Apress®

Android三维程序设计

—— 基于OpenGL ES的图形应用程序设计 ——

【美】Prateek Mehta 著　周建娟 译

Learn OpenGL ES

For Mobile Game and Graphics Development

清华大学出版社

Android 三维程序设计

——基于 OpenGL ES 的图形应用程序设计

[美] Prateek Mehta 著

周建娟 译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书详细阐述了与 Android 移动设备以及 OpenGL ES 开发相关的基本解决方案，主要包括 ES 2.0 基础知识、3D 建模、Blender 软件应用、纹理和着色、Tank Fence 游戏开发等内容。此外，本书还提供了丰富的示例以及代码，以帮助读者进一步理解相关方案的实现过程。

本书适合作为高等院校计算机及相关专业的教材和教学参考书，也可作为相关开发人员的自学教材和参考手册。

Prateek Mehta

Learn OpenGL ES

ISBN:978-1-4302-5053-1

图书在版编目（CIP）数据

Android 三维程序设计：基于 OpenGL ES 的图形应用程序设计/（美）梅塔（Mehta, P.）著；周建娟译. —北京：清华大学出版社，2015

书名原文：Learn OpenGL ES

ISBN 978-7-302-39137-1

I. ①A…　II. ①梅…　②周…　III. ①图形软件-移动终端-应用程序-程序设计　IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 017732 号

责任编辑：钟志芳
封面设计：刘　超
版式设计：牛瑞瑞
责任校对：王　云
责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：清华大学印刷厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×230mm　　**印　　张**：12.25　　**字　　数**：251 千字
版　　次：2015 年 12 月第 1 版　　**印　　次**：2015 年 12 月第1 次印刷
印　　数：1～4000
定　　价：49.00 元

产品编号：057075-01

译 者 序

Android 是一种基于 Linux 的自由及开放源代码的操作系统，主要使用于移动设备，如智能手机和平板电脑，由 Google 公司和开放手机联盟领导及开发。在优势方面，Android 平台首先就是其开发性，开发的平台允许任何移动终端厂商加入到 Android 联盟中来。显著的开放性可以使其拥有更多的开发者，随着用户和应用的日益丰富，一个崭新的平台也将很快走向成熟。

OpenGL ES（OpenGL for Embedded Systems）是 OpenGL 三维图形 API 的子集，针对手机、PDA 和游戏主机等嵌入式设备而设计。API 由图形软硬件行业协会 Khronos Group 定义推广，该协会主要关注图形和多媒体方面的开放标准。

OpenGL ES 是从 OpenGL 裁剪定制而来的，去除了 glBegin/glEnd、四边形（GL_QUADS）、多边形（GL_POLYGONS）等复杂图元中许多非绝对必要的特性。经过多年发展，现在主要有两个版本：OpenGL ES 1.x，针对固定管线硬件；OpenGL ES 2.x，针对可编程管线硬件。本书对上述两个版本均以支持。

OpenGL ES 和 Android 库之间的整合过程充分体现了广泛的应用程序特征，二者的完美结合定会释放出巨大的能量。本书将会对此予以深入讨论。届时，读者可通过可复用的类库扩展或调整后续的计算机视觉项目，并根据已有的开发环境和知识编写更为丰富的应用程序。希望本书能够唤起读者的编程乐趣。

在本书的翻译过程中，除周建娟之外，李莉、张欢欢、朱琳琳、潘冰玉、赵雷、李海俊、米玥、王梅、程聪、王巍、吴帆、孙健、皮雄飞、李保金也参与了本书的翻译工作，在此一并表示感谢。

译 者

前　言

本书引领 Android 应用程序开发者探讨交互式 OpenGL ES 2.0 应用程序的开发过程，并以此介绍 3D 图形渲染的基本概念。

OpenGL ES 2.0 源自扩展型 OpenGL 2.0 API，后者可视为桌面级 3D 图形渲染的常见 API。事实上，ES 2.0 也可视为该 API 的一种形式，并针对低功耗显示设备进行优化，例如移动设备和平板电脑。

OpenGL ES 2.0 定义为一类可编程的图形渲染 API，类似于浏览器中的 WebGL，桌面级的 Direct3D 或 OpenGL，以及 Flash 中的 Stage3D。与 OpenGL ES 1.x 相比，该版本在渲染 3D 图形方面提供了更大的灵活性，并实现了期待已久的 GLSL 着色器语言。

基于 Android 的 OpenGL ES 2.0 可使程序员构建交互式/非交互式图形应用程序。然而，相比于非交互 ES 2.0，例如 Live Wallpapers，交互式 ES 2.0 应用程序则更具挑战性，其核心内容多出自开发人员之手。

当用户输入的数据对外观变化产生影响时，则称其为交互式应用程序。当采用 Android SDK 时，由于无须使用到外部库，因而可降低交互式 ES 2.0 应用程序的开发复杂度。而且，利用 OpenGL ES 2.0 API 访问 Android 手持设备的其他特性并非难事，其中包括运动/位置传感器和音频等。Android SDK 可满足大多数交互式 ES 2.0 应用程序的构建操作，例如图像编辑软件、游戏等多项内容。

