

**УДК 004.438 Erlang/OTP**  
**ББК 32.973.4**  
**Ч35**

**Ч35 Чезарини Ф., Виноски С.**  
 Проектирование масштабируемых систем с помощью Erlang/OTP / пер.  
 с англ. Д. В. Литовченко. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 486 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-212-6**

Данная книга демонстрирует использование языка Erlang и его платформы OTP для создания масштабируемых и устойчивых к сбоям систем. Описаны подходы к проектированию и реализации сложных архитектур, разработанных компанией Erlang Solutions. Рассмотрены вопросы надёжности, масштабируемости и высокой доступности вашего проекта в целом.

Издание предназначено разработчикам и архитекторам, уже знакомым с языками Erlang и Elixir, и желающим научиться принципам разработки сложных систем, готовых к коммерческой эксплуатации.

**УДК 004.438 Erlang/OTP**  
**ББК 32.973.4**

Authorized Russian translation of the English edition of Designing for Scalability with Erlang/OTP, ISBN 9781449320737 © 2016 Francesco Cesarini, Stephen Vinoski

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-1-449-32073-7 (анг.)  
 ISBN 978-5-97060-212-6 (рус.)

© 2016 Francesco Cesarini and Stephen Vinoski  
 © Оформление, издание, перевод, ДМК Пресс, 2017

# Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>12</b>
<b>Об авторах этой книги .....</b>	<b>13</b>
<b>Колофон .....</b>	<b>14</b>
<b>Предисловие .....</b>	<b>15</b>
 <b>Глава 1. Знакомство .....</b>	 <b>21</b>
Определение проблемы .....	22
OTP .....	25
Erlang.....	27
Инструменты и библиотеки.....	28
Принципы проектирования систем.....	31
Erlang-узлы .....	32
Распределение, инфраструктура и многоядерные процессоры.....	33
Подводим итоги .....	35
Что вы узнаете из этой книги .....	35
 <b>Глава 2. Представляем Erlang .....</b>	 <b>42</b>
Рекурсия и сравнение с образцом .....	42
Функциональное влияние .....	46
Веселье с анонимными функциями .....	46
Генераторы списков: генерация и проверка.....	48
Процессы и обмен сообщениями.....	50
Падаем безопасно! .....	55
Связи и мониторы для наблюдения за процессами.....	56
Связи.....	57
Мониторы.....	59
Записи .....	60
Карты.....	63
Макросы .....	64
Обновление кода модулей .....	65
ETS: хранилище термов Erlang .....	67
Распределённый режим Erlang .....	70
Именованное и коммуникация .....	70
Соединения между узлами и видимость .....	71
Подводим итоги .....	73
Что дальше? .....	73

<b>Глава 3. Поведения</b> .....	74
Скелеты процессов .....	74
Шаблоны проектирования .....	77
Модули обратного вызова .....	78
Извлечение обобщённых поведений .....	81
Запускаем сервер .....	83
Клиентские функции .....	85
Серверный цикл .....	87
Внутренние функции сервера .....	89
Обобщённый сервер .....	90
Передача сообщений: под капотом .....	93
Подводим итоги .....	97
Что дальше? .....	98
 <b>Глава 4. Обобщённые серверы</b> .....	99
Обобщённые серверы .....	99
Директивы поведения .....	100
Запускаем сервер .....	101
Передача сообщений .....	104
Синхронная передача сообщений .....	104
Асинхронная передача сообщений .....	106
Прочие сообщения .....	107
Необработанные сообщения .....	109
Синхронизация клиентов .....	110
Завершение работы .....	111
Тайм-ауты вызовов .....	113
Взаимные блокировки .....	116
Тайм-ауты обобщённых серверов .....	118
Спящие поведения .....	119
Становимся глобальными .....	120
Связывание поведений .....	121
Подводим итоги .....	122
Что дальше? .....	123
 <b>Глава 5. Управление поведением ОТР</b> .....	124
Модуль sys .....	124
Трассировка и журналирование .....	124
Системные сообщения .....	126
Свои функции трассировки .....	126
Статистика, статус и состояние .....	128
Ещё раз о модуле sys .....	130
Параметры порождения .....	132
Управление памятью и сборка мусора .....	132

Избегайте таких параметров.....	137
Тайм-ауты .....	137
Подводим итоги .....	137
Что дальше? .....	138
<b>Глава 6. Конечные автоматы .....</b>	<b>139</b>
Конечные автоматы в стиле Erlang.....	140
Конечный кофейный автомат.....	141
Библиотека аппаратного взаимодействия .....	143
Кофейный автомат на Erlang .....	144
Обобщённые конечные автоматы .....	147
Пример поведения .....	148
Запуск конечного автомата .....	149
Отправка событий .....	153
Завершение работы .....	162
Подводим итоги .....	163
Не бойтесь испачкать руки.....	164
Контроллеры телефонов .....	164
Давайте его проверим.....	166
Что дальше? .....	168
<b>Глава 7. Обработчики событий .....</b>	<b>169</b>
События.....	169
Обобщённые диспетчеры и обработчики событий .....	171
Запуск и остановка диспетчеров событий .....	171
Добавление обработчиков событий .....	172
Удаление обработчика событий.....	174
Отправка синхронных и асинхронных событий.....	175
Извлечение данных.....	178
Обработка ошибок и неверных результатов.....	180
Подмена обработчиков событий .....	183
Подводя итоги.....	184
Обработчик тревожных сигналов SASL .....	187
Подводим итоги .....	189
Что дальше? .....	190
<b>Глава 8. Наблюдатели .....</b>	<b>191</b>
Деревья наблюдения .....	192
Наблюдатели в OTP.....	196
Поведение наблюдателя .....	197
Запуск наблюдателя .....	198
Спецификация наблюдателя .....	201
Спецификация перезапуска.....	202

