

# Содержание

<b>Предисловие</b>	17
<b>Об авторе</b>	18
<b>О техническом редакторе</b>	18
<b>Благодарности</b>	19
<b>Введение</b>	21
<b>Часть I. Введение в программирование трехмерных игр</b>	27
<b>Глава 1. Основы программирования трехмерных игр</b>	29
Краткое введение	30
Элементы двумерных и трехмерных игр	31
Общие советы по программированию игр	36
Использование инструментов	40
Редакторы трехмерных уровней	43
Использование компилятора	44
Пример трехмерной игры: Raiders 3D	48
Цикл событий	73
Внутренняя логика игры	73
Трехмерные проекции	75
Звездное поле	77
Лазерные пушки и обнаружение попаданий	77
Взрывы	77
Как играть в Raiders3D	77
Резюме	78
<b>Глава 2. Краткий курс Windows и DirectX</b>	79
Модель программирования Win32	80
Минимальный курс программирования для Windows	81
Все начинается с WinMain()	81
Базовое приложение для Windows	87
Класс Windows	87
Регистрация класса Windows	92
Создание окна	93
Обработчик событий	95
Главный цикл событий	100
Создание цикла событий реального времени	104
Краткий курс DirectX и COM	106
HEL и HAL	107
Подробнее о базовых классах DirectX	108
Краткое введение в COM	110
Что такое COM-объект?	111
Создание и использование COM-интерфейсов DirectX	114

Запрос интерфейсов	115
Резюме	116
<b>Глава 3. Виртуальный компьютер для программирования трехмерных игр</b>	119
Введение в интерфейс виртуального компьютера	120
Построение интерфейса виртуального компьютера	122
Буфер кадра и видеосистема	122
Работа с цветом	126
Анимация	128
Полная виртуальная графическая система	130
Ввод-вывод, звук и музыка	131
Консоль игры T3DLIB	132
Обзор T3DLIB	132
Базовая консоль игры	132
Библиотека T3DLIB1	138
Архитектура графического процессора DirectX	139
Основные определения	139
Макросы	141
Типы и структуры данных	142
Прототипы функций	145
Глобальные переменные	151
Интерфейс DirectDraw	152
Функции для работы с двумерными многоугольниками	156
Двумерные графические примитивы	159
Математические функции и функции обработки ошибок	163
Функции для работы с растровыми изображениями	165
Функции для работы с 8-битовыми палитрами	169
Вспомогательные функции	172
Процессор для работы с объектами блиттера	174
Система ввода DirectX	182
Звуковая и музыкальная библиотека T3DLIB3	188
Заголовочный файл	189
Типы	189
Глобальные переменные	190
API оболочки DirectSound	190
API оболочки DirectMusic	194
Окончательная версия консоли игры	197
Графика — реальная и виртуальная	197
Консоль игры — окончательный вариант	200
Образцы приложений T3DLIB	211
Оконные приложения	211
Полноэкранное приложение	211
Звук и музыка	213
Работа с устройствами ввода	213
Резюме	216
<b>Часть II. Трехмерная математика и преобразования</b>	219
<b>Глава 4. Запутанный мир математики</b>	221
Математические обозначения	222

Двумерные системы координат	223
Двумерные декартовы координаты	223
Двумерные полярные координаты	225
Трёхмерные системы координат	228
Трёхмерные декартовы координаты	229
Трёхмерные цилиндрические координаты	230
Трёхмерные сферические координаты	233
Тригонометрия	234
Прямоугольный треугольник	235
Обратные тригонометрические функции	237
Тригонометрические тождества	237
Векторы	238
Длина вектора	239
Нормализация	240
Умножение на скаляр	240
Сложение векторов	241
Вычитание векторов	241
Скалярное произведение	242
Векторное умножение	245
Нулевой вектор	246
Радиус-вектор и вектор перемещения	246
Векторы как линейные комбинации	247
Матрицы и линейная алгебра	247
Единичная матрица	249
Сложение матриц	250
Транспонирование матрицы	250
Умножение матриц	250
Свойства матричных операций	252
Обращение матриц и решение систем линейных уравнений	252
Правило Крамера	253
Преобразования с использованием матриц	255
Однородные координаты	256
Применение матричных преобразований	257
Фундаментальные геометрические объекты	263
Точки	263
Прямые линии	263
Прямые в трёхмерном пространстве	265
Плоскости	267
Использование параметрических уравнений	271
Двумерные и трёхмерные параметрические прямые	271
Параметрическое представление отрезка с помощью стандартного вектора направления	272
Параметрическое представление отрезка с помощью единичного вектора направления	273
Параметрическое представление трёхмерных прямых	273
Вычисление пересечения параметризованных прямых	274
Вычисление пересечения отрезка и плоскости	277
Введение в кватернионы	278
Теория комплексных чисел	278

