

УДК 004'27OpenGL ES 3

ББК 32.972.121

Г49

А

Гинсбург, Дэн.

Г49 OpenGL ES 3.0 : руководство разработчика / Д. Гинсбург, Б. Пурномо ; пер. с англ. А. Борескова. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 449 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-312-7

OpenGL ES — это ведущий интерфейс и графическая библиотека для рендеринга сложной трехмерной графики на мобильных устройствах. Последняя версия, OpenGL ES 3.0, делает возможным создания потрясающей графики для новых игр и приложений, не влияя на производительность устройства и время работы аккумулятора.

В данной книге авторы рассматривают весь API и язык для написания шейдеров. Они внимательно рассматривают возможности OpenGL ES такие как теневые карты, дублирование геометрии, рендеринг в несколько текстур, uniform-буферы, сжатие текстур, бинарное представление программ и преобразование обратной связи. Шаг за шагом вы перейдете от вводных примеров к продвинутому попиксельному освещению и системам частиц. Также вы найдете содержательные советы по оптимизации быстродействия, максимизации эффективности работы API и GPU и полном использовании OpenGL ES в широком спектре приложений.

На сайте издательства выложены примеры к книге на языке C.

Издание предназначено программистам мобильных приложений, желающих максимально использовать графические возможности своих устройств.

УДК 004'27OpenGL ES 3

ББК 32.972.121

Электронное издание на основе печатного издания: OpenGL ES 3.0 : руководство разработчика / Д. Гинсбург, Б. Пурномо ; пер. с англ. А. Борескова. — Москва : ДМК Пресс, 2015. — 448 с. — ISBN 978-5-97060-256-0. — Текст : непосредственный.

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.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-312-7

© 2014 Pearson Education, Inc.

© Оформление, перевод, ДМК Пресс, 2015

А

Содержание

Предисловие	14
Введение	15
Благодарности	20
Об авторах	22

Глава 1. Введение в OpenGL ES 3.0 23

OpenGL ES 3.0.....	25
Вершинный шейдер	26
Сборка примитивов	28
Растеризация.....	28
Фрагментный шейдер	29
Пофрагментные операции.....	30
Что нового в OpenGL ES 3.0?	32
Текстурирование	32
Шейдеры.....	34
Геометрия.....	35
Буферные объекты.....	36
Фреймбуфер.....	37
OpenGL ES 3.0 и обратная совместимость.....	37
EGL	38
Программирование с OpenGL ES 3.0	39
Библиотеки и заголовочные файлы.....	39
Синтаксис EGL.....	40
Синтаксис команд OpenGL ES	40
Обработка ошибок.....	42
Основы управления состоянием	43
Дальнейшее чтение.....	44

Глава 2. Hello Triangle: пример использования OpenGL ES 3.0 45

Используемая библиотека	45
Где можно скачать примеры.....	46
Пример Hello Triangle.....	46
Использование библиотеки утилит для OpenGL ES 3.0.....	50

Создание простого вершинного и фрагментного шейдеров	51
Компиляция и загрузка шейдеров	53
Создание объекта-программы и сборка шейдеров	54
Задание области вывода и очистка буфера цвета	55
Загрузка геометрии и вывод примитива	56
Отображение буфера	56
Резюме	57

Глава 3. Введение в EGL..... 58

Взаимодействие с оконной системой	58
Проверка на ошибки	59
Инициализация EGL	60
Определение допустимых конфигураций поверхностей	60
Получение атрибутов EGLConfig	61
Позволяем EGL выбрать конфигурацию	64
Создание видимой области для рендеринга: окна EGL	66
Создание внеэкранных областей для рендеринга: п-буферы EGL	68
Создание контекста для рендеринга	71
Делаем EGLContext текущим	73
Собираем все вместе	73
Синхронизация рендеринга	75
Резюме	76

Глава 4. Шейдеры и программы 77

Шейдеры и программы	77
Создание и компилирование шейдера	78
Создание и сборка программы	81
Uniform-переменные и атрибуты	85
Получение информации и задание значений для uniform-переменных	86
Uniform-буферы	92
Получение и задание атрибутов	96
Компилятор шейдеров	97
Бинарные программы	97
Резюме	98

Глава 5. Шейдерный язык OpenGL ES 99

Основы шейдерного языка OpenGL ES	99
Задание версии шейдера	100
Переменные и типы переменных	100

Конструкторы переменных	101
Векторные и матричные компоненты.....	102
Константы.....	103
Структуры	104
Массивы	104
Операторы	105
Функции.....	106
Встроенные функции.....	107
Управляющие операторы	107
Uniform-переменные.....	108
Uniform-блоки.....	109
Входные и выходные значения вершинного/фрагментного шейдера	111
Описатели интерполяции	113
Препроцессор и его команды	114
Упаковка uniform-переменных и интерполяторов	116
Описатели точности.....	117
Инвариантность.....	118
Резюме	121