Спецификация дочернего процесса .....	206
Динамические дочерние процессы .....	210
Не совместимые с ОТР процессы .....	218
Масштабируемость и короткоживущие процессы.....	220
Синхронный запуск для детерминизма.....	222
Проверка вашей стратегии наблюдения.....	223
Как сравнить подходы? .....	225
Подводим итоги .....	226
Что дальше? .....	226

## **Глава 9. Приложения .....** 227

Как выполняются приложения.....	228
Структура приложения.....	230
Модуль обратного вызова .....	234
Запуск и остановка приложений.....	234
Файлы ресурсов приложения.....	238
Файл приложения контроллера базовой станции .....	240
Запуск приложения.....	241
Переменные окружения.....	244
Типы приложений и стратегии остановки .....	246
Распределённые приложения .....	247
Фазы запуска .....	252
Вложенные приложения .....	254
Этапы запуска во вложенных приложениях.....	255
Комбинируем наблюдателей и приложения .....	256
Приложение SASL.....	257
Отчёты SASL о ходе работы.....	262
Отчеты SASL об ошибках .....	262
Отчеты SASL о сбоях.....	263
Отчеты наблюдателей .....	264
Подводим итоги .....	265
Что дальше? .....	266

## **Глава 10. Особые процессы и ваши собственные поведения.....** 267

Особые процессы .....	268
Мьютекс .....	268
Запуск особых процессов.....	270
Состояния мьютекса.....	273
Обработка завершений работы .....	274
Системные сообщения.....	275
События трассировки и журналов.....	277
Собираем всё вместе .....	278

Динамические модули и приостановка.....	282
Ваши собственные поведения .....	282
Правила создания поведений .....	283
Пример обработки потоков ТСП .....	283
Подводим итоги .....	287
Что дальше? .....	288
<b>Глава 11. Системные принципы и работа с релизами .....</b>	<b>289</b>
Системные принципы .....	290
Структура каталогов в релизе .....	292
Файлы ресурсов релиза .....	295
Создание релиза .....	299
Создание загрузочного .boot-файла .....	300
Создание пакета с релизом .....	309
Скрипты запуска и конфигурация на целевой системе .....	313
Аргументы и флаги .....	316
Модуль инициализации init .....	328
Утилита Rebar3 .....	329
Создание проекта релиза для Rebar3 .....	331
Создание релиза с rebar3 .....	334
Релизы Rebar3 с зависимостями проектов .....	337
Подводим итоги .....	339
Что дальше? .....	343
<b>Глава 12. Обновление кода в релизах .....</b>	<b>344</b>
Обновления программного обеспечения .....	345
Первая версия кофейного конечного автомата .....	347
Добавляем новое состояние .....	350
Создаём обновление для релиза .....	354
Код, который нужно обновить .....	358
Файлы обновления приложения .....	362
Инструкции высокого уровня .....	365
Файлы обновления релиза .....	368
Инструкции низкого уровня .....	370
Установка обновления .....	372
Обработчик релизов .....	374
Обновление значений переменных окружения .....	378
Обновление особых процессов .....	379
Обновление в распределённых средах .....	380
Обновление эмулятора и стандартных приложений .....	381
Обновление с помощью Rebar3 .....	382
Подводим итоги .....	385
Что дальше? .....	388

<b>Глава 13. Распределённые архитектуры</b>	<b>389</b>
Типы и семейства узлов кластера	390
Работа с сетью	394
Распределённый режим Erlang	397
Сокеты и SSL	405
Ориентация на службы и микросервисы	407
Сеть точка-точка (peer-to-peer)	409
Интерфейсы	409
Подводим итоги	413
Что дальше?	414
<b>Глава 14. Системы, которые не останавливаются</b>	<b>415</b>
Доступность	415
Устойчивость к сбоям	416
Живучесть	418
Надёжность	419
Общие данные	424
Компромиссы между согласованностью и доступностью	434
Подводим итоги	435
Что дальше?	436
<b>Глава 15. Растём в ширину</b>	<b>437</b>
Горизонтальное и вертикальное масштабирование	437
Планирование ёмкости системы	441
Тестирование ёмкости	444
Балансирование вашей системы	447
Поиск узких мест	449
Чертежи вашей системы	451
Регулирование нагрузки и обратное давление	452
Подводим итоги	456
Что дальше?	458
<b>Глава 16. Мониторинг и упреждающая поддержка</b>	<b>459</b>
Мониторинг	460
Журналы	462
Метрики	468
Тревожные сигналы	471
Упреждающая поддержка	474
Подводим итоги	477
Что дальше?	478
<b>Предметный указатель</b>	<b>479</b>