Гиперкомплексные числа	282
Применение кватернионов	287
Дифференциальное исчисление	291
Концепция бесконечности	291
Пределы	293
Суммы и конечные ряды	294
Бесконечные ряды	296
Производные	297
Интегралы	303
Резюме	308
<b>Глава 5. Создание математической библиотеки</b>	<b>309</b>
Краткий обзор математической библиотеки	310
Структура математической библиотеки	310
Соглашения об именах	311
Обработка ошибок	312
Заключительное слово о C++	312
Типы и структуры данных	313
Векторы и точки	313
Параметризованные прямые	314
Трехмерные плоскости	316
Матрицы	317
Кватернионы	320
Угловые системы координат	321
Двумерные полярные координаты	322
Трехмерные цилиндрические координаты	322
Трехмерные сферические координаты	323
Числа с фиксированной точкой	323
Математические константы	324
Макросы и встраиваемые функции	327
Утилиты общего назначения и преобразование величин	331
Точки и векторы	332
Матрицы	333
Кватернионы	335
Математика с фиксированной точкой	336
Прототипы	336
Глобальные переменные	341
API математической библиотеки	341
Тригонометрические функции	341
Функции для работы с системами координат	342
Функции для работы с векторами	345
Функции для работы с матрицами	353
Функции для работы с двумерными и трехмерными параметрическими прямыми	365
Функции для работы с трехмерными плоскостями	369
Функции для работы с кватернионами	373
Функции для работы с числами с фиксированной точкой	382
Функции для решения систем уравнений	387
Работа математического сопроцессора	390

Архитектура сопроцессора	390
Стек сопроцессора	391
Набор команд сопроцессора	393
Классический формат команд	396
Формат работы с памятью	396
Формат работы с регистрами	397
Формат работы с регистрами и снятие со стека	397
Примеры команд сопроцессора	398
Замечания по использованию математической библиотеки	406
Замечания об оптимизации	407
Резюме	408
<b>Глава 6. Введение в трехмерную графику</b>	<b>409</b>
Философия трехмерного игрового процессора	410
Структура трехмерного игрового процессора	410
Трехмерный процессор	411
Игровой процессор	411
Система ввода и работы в сети	412
Анимация	412
Система навигации и обнаружения столкновений	418
Физический процессор	419
Система искусственного интеллекта	420
База данных трехмерных моделей и изображений	421
Трехмерные системы координат	423
Координаты модели (локальные координаты)	424
Мировые координаты	427
Координаты камеры	430
Дополнительные вопросы	439
Отбраковка скрытых объектов и поверхностей	441
Аксонметрические координаты	447
Экранные координаты	458
Базовые трехмерные структуры данных	467
Представление трехмерных многоугольников	468
Определение многоугольников	470
Определение объектов	476
Представление миров	481
Инструментарий трехмерного моделирования	483
Анимационные данные	484
Загрузка внешних данных	484
PLG	485
NFF	488
3D Studio	492
СОВ-файлы Caligari	499
.X-файлы Microsoft DirectX	501
Краткое резюме	501
Основы преобразований твердых тел и анимации	502
Трехмерное перемещение	502
Трехмерное вращение	503
Морфинг	506

