

Оглавление

Предисловие	16
Введение.....	17
Структура книги.....	17
Версии программного обеспечения и их доступность	20
Условные обозначения.....	21
О примерах кода.....	22
Благодарности к третьему изданию	23
Благодарности ко второму изданию.....	23
Благодарности к первому изданию.....	26
Глава 1. История и архитектура MySQL	28
Логическая архитектура MySQL.....	28
Управление соединениями и их безопасность.....	30
Оптимизация и выполнение	30
Управление конкурентным доступом.....	31
Блокировки чтения/записи.....	31
Детальность блокировок	32
Транзакции.....	34
Уровни изолированности.....	36
Взаимоблокировки	37
Ведение журнала транзакций	38
Транзакции с MySQL	39
Управление конкурентным доступом с помощью многоверсионности	41
Подсистемы хранения в MySQL	42
Подсистема хранения InnoDB.....	44
Подсистема хранения MyISAM.....	47
Другие встроенные подсистемы хранения данных MySQL	49
Подсистемы хранения сторонних разработчиков	51
Выбор подходящей подсистемы хранения.....	54
Преобразования таблиц	58
Хронология MySQL.....	60
Модель развития MySQL.....	64
Итоги главы.....	65
Глава 2. Эталонное тестирование MySQL	66
Зачем нужно эталонное тестирование.....	66
Стратегии эталонного тестирования.....	68
Тактики эталонного тестирования	72
Проектирование и планирование эталонных тестов.....	73
Должно ли быть длительным эталонное тестирование?.....	74
Фиксация производительности и состояния системы	75
Получение точных результатов	77
Прогон эталонного теста и анализ результатов.....	79
Важность построения графика.....	81

Инструменты эталонного тестирования.....	83
Полнотековые инструменты.....	83
Инструменты покомпонентного тестирования.....	84
Примеры эталонного тестирования.....	86
http_load.....	87
MySQL Benchmark Suite.....	88
sysbench.....	89
Инструмент dbt2 TPC-C из комплекта Database Test Suite.....	94
Инструмент Percona's TPCC-MYSQL.....	97
Итоги главы.....	100
Глава 3. Профилирование производительности сервера.....	101
Введение в оптимизацию производительности.....	101
Оптимизация с помощью профилирования.....	104
Интерпретация профиля.....	106
Профилирование приложения.....	108
Профилирование запросов MySQL.....	113
Профилирование рабочей нагрузки сервера.....	113
Профилирование отдельных запросов.....	118
Использование профиля для оптимизации.....	125
Диагностика редко возникающих проблем.....	125
Проблемы одиночного запроса или всего сервера?.....	126
Фиксация данных диагностики.....	131
Кейс по диагностике.....	137
Другие инструменты профилирования.....	146
Таблицы USER_STATISTICS.....	146
Инструмент strace.....	147
Итоги главы.....	147
Глава 4. Оптимизация схемы и типов данных.....	150
Выбор оптимальных типов данных.....	150
Целые числа.....	152
Вещественные числа.....	153
Строковые типы.....	154
Типы Date и Time.....	161
Битовые типы данных.....	163
Выбор идентификаторов.....	165
Специальные типы данных.....	168
Подводные камни проектирования схемы в MySQL.....	168
Нормализация и денормализация.....	170
Достоинства и недостатки нормализованной схемы.....	171
Достоинства и недостатки денормализованной схемы.....	171
Сочетание нормализации и денормализации.....	172
Кэшированные и сводные таблицы.....	173
Материализованные представления.....	175
Таблицы счетчиков.....	176
Ускорение работы команды ALTER TABLE.....	178
Модификация одного лишь .frm-файла.....	179
Быстрое построение индексов MyISAM.....	181
Итоги главы.....	182