Глава 6. Атрибуты вершины, вершинные массивы и объекты-буферы 122

Задание данных для вершинных атрибутов	123
Постоянный вершинный атрибут.....	123
Вершинные массивы	123
Советы по оптимизации.....	127
Объявление переменных для вершинного атрибута в вершинном шейдере.....	131
Привязка вершинного атрибута к переменной в шейдере	133
Вершинные объекты-буферы	136
Объект состояния вершинных буферов (Vertex Array Object)	145
Отображение буферов в память приложения.....	149
Сбрасывание отображенного буфера	152
Копирование данных между буферами.....	152
Резюме	153

Глава 7. Сборка примитивов и растеризация 155

Примитивы.....	155
Треугольники	155
Отрезки	156
Точечные спрайты	157

Вывод примитивов	159
Перезапуск примитива	161
Провоцирующая вершина (provoking vertex)	162
Дублирование геометрии (geometry instancing).....	162
Советы по оптимизации.....	165
Сборка примитивов.....	167
Системы координат	168
Отсечение	168
Перспективное деление.....	170
Преобразование в область видимости.....	170
Растеризация	171
Отсечение	171
Смещение полигона.....	173
Запросы видимости.....	175
Резюме	177

Глава 8. Вершинные шейдеры 178

Обзор вершинного шейдера	179
Встроенные переменные вершинного шейдера	180
Встроенные специальные переменные	180
Встроенные uniform-переменные, хранящие состояние.....	181
Встроенные константы	181
Описатели точности	182
Ограничения на использование uniform-переменных в вершинном шейдере	183
Примеры вершинных шейдеров	186
Матричные преобразования	186
Модельно-видовая матрица.....	187
Матрица проектирования.....	188
Расчет освещения в вершинном шейдере	188
Генерация текстурных координат	194
Вершинный скиннинг	195
Преобразование обратной связи (transform feedback).....	200
Вершинные текстуры.....	202
Вершинный конвейер OpenGL ES 1.1 как вершинный шейдер	
OpenGL ES 3.0.....	203
Резюме	210

Глава 9. Текстурирование.....211

Основы текстурирования.....	211
-----------------------------	-----

Двухмерные текстуры.....	211
Кубические текстурные карты	213
Трехмерные текстуры.....	214
Массив двухмерных текстур	214
Текстурные объекты и загрузка текстур.....	215
Фильтрование текстуры и пирамидальное фильтрование	220
Бесшовная фильтрация кубических текстур.....	224
Автоматическое построение пирамиды изображений	224
Отсечение текстурных координат	225
Перестановки каналов	227
Текстурный уровень детализации	227
Сравнение для текстуры глубины (Percentage Closest Filtering, PCF).....	228
Форматы текстур.....	228
Нормализованные текстурные форматы	229
Форматы текстур с плавающей точкой	230
Целочисленные текстурные форматы.....	231
Форматы текстур с общей экспонентой	232
Текстурные форматы sRGB	233
Форматы для текстур глубины.....	234
Использование текстур в шейдере	234
Пример использования кубической текстуры	237
Загрузка трехмерных текстур и массивов двухмерных текстур.....	239
Сжатые текстуры.....	240
Задание части изображения текстуры.....	243
Копирование текстурных данных из буфера цвета	246
Объекты-сэмплеры.....	249
Неизменяемые текстуры	252
Распаковка объектов-буферов.....	253
Резюме	254

Глава 10. Фрагментные шейдеры255

Пример реализации фиксированного конвейера	256
Обзор фрагментного шейдера	257
Встроенные специальные переменные	258
Встроенные константы	259
Описатели точности	260
Реализация алгоритмов из фиксированного конвейера при помощи шейдеров	260
Мультитекстурирование	261
Туман.....	262

Альфа-тест (с использованием discard).....	265
Задаваемые пользователем плоскости отсечения.....	267
Резюме	269

Глава 11. Операции с фрагментами270

Буферы	270
Запрос дополнительных буферов	271
Очистка буферов	272
Использование масок для управления записью во фреймбуферы	273
Тесты фрагментов и операции	275
Использование теста попадания в прямоугольник (scissor test).....	275
Тесты трафарета	276
Тесты глубины	281
Смещение цветов (альфа-блендинг).....	282
Растрирование.....	284
Антиалиасинг с использованием мультисэмплинга.....	284
Использование спецификатора centroid	285
Чтение и запись пикселей во фреймбуфер	286
Объекты-буферы для упаковки пикселей	289
Рендеринг в несколько буферов цвета (MRT).....	290
Резюме	293