Обзор конвейера визуализации	507
Типы трехмерных игровых процессоров	508
Космические процессоры	508
Наземные процессоры	510
FSP-процессоры	511
Трассировка лучей и воксельные процессоры	512
Гибридные процессоры	513
Сборка игрового процессора	514
Резюме	514
<b>Глава 7. Визуализация трехмерных каркасных объектов</b>	<b>515</b>
Общая архитектура каркасного игрового процессора	516
Структуры данных и трехмерный игровой конвейер	517
Основной список многоугольников	521
Новые программные модули	524
Создание простого загрузчика файлов с трехмерными моделями	524
Загрузчик файлов в формате .PLG/X	528
Разработка трехмерного игрового конвейера	536
Функции преобразования общего вида	537
Преобразование из локальной системы координат в мировую	545
Эйлерова модель камеры	550
Модель UVN камеры	554
Преобразование мировых координат в координаты камеры	569
Отбраковка объектов	574
Удаление обратных поверхностей	579
Аксонометрическое преобразование	583
Преобразование аксонометрических координат в экранные	589
Аксонометрическое преобразование в экранные координаты	596
Визуализация трехмерного игрового мира	600
Трехмерный игровой конвейер	600
Трехмерные демонстрационные программы	605
Вывод отдельного треугольника	605
Вывод трехмерного каркаса куба	608
Вывод трехмерного каркаса куба с удалением обратных поверхностей	612
Трехмерные танки	614
Трехмерные танки и перемещающаяся камера	618
Перемещение по зоне боевых действий	620
Резюме	626
<b>Часть III. Основы трехмерной визуализации</b>	<b>627</b>
<b>Глава 8. Основы моделирования освещения и поверхностей тел</b>	<b>629</b>
Основные модели освещения в компьютерной графике	630
Цветовые модели и материалы	633
Виды освещения	643
Освещение и растеризация треугольников	652
Подготовка к моделированию освещения	657
Моделирование материалов	659
Определение источников освещения	664

Затенение в реальном мире	671
16-битовое затенение	671
8-битовое затенение	672
Сложная RGB-модель для 8-битового режима	672
Упрощенная модель интенсивности освещения для 8-битовых режимов	678
Постоянное затенение	684
Плоское затенение	687
Плоское затенение в 8-битовом режиме	707
Затенение по Гуро	710
Затенение по Фонгу	713
Сортировка по глубине и алгоритм художника	714
Работа с новыми форматами моделей	721
Класс-анализатор	721
Формат .ASC 3D Studio MAX	728
Текстовый формат .COB trueSpace	732
Первое знакомство с бинарным форматом Quake II .MD2	743
Обзор программных инструментов для создания трехмерных моделей	744
Резюме	748
<b>Глава 9. Интерполяционные методы затенения и аффинное отображение текстур</b>	<b>749</b>
Особенности нового трехмерного процессора	750
Обновление и разработка структур трехмерных данных	751
Новые директивы #define	752
Добавление математических структур	755
Вспомогательные макросы	756
Новые возможности представления трехмерных каркасов	757
Обновление структур объектов и списка визуализации	766
Обзор списка функций и их прототипов	772
Новые версии загрузчиков	780
Обновление загрузчика .PLG/PLX-файлов	781
Обновление загрузчика файлов в формате .ASC	797
Обновление загрузчика файлов в формате Caligari .COB	798
Обзор растеризации многоугольников	805
Растеризация треугольников	805
Соглашение о заполнении	810
Отсечение графического изображения	814
Новые функции, связанные с обработкой треугольников	815
Оптимизация	821
Реализация затенения по Гуро	823
Затенение по Гуро без освещения	825
Добавление освещения вершин в функцию, выполняющую затенение по Гуро	837
Основы теории дискретизации	849
Дискретизация в одном измерении	850
Билинейная интерполяция	853
Интерполяция координат u и v	854
Реализация аффинного отображения текстуры	858
Обновление процессора освещения и растеризации для работы с текстурами	861
Добавление освещения для визуализации текстуры в 16-битовом режиме	862