Глава 5. Повышение производительности с помощью индексирования	183
Основы индексирования	184
Типы индексов	184
Преимущества индексов	195
Стратегии индексирования для достижения высокой производительности	196
Изоляция столбца	196
Префиксные индексы и селективность индекса	197
Многостолбцовые индексы	200
Выбор правильного порядка столбцов	202
Кластерные индексы	205
Покрывающие индексы	216
Использование просмотра индекса для сортировки	221
Упакованные (сжатые по префиксу) индексы	223
Избыточные и дублирующиеся индексы	224
Неиспользуемые индексы	227
Индексы и блокировки	227
Кейсы по индексированию	229
Поддержка нескольких видов фильтрации	230
Устранение дополнительных условий поиска по диапазону	232
Оптимизация сортировки	233
Обслуживание индексов и таблиц	234
Поиск и исправление повреждений таблицы	235
Обновление статистики индекса	236
Уменьшение фрагментации индекса и данных	238
Итоги главы	239
Глава 6. Оптимизация производительности запросов	242
Почему запросы бывают медленными	242
Основная причина замедления: оптимизируйте доступ к данным	243
Не запрашиваете ли вы лишние данные у базы?	244
Не слишком ли много данных анализирует MySQL?	245
Способы реструктуризации запросов	249
Один сложный или несколько простых запросов?	249
Разбиение запроса на части	250
Декомпозиция соединения	251
Основные принципы выполнения запросов	252
Клиент-серверный протокол MySQL	253
Кэш запросов	256
Процесс оптимизации запроса	257
Подсистема выполнения запросов	271
Возврат результатов клиенту	272
Ограничения оптимизатора MySQL	272
Коррелированные подзапросы	273
Ограничения UNION	277
Оптимизация слияния индексов	278
Распространение равенства	278
Параллельное выполнение	278
Хеш-соединения	278
Непоследовательный просмотр индекса	279
Функции MIN() и MAX()	281
SELECT и UPDATE для одной и той же таблицы	282

Подсказки оптимизатору запросов.....	282
Оптимизация запросов конкретных типов.....	286
Оптимизация запросов с COUNT().....	286
Оптимизация запросов с JOIN.....	289
Оптимизация подзапросов.....	289
Оптимизация GROUP BY и DISTINCT.....	290
Оптимизация GROUP BY WITH ROLLUP.....	291
Оптимизация LIMIT и OFFSET.....	292
Оптимизация SQL_CALC_FOUND_ROWS.....	293
Оптимизация UNION.....	294
Статический анализ запросов.....	295
Переменные, определяемые пользователем.....	295
Кейс.....	302
Построение таблицы очередей в MySQL.....	302
Вычисление расстояния между двумя точками.....	305
Применение пользовательских функций.....	309
Итоги главы.....	310
Глава 7. Дополнительные возможности MySQL.....	311
Секционированные таблицы.....	311
Как работает секционирование.....	312
Типы секционирования.....	313
Как использовать секционирование.....	315
Что может пойти не так.....	316
Оптимизация запросов к секционированным таблицам.....	319
Объединенные таблицы.....	320
Представления.....	323
Обновляемые представления.....	326
Представления и производительность.....	326
Ограничения представлений.....	328
Ограничения внешнего ключа.....	329
Хранение кода внутри MySQL.....	330
Хранимые процедуры и функции.....	333
Триггеры.....	334
События.....	337
Сохранение комментариев в хранимом коде.....	338
Курсоры.....	339
Подготовленные операторы.....	340
Оптимизация подготовленных операторов.....	341
SQL-интерфейс для подготовленных операторов.....	342
Ограничения подготовленных операторов.....	344
Функции, определяемые пользователем.....	345
Плагины.....	346
Кодировка и схемы упорядочения.....	347
Использование кодировок в MySQL.....	348
Выбор кодировки и схемы упорядочения.....	351
Как кодировка и схема упорядочения влияют на запросы.....	352
Полнотекстовый поиск.....	355
Полнотекстовые запросы на естественном языке.....	357
Булев полнотекстовый поиск.....	359
Изменения в полнотекстовом поиске в версии MySQL 5.1.....	360