Глава 12. Объекты-фреймбуферы294

Зачем нужны объекты-фреймбуферы?	294
Объекты-фреймбуферы и рендербуферы	296
Выбор между рендербуфером и текстурой в качестве подключения к фреймбуферу	296
Сравнение объектов-фреймбуферов с поверхностями EGL.....	297
Создание объектов-фреймбуферов и рендербуферов.....	298
Использование рендербуферов.....	298
Рендербуферы с мультисэмплингом.....	300
Форматы рендербуфера	301
Использование объектов-фреймбуферов.....	302
Подключение рендербуфера к точке подключения фреймбуфера	303
Подключение двумерной текстуры к фреймбуферу.....	304
Подключение слоя трехмерной текстуры к фреймбуферу	305
Проверка полноты фреймбуфера	306
Копирование между фреймбуферами	307
Сообщение о том, что содержимое фреймбуфера больше не нужно	309

Уничтожение фреймбуферов и рендербуферов.....	310
Уничтожение рендербуферов, которые используются как подключение к фреймбуферу	311
Чтение пикселов и объекты-фреймбуферы	311
Примеры.....	312
Подсказки по оптимизации	318
Резюме	318

Глава 13. Объекты синхронизации и барьеры320

Команды glFlush и glFinish.....	320
Зачем использовать объект синхронизации.....	321
Создание и уничтожение объекта синхронизации.....	321
Ожидание объекта синхронизации.....	322
Пример.....	323
Резюме	324

Глава 14. Продвинутое программирование с OpenGL ES 3.0325

Потфрагментное освещение.....	325
Освещение с использованием карты нормалей	326
Шейдеры для освещения	327
Уравнения освещения	331
Имитация отражения окружающей среды (environment mapping)	331
Система частиц при помощи точечных спрайтов	335
Настройка системы частиц	335
Вершинный шейдер для системы частиц.....	336
Фрагментный шейдер для системы частиц.....	338
Системы частиц с использованием преобразования обратной связи	340
Алгоритм рендеринга системы частиц.....	341
Создание частиц при помощи преобразования обратной связи.....	342
Рендеринг частиц.....	346
Постобработка изображений	347
Настройка рендеринга в текстуре	348
Фрагментный шейдер размытия.....	348
Эффект свечения	349
Проективное текстурирование.....	351
Основы проективного текстурирования	351
Матрицы для проективного текстурирования.....	352
Шейдеры проективного источника света	354

Шум при помощи трехмерной текстуры	357
Получение шума	357
Использование шума.....	361
Процедурное текстурирование	363
Пример процедурной текстуры	364
Антиалиасинг процедурных текстур	367
Дополнительная литература по процедурным текстурам	369
Рендеринг ландшафта при помощи чтения из текстуры в вершинном шейдере.....	370
Вычисление нормали в вершине и чтение значения высоты в вершинном шейдере	371
Дополнительное чтение по рендерингу больших ландшафтов.....	372
Рендеринг теней при помощи карты глубины.....	373
Рендеринг из положения источника света в текстуру глубины	373
Рендеринг из положения наблюдателя с использованием текстуры глубины	376
Резюме	378

Глава 15. Получение состояния379

Запросы строковых значений о реализации OpenGL ES 3.0.....	379
Получение информации о зависящих от реализации ограничениях	380
Запрос состояния OpenGL ES.....	383
Пожелания (hints)	387
Запросы по идентификаторам.....	387
Управление непрограммируемыми операциями и запрос их состояния	388
Получение состояния шейдеров и программ	389
Получение информации о вершинных атрибутах.....	391
Получение состояния текстуры	391
Получение состояния сэмплера.....	392
Получение информации об асинхронном объекте-запросе (query)	392
Получение информации об объекте синхронизации	393
Получение информации о вершинном буфере.....	394
Получение информации о рендербуфере и фреймбуфере	394
Резюме	396

Глава 16. Платформы OpenGL ES397

Сборка для Microsoft Windows с использованием Visual Studio	397
Сборка для Ubuntu Linux.....	399
Сборка для Android 4.3+ NDK (C++).....	400

Пререквизиты	400
Сборка примеров при помощи Android NDK.....	401
Сборка на Android 4.3+ SDK (Java)	401
Сборка для iOS 7	402
Пререквизиты	402
Сборка примеров при помощи XCode 5	402
Резюме	404

Приложение А. GL_HALF_FLOAT405

16-битовое число с плавающей точкой.....	405
Преобразование значения с плавающей точкой в 16-битовое значение с плавающей точкой.....	406

Приложение Б. Встроенные функции410

Функции для работы с углами и тригонометрические функции	411
Экспоненциальные функции.....	412
Общие функции	412
Функции для упаковки и распаковки значений с плавающей точкой	414
Геометрические функции	416
Матричные функции	416
Векторные логические функции	417
Функции обращения к текстуре.....	418
Функции по обработке фрагментов	422

Приложение В. Описание библиотеки, использованной в данной книге424

Базовые функции.....	424
Функции для преобразований	428