Вопросы оптимизации для 8- и 16-битовых режимов	869
Таблицы соответствия	870
Связность вершин каркаса	870
Кэширование математических результатов	871
Использование возможностей SIMD	872
Итоговые демонстрационные программы	872
Raiders 3D II	873
Резюме	877
<b>Глава 10. Отсечение в трехмерном пространстве</b>	<b>879</b>
Общее представление об отсечении	880
Отсечение в пространстве объекта	880
Отсечение в пространстве изображений	884
Теоретические основы алгоритмов отсечения	884
Основы отсечения	886
Отсечение по Кохену-Сазерленду	891
Отсечение по Сайрусу-Беку и Лянгу-Барскому	893
Отсечение по Вейлеру-Азертону	897
Дальнейшее изучение отсечения	900
Практическое отсечение по границам области обзора	900
Конвейер обработки геометрии и структуры данных	902
Добавление отсечения в игровой процессор	903
Игры с ландшафтами	935
Функция, генерирующая ландшафты	936
Генерация данных ландшафта	949
Демонстрационная программа	949
Резюме	955
<b>Глава 11. Организация буфера глубины и видимость</b>	<b>957</b>
Буфер глубины и определение видимости	958
Основные принципы работы с Z-буфером	961
Проблемы, связанные с Z-буфером	963
Примеры Z-буфера	964
Метод уравнения плоскости	967
Интерполяция координаты z	968
Проблемы, связанные с Z-буфером, и 1/Z-буферизация	971
Пример интерполяции по Z и 1/Z	972
Создание системы Z-буферизации	975
Добавление поддержки Z-буфера в функцию растеризации	979
Возможные оптимизации Z-буфера	998
Сокращение объема используемой памяти	998
Менее частая очистка Z-буфера	998
Смешанная Z-буферизация	1001
Сложности при работе с Z-буфером	1001
Демонстрационные программы, использующие Z-буферизацию	1002
Первая демонстрационная программа: визуализация Z-буфера	1002
Вторая демонстрационная программа: водный мотоцикл	1004
Резюме	1011



<b>Часть IV. Секреты трехмерной визуализации</b>	1013
<b>Глава 12. Методы сложного текстурирования</b>	1015
Текстурирование — вторая волна	1016
Структуры данных заголовочного файла	1017
Построение нового базового растеризатора	1026
Работа с числами с фиксированной точкой	1027
Новые растеризаторы без Z-буферизации	1027
Новые растеризаторы с Z-буфером	1032
Текстурирование с затенением по Гуро	1034
Прозрачность и альфа-смешивание	1043
Использование таблиц поиска для альфа-смешивания	1043
Поддержка альфа-смешивания на уровне объектов	1057
Добавление поддержки альфа-смешивания в генератор ландшафта	1065
Текстурирование с корректной перспективой и 1/z-буферизация	1068
Математические основы отображения текстур с корректной перспективой	1069
Добавление 1/z-буферизации в растеризаторы	1078
Реализация отображения с точной перспективой	1086
Отображение текстуры с линейно-кусочной перспективой	1090
Квадратичные аппроксимации для текстурирования с перспективой	1097
Оптимизация текстурирования с помощью гибридных подходов	1101
Билинейная фильтрация текстуры	1103
Множественное отображение и трилинейная фильтрация текстур	1108
Введение в Фурье-анализ	1111
Создание цепочки множественного отображения	1114
Выбор метода множественного отображения	1126
Трилинейная фильтрация	1132
Многопроходная визуализация и текстурирование	1133
Все в одном вызове	1134
Новый контекст визуализации	1135
Настройка контекста визуализации	1138
Вызов функции визуализации	1140
Резюме	1141
<b>Глава 13. Алгоритмы разбиения пространства и определения видимости</b>	1143
Новый модуль игрового процессора	1144
Разбиение пространства и определение видимости	1144
Двоичное разбиение пространства	1148
Двоичное разбиение пространства плоскостями, параллельными осям	1150
Разбиение пространства произвольными плоскостями	1151
Разбиение с помощью плоскостей, определяемых многоугольниками	1152
Отображение/посещение каждого узла BSP-дерева	1156
Функции и структуры данных BSP-деревьев	1159
Создание BSP-дерева	1161
Стратегии расщепления	1165
Обход и отображение BSP-дерева	1177
Интеграция BSP-дерева в графический конвейер	1191
Редактор уровня	1193
Недостатки BSP	1205