Компромиссы полнотекстового поиска и обходные пути	360
Настройка и оптимизация полнотекстового поиска	363
Распределенные транзакции	364
Внутренние XA-транзакции	365
Внешние XA-транзакции	366
Кэш запросов MySQL	367
Как MySQL проверяет попадание в кэш	367
Как кэш использует память	369
Когда полезен кэш запросов	372
Как настраивать и обслуживать кэш запросов	375
InnoDB и кэш запросов	379
Общие оптимизации кэша запросов	380
Альтернативы кэшу запросов	381
Итоги главы	381
Глава 8. Оптимизация параметров сервера	384
Основы конфигурации MySQL	385
Синтаксис, область видимости и динамичность	386
Побочные эффекты установки переменных	388
Приступая к работе	391
Итеративная оптимизация с помощью эталонного тестирования	392
Чего делать не следует	394
Создание конфигурационного файла MySQL	396
Настройка использования памяти	401
Сколько памяти может использовать MySQL	402
Сколько памяти нужно соединению	402
Резервирование памяти для операционной системы	403
Выделение памяти для кэшей	403
Буферный пул InnoDB	404
Кэш ключей MyISAM	406
Кэш потоков	409
Кэш таблиц	409
Словарь данных InnoDB	411
Настройка ввода/вывода в MySQL	412
InnoDB	412
MyISAM	427
Настройка конкурентного доступа в MySQL	429
InnoDB	429
MyISAM	431
Настройка с учетом рабочей нагрузки	432
Оптимизация работы с полями типа BLOB и TEXT	433
Оптимизация файловой сортировки	435
Завершение базовой конфигурации	436
Настройки безопасности и готовности к работе	438
Дополнительные настройки InnoDB	441
Итоги главы	444
Глава 9. Оптимизация операционной системы и оборудования	445
Что ограничивает производительность MySQL	445
Как выбирать процессоры для MySQL	446
Что лучше: быстрые процессоры или много процессоров	446

Архитектура ЦП	449
Масштабирование на несколько процессоров и ядер	449
Поиск баланса между памятью и дисками	452
Произвольный и последовательный ввод/вывод	453
Кэширование, чтение и запись	454
Что такое рабочее множество	455
Определение эффективного соотношения «память — диск»	456
Выбор жестких дисков	458
Твердотельные хранилища данных	460
Обзор флеш-памяти	461
Флеш-технологии	462
Эталонное тестирование флеш-памяти	464
Твердотельные диски	465
Устройства хранения PCIe	467
Другие типы твердотельных хранилищ данных	468
Когда стоит использовать флеш-устройства	468
Использование технологии Flashcache	470
Оптимизация MySQL для твердотельных хранилищ данных	472
Выбор оборудования для подчиненного сервера	476
Оптимизация производительности с помощью RAID	477
Отказ, восстановление и мониторинг RAID	480
Выбор между аппаратной и программной реализациями RAID	481
Конфигурация RAID и кэширование	483
Сети хранения данных и сетевые системы хранения данных	486
Эталонные тесты SAN-сетей	487
Использование SAN-сетей через NFS или SMB	488
Производительность MySQL в SAN	489
Надо ли использовать SAN	489
Использование нескольких дисковых томов	491
Конфигурация сети	493
Выбор операционной системы	496
Выбор файловой системы	497
Выбор планировщика дисковых очередей	500
Многопоточность	500
Подкачка	501
Состояние операционной системы	504
Как интерпретировать выдачу vmstat	504
Как интерпретировать выдачу iostat	505
Другие полезные инструменты	507
Машина с нагруженным процессором	508
Машина с нагруженной подсистемой ввода/вывода	509
Машина с интенсивной подкачкой	510
Простаивающая машина	510
Итоги главы	510
Глава 10. Репликация	513
Обзор репликации	513
Проблемы, решаемые репликацией	515
Как работает репликация	516
Настройка репликации	517
Создание аккаунтов репликации	518

