.6. Тестирование устойчивости .....	195
Устойчивость приложения.....	196
Устойчивость инфраструктуры .....	200
11.7. Тестирование отзывчивости .....	202
11.8. Резюме.....	203

<b>Глава 12. Шаблоны отказоустойчивости и восстановления</b> .....	204
12.1. Шаблон «Простой компонент» .....	204
Постановка задачи .....	205
Использование шаблона .....	205
Пересмотр шаблона .....	208
Область применения .....	208
12.2. Шаблон «Ядро ошибок» .....	209
Постановка задачи .....	209
Использование шаблона .....	210
Пересмотр шаблона .....	214
Область применения .....	214
12.3. Шаблон «Допустимый отказ» .....	215
Постановка задачи .....	215
Использование шаблона .....	216
Пересмотр шаблона .....	217
Замечания относительно реализации .....	218
Производная — шаблон «Пульс» .....	219
Производная — шаблон «Упреждающий сигнал об отказе» .....	220
12.4. Шаблон «Предохранитель» .....	221
Постановка задачи .....	222
Использование шаблона .....	223
Пересмотр шаблона .....	226
Область применения .....	227
12.5. Резюме .....	228
<b>Глава 13. Шаблоны репликации</b> .....	229
13.1. Шаблон репликации «Активный к пассивному» .....	229
Постановка задачи .....	230
Использование шаблона .....	231
Пересмотр шаблона .....	242
Область применения .....	243
13.2. Шаблоны репликации с несколькими активными копиями .....	244
Репликация на основе консенсуса .....	244
Репликация с обнаружением и разрешением конфликтов .....	247
Бесконфликтные реплицируемые типы данных .....	250
13.3. Шаблон репликации «Активный к активному» .....	257
Постановка задачи .....	258
Использование шаблона .....	259
Пересмотр шаблона .....	265
Сравнение с виртуальной синхронностью .....	266
13.4. Резюме .....	268

<b>Глава 14. Шаблоны управления ресурсами</b> .....	269
14.1. Шаблон инкапсуляции ресурсов .....	269
Постановка задачи .....	270
Использование шаблона .....	270
Пересмотр шаблона .....	277
Область применения .....	278
14.2. Шаблон заимствования ресурсов .....	278
Постановка задачи .....	279
Использование шаблона .....	279
Пересмотр шаблона .....	282
Область применения .....	283
Замечания относительно реализации .....	283
Вариант: применение шаблона заимствования ресурсов для открытия частичного доступа .....	284
14.3. Шаблон «Составная команда» .....	284
Постановка задачи .....	285
Использование шаблона .....	286
Пересмотр шаблона .....	294
Использование шаблона .....	294
14.4. Шаблон «Пул ресурсов» .....	295
Постановка задачи .....	295
Использование шаблона .....	296
Пересмотр шаблона .....	299
Замечания относительно реализации .....	300
14.5. Шаблоны управляемой блокировки .....	300
Постановка задачи .....	301
Использование шаблона .....	302
Пересмотр шаблона .....	304
Область применения .....	306
14.6. Резюме .....	306
<b>Глава 15. Шаблоны потока сообщений</b> .....	308
15.1. Шаблон «Запрос — отклик» .....	308
Постановка задачи .....	309
Использование шаблона .....	310
Распространенные реализации шаблона .....	312
Пересмотр шаблона .....	317
Область применения .....	318
15.2. Шаблон «Самодостаточное сообщение» .....	318
Постановка задачи .....	319
Использование шаблона .....	320
Пересмотр шаблона .....	322
Область применения .....	322