Стратегии с нулевым перерисовыванием на основе BSP	1205
Использование BSP-деревьев для отбраковки	1208
Использование BSP-деревьев для выявления столкновений	1219
Интеграция BSP-деревьев в стандартную визуализацию	1219
Потенциально видимые множества	1225
Использование потенциально видимого множества	1228
Методы представления потенциально видимого множества	1230
Более точное вычисление PVS	1231
Порталы	1234
Ограничивающие иерархические объемы и октадеревья	1237
Использование BVH-деревя	1240
Производительность	1241
Стратегии выбора	1242
Октадеревья	1255
Отбор с учетом препятствий	1257
Перекрытые пространства	1258
Выбор преград	1260
Гибридный метод выбора преград	1260
Резюме	1261
<b>Глава 14. Освещение и тени</b>	1263
Новый модуль игрового процессора	1264
Введение и план игры	1264
Упрощенная физика теней	1264
Движение фотонов и вычислительная интенсивность	1265
Имитация теней с помощью проецирования изображений и макетов	1269
Растеризация с поддержкой прозрачности	1271
Новый библиотечный модуль	1275
Простые тени	1276
Масштабирование теней	1279
Отслеживание источника света	1283
Последние замечания об имитации теней	1289
Отображение тени на плоскую сетку	1290
Вычисление векторных преобразований для проекции	1290
Оптимизация плоских теней	1295
Введение в отображение освещения и кэширование поверхности	1296
Кэширование поверхности	1299
Генерация карт освещения	1300
Реализация отображения освещения	1301
Отображение темноты	1305
Получение специальных эффектов с помощью карт освещения	1307
Оптимизация кода отображения освещения	1308
Резюме	1308
<b>Часть V. Анимация, физическое моделирование и оптимизация</b>	1309
<b>Глава 15. Анимация, движение и обнаружение столкновений</b>	1311
Новый модуль игрового процессора	1312
Введение в трехмерную анимацию	1312

Формат Quake II .MD2	1312
Заголовок .MD2	1315
Загрузка .MD2-файлов Quake II	1325
Анимация файлов .MD2	1336
Простая анимация без участия персонажа	1349
Вращательное и поступательное движение	1349
Сложное параметрическое и криволинейное движение	1350
Использование сценариев движения	1352
Обнаружение трехмерных столкновений	1354
Ограничивающие сферы и цилиндры	1355
Использование структур данных для ускорения обнаружения столкновений	1356
Техника следования по поверхности	1357
Резюме	1358
<b>Глава 16. Технологии оптимизации</b>	1359
Введение в оптимизацию	1360
Профилирование кода программы	1360
Профилирование с помощью Visual C++	1361
Анализ результатов профилирования	1364
Оптимизация с помощью VTune	1365
Использование компилятора Intel C++	1372
Загрузка оптимизирующего компилятора Intel	1373
Использование компилятора Intel	1374
Использование дополнительных возможностей компилятора	1375
Выбор компилятора для исходных файлов	1376
Стратегии оптимизации	1377
Введение в SIMD	1377
Базовая архитектура SIMD	1379
Работа с SIMD в реальном мире	1379
Класс трехмерных векторов с поддержкой SIMD	1392
Некоторые оптимизационные приемы	1400
Прием 1. Избавление от _ftol()	1400
Прием 2. Задание управляющего слова FPU	1400
Прием 3. Быстрое обнуление значений с плавающей точкой	1401
Прием 4. Быстрое извлечение квадратного корня	1402
Прием 5. Линейно-кусочный арктангенс	1402
Прием 6. Увеличение указателя	1402
Прием 7. Вынесение if из циклов	1403
Прием 8. Ветвление конвейера	1404
Прием 9. Выравнивание данных	1404
Прием 10. Все короткие функции нужно сделать встраиваемыми	1404
Резюме	1405
<b>Предметный указатель</b>	1407