Конфигурирование главного и подчиненного серверов	519
Запуск подчиненного сервера.....	520
Инициализация подчиненного сервера на основе существующего	523
Рекомендуемая конфигурация репликации	525
Взгляд на репликацию изнутри	527
Покомандная репликация.....	527
Построчная репликация	528
Какая репликация лучше, покомандная или построчная.....	529
Файлы репликации	531
Отправка событий репликации другим подчиненным серверам.....	533
Фильтры репликации.....	534
Топологии репликации	536
Один главный сервер с несколькими подчиненными.....	537
«Главный сервер — главный сервер» в режиме «активный — активный»	538
«Главный сервер — главный сервер» в режиме «активный — пассивный»	540
«Главный сервер — главный сервер с подчиненными»	541
Кольцевая репликация.....	542
Главный сервер, главный сервер-распространитель и подчиненные	543
Дерево или пирамида.....	545
Пользовательские схемы репликации	546
Репликация и планирование производительности.....	552
Почему репликация не помогает масштабированию записи.....	553
Когда подчиненные серверы начнут отставать.....	554
Запланированная недогрузка	555
Администрирование и обслуживание репликации.....	555
Мониторинг репликации.....	556
Измерение отставания подчиненного сервера.....	556
Как узнать, согласованы ли подчиненные серверы с главным	558
Восстановление синхронизации подчиненного сервера с главным	559
Смена главного сервера	560
Смена ролей в конфигурации «главный сервер — главный сервер»	565
Проблемы репликации и их решение	566
Ошибки, вызванные повреждением или утратой данных	566
Использование нетранзакционных таблиц.....	570
Смешивание транзакционных и нетранзакционных таблиц	570
Недетерминированные команды	571
Использование различных подсистем хранения на главном и подчиненном серверах	571
Изменение данных на подчиненном сервере	572
Неуникальный идентификатор сервера.....	572
Неопределенный идентификатор сервера	573
Зависимости от нереплицируемых данных	573
Отсутствующие временные таблицы.....	574
Репликация не всех обновлений.....	575
Конкуренция, вызванная блокировками при выполнении SELECT в InnoDB.....	576
Запись на обоих главных серверах в конфигурации «главный — главный»	578
Слишком большое отставание репликации.....	580
Чрезмерно большие пакеты от главного сервера.....	584
Ограниченная пропускная способность сети.....	585

Отсутствие места на диске	585
Ограничения репликации	585
Насколько быстро работает репликация	586
Расширенные возможности репликации MySQL	588
Прочие технологии репликации	591
Итоги главы	593
Глава 11. Масштабирование MySQL	595
Что такое масштабируемость	595
Масштабирование MySQL	602
Планирование масштабируемости	602
Перед тем как приступить к масштабированию	603
Вертикальное масштабирование	604
Масштабирование по горизонтали	606
Масштабирование с помощью консолидации	625
Масштабирование кластеризацией	626
Обратное масштабирование	630
Балансирование нагрузки	633
Прямое подключение	635
Представляем посредника	640
Балансирование нагрузки при наличии одного главного и нескольких подчиненных серверов	643
Итоги главы	644
Глава 12. Высокая доступность	646
Что такое высокая доступность	646
Причины простоев	648
Достижение высокой доступности	649
Сокращение среднего времени между отказами	649
Сокращение среднего времени восстановления	651
Устранение отдельных критических точек	652
Разделяемое хранилище данных или реплицированный диск	653
Синхронная репликация MySQL	657
Избыточность на основе репликации	661
Аварийное переключение и восстановление после сбоя	663
Повышение подчиненного сервера, или перемена ролей	665
Виртуальные IP-адреса и передача IP-адреса	665
Решения на основе посредника	666
Обработка переключения на резерв при отказе на уровне приложения	668
Итоги главы	668
Глава 13. MySQL в облаке	671
Достоинства, недостатки и мифы облака	672
Экономика MySQL в облаке	674
Масштабирование MySQL и HA в облаке	676
Четыре основных ресурса	677
Производительность MySQL в облачном хостинге	678
База данных MySQL как услуга	683
Amazon RDS	684
Другие решения DBaaS	685
Итоги главы	686