15.3. Шаблон запроса.....	323
Постановка задачи.....	323
Использование шаблона .....	324
Пересмотр шаблона .....	327
Область применения.....	329
15.4. Шаблон «Прямоток» .....	329
Постановка задачи.....	329
Использование шаблона .....	330
Пересмотр шаблона .....	331
Область применения.....	331
15.5. Шаблон «Агрегатор».....	331
Постановка задачи.....	332
Использование шаблона .....	332
Пересмотр шаблона .....	336
Область применения.....	336
15.6. Шаблон «Повествование» .....	337
Постановка задачи.....	337
Использование шаблона .....	338
Пересмотр шаблона .....	340
Область применения.....	341
15.7. Шаблон «Рукопожатие» (он же шаблон надежной доставки).....	342
Постановка задачи.....	342
Использование шаблона .....	343
Пересмотр шаблона .....	348
Область применения.....	348
15.8. Резюме.....	349
<b>Глава 16. Шаблоны управления потоком .....</b>	<b>350</b>
16.1. Модель «Извлечение».....	350
Постановка задачи.....	351
Использование шаблона .....	351
Пересмотр шаблона .....	353
Область применения.....	354
16.2. Шаблон управляемой очереди .....	355
Постановка задачи.....	355
Использование шаблона .....	356
Пересмотр шаблона .....	357
Область применения.....	358
16.3. Шаблон отказа.....	358
Постановка задачи.....	359
Использование шаблона .....	359
Пересмотр шаблона .....	361
Область применения.....	364



16.4. Шаблон «Регулирование» .....	364
Постановка задачи .....	364
Использование шаблона .....	365
Пересмотр шаблона .....	367
16.5. Резюме.....	368
<b>Глава 17.</b> Шаблоны для управления состоянием и обеспечения устойчивости .....	369
17.1. Шаблон реализации предметной области.....	369
Постановка задачи .....	370
Использование шаблона .....	370
Пересмотр шаблона .....	374
17.2. Шаблон сегментирования.....	374
Постановка задачи .....	374
Использование шаблона .....	375
Пересмотр шаблона .....	377
Важное замечание .....	377
17.3. Шаблон «Порождение событий» .....	378
Постановка задачи .....	378
Использование шаблона .....	379
Пересмотр шаблона .....	380
Область применения .....	381
17.4. Шаблон «Поток событий».....	382
Постановка задачи .....	382
Использование шаблона .....	382
Пересмотр шаблона .....	384
Область применения .....	385
17.5. Резюме.....	386

## Приложения

<b>Приложение А.</b> Создание схем для реактивных систем .....	388
<b>Приложение Б.</b> Иллюстрированный пример.....	390
Б.1. Географическое разделение .....	390
Б.2. Планирование потока информации.....	392
Шаг 1: прием данных .....	393
Шаг 2: передача данных в подходящую географическую область .....	394
Шаг 3: перераспределение данных для повышения эффективности запросов.....	395
Подведение итогов .....	398
Б.3. А если что-то пойдет не так? .....	398
Неполадки на клиентской стороне .....	399
Неполадки в сетевом интерфейсе клиента .....	399
Отказ узла для приема данных.....	400

Сбой сетевого соединения между узлом приема данных и областью карты.....	400
Отказ узла, обрабатывающего область карты .....	401
Отказ области с обобщенной информацией .....	402
Сбой соединения между областями карты .....	402
Отказ узла с представлением карты.....	402
Собираем воедино процесс обработки ошибок.....	403
Б.4. Чему нас научил этот пример?.....	403
Б.5. Дальнейшие шаги .....	404
<b>Приложение В. Манифест реактивного программирования .....</b>	<b>405</b>
В.1. Основной текст.....	405
В.2. Глоссарий .....	407
Асинхронность .....	407
Гибкость в сравнении с масштабируемостью.....	407
Делегирование.....	408
Изоляция и сдерживание .....	408
Компонент .....	409
Масштабируемость.....	409
Обмен сообщениями в сравнении с событийной моделью .....	409
Обратное давление .....	410
Отказ в сравнении с ошибкой .....	410
Отсутствие блокирования .....	411
Пакетирование.....	411
Пользователь.....	412
Прозрачность размещения .....	412
Протокол .....	413
Репликация.....	413
Ресурс.....	413
Система .....	414