Глава 14. Оптимизация на уровне приложения	688
Типичные проблемы	688
Проблемы веб-сервера.....	691
Кэширование	695
Кэширование на уровне ниже приложения.....	695
Кэширование на уровне приложения	696
Стратегии управления кэшем.....	698
Кэширование иерархий объектов.....	700
Предварительная генерация содержимого.....	701
Кэш как инфраструктурный компонент.....	702
Использование HandlerSocket и доступа к memcached.....	703
Расширение MySQL	703
Альтернативы MySQL.....	704
Итоги главы.....	705
Глава 15. Резервное копирование и восстановление	706
Зачем нужно резервное копирование	707
Определение требований к восстановлению.....	708
Проектирование резервного копирования в MySQL.....	710
Оперативное или автономное резервное копирование	711
Логическое и физическое резервное копирование.....	713
Что копировать	716
Подсистемы хранения и согласованность.....	718
Репликация	721
Управление и резервное копирование двоичных журналов.....	722
Формат двоичного журнала	722
Безопасное удаление старых двоичных журналов.....	723
Резервное копирование данных.....	724
Снятие логической резервной копии.....	724
Снимки файловой системы	727
Восстановление из резервной копии.....	735
Восстановление из физических файлов.....	736
Восстановление из логической копии	738
Восстановление на конкретный момент времени.....	741
Более сложные методы восстановления	743
Восстановление InnoDB.....	745
Инструменты резервного копирования и восстановления	748
MySQL Enterprise Backup.....	748
Percona XtraBackup.....	748
mylvmbackup	749
Zmanda Recovery Manager.....	749
mysqldumper	750
mysqldump.....	750
Скрипты резервного копирования.....	751
Итоги главы.....	754
Глава 16. Инструменты для пользователей MySQL	756
Средства организации интерфейса.....	756
Утилиты командной строки.....	757
Утилиты SQL	758

Инструменты мониторинга	758
Инструменты мониторинга с открытым исходным кодом.....	759
Коммерческие системы мониторинга	762
Мониторинг из командной строки с использованием Innotop.....	764
Итоги главы.....	768

Приложения

Приложение А. Ветки и версии MySQL.....	770
Percona Server	770
Maria DB.....	771
Drizzle	772
Другие варианты MySQL.....	774
Итоги	774
Приложение Б. Состояние сервера MySQL.....	776
Системные переменные	776
Команда SHOW STATUS.....	776
Команда SHOW INNODB STATUS	783
Команда SHOW PROCESSLIST	798
Команда SHOW ENGINE MUTEX STATUS.....	799
Состояние репликации	800
База данных INFORMATION_SCHEMA.....	801
Performance Schema	803
Итоги	804
Приложение В. Передача больших файлов	805
Копирование файлов	805
Эталонные тесты копирования файлов	808
Приложение Г. Команда EXPLAIN	810
Вызов команды EXPLAIN	810
Столбцы результата команды EXPLAIN.....	813
Вывод плана выполнения в виде дерева	824
Улучшения в версии MySQL 5.6.....	825
Приложение Д. Отладка блокировок	826
Ожидание блокировки на уровне сервера.....	826
Ожидание блокировки в InnoDB	831
Приложение Е. Использование Sphinx совместно с MySQL	836
Типичный поиск с помощью Sphinx	836
Зачем использовать Sphinx.....	840
Обзор архитектуры.....	848
Специальные возможности	851
Примеры практической реализации	857
Итоги	864