本书将制作一款相对简单的射击类游戏，并使用触摸和运动/位置传感器，这有助于读者理解较为重要的概念，例如缓冲区、GLSL、状态管理以及 Android 交互式 ES 2.0 应用程序开发的 3D 转换操作。因此，本书重点讨论针对移动游戏和图形开发的 OpenGL ES 知识。

关 于 作 者

Prateek Mehta（个人主页为 pixdip.com/admin/about.html）目前正在 Indraprastha 大学攻读信息技术工程学位。同时，他也是一名 Web 和 OpenGL ES 开发者，且正在着手研发一款针对 Apache Flex 的图形开发工具。当前，针对 Blender 几何定义文件的 Perl 解释器，Prateek Mehta 热切地期盼相关合作人员的参与（对应网址为 bitbucket.org/prateekmehta），该解释器在本书中也有所使用。

Prateek 居住于 South West Delhi，除了科技领域之外，他的另一个身份是自由填词人。其业余活动还包括游戏 Counter-Strike，de_dust2 和 de_inferno 是他最钟爱的作战地图，并热衷于 AWP 狙击。

Prateek Mehta 对于栈上溢问题有着浓厚的兴趣，并乐于回答此类问题（归类于 css 和 opengl-es-2.0 之下）。

技术审校者

2000 年，Shane Kirk 在肯塔基大学获得了计算机科学学士学位。目前，他在位于 Westbrook，Maine 的 IDE XXLaboratories 担任软件工程师一职，并利用企业级 Java 进行开发。同时，Shane Kirk 也是一名狂热的 Android 开发者，并为音乐制作者提供移动解决方案。在编码之余，他通常宅居于家中的工作室内，并为其乐队 The Wee Lollies（对应网址为 www.theweelollies.com）的下一张专辑进行筹备工作。

致　　谢

感谢 Steve Anglin 给予我这样一个机会为 Apress 出版社撰写书籍，并打消了此前对出版公司的种种顾虑。目前，我很享受这一过程，并期待着下一次合作，相信这一天很快会到来。

感谢编辑 Tom Welsh 和 Jill Balzano，感谢他们对新晋作者付出的耐心。Jill 对书中的问题进行了整理，我不会忘记我们击掌相庆的那一刻。而 Tom 则引领我对本书内容进行必要的修正，详情可访问 gennick.com/sm.html。

文字编辑 Lori Cavanaugh 对稿件完成了最后的润色工作，而技术审校 Shane Kirk 则对本书提供了有益的见解和建议（我甚至一度无法理解他如何对生活和工作做出如此出色的平衡），在此一并表示感谢。

感谢我的导师 Atul Kumar 和 Alok K. Kushwaha 博士对我的支持和鼓励。

感谢我的好友 Anupam 和 Sheetanshu 在 Android 设备方面提供的支持。另外，还要感谢 Tejas，他出色的摄影技巧为本书增添了极大的色彩。

目　录

第 1 章　新型 API 的优势

本章主要介绍 OepnGL ES 2.0，与早期嵌入式设备的图形渲染 API 相比，其流行趋势呈增长势头，本章也将对此予以解释。关于 OpenGL ES 2.0，相关支持信息源自各大计算机-图形社区，以及嵌入式移动设备供应商，进而确保这种流行趋势的有效性。最后，本章还将讨论如何方便地在 Android 设备上启动 ES 2.0，并创建一个空的表面视图，进而关注游戏开发的实现过程。

本章假设读者了解基于 Eclipse 的 SDK（Android Software Development Kit）构建过程，且针对源自 SDK Manager 的各类 API，熟悉 DK Platform 的安装过程。

1.1　图形渲染 API

OpenGL ES（基于嵌入式系统的开放图形库）可视为嵌入式设备 3D 图形渲染 API（应用程序编程接口），其中包括手机、平板电脑以及游戏机。

作为固定功能管线图形渲染 API，OpenGL ES 1.0 和 ES 1.1 API（统称为 OpenGL ES 1.x）由非营利组织 Khronos Group 发布，且并未向开发人员提供底层硬件的访问能力，其中，大多数渲染功能采取硬编码方式编写，即固定功能图形渲染 API，或固定功能管线。

与 OpenGL ES 1.x API 不同，OpenGL ES 2.0 API 作为可编程图形渲染 API（可编程管线）发布，并通过着色器赋予了开发人员底层硬件的反复问能力（第 3 章将对此加以讨论）。

针对大多数渲染效果，固定功能管线的渲染操作涉及设备所提供的算法，此类算法（及其渲染功能）无法予以适当调整，并针对特定的数据流以及图形卡制定且无法改变。对于 OpenGL ES 1.x API 的固定功能，图形硬件可针对快速渲染进行优化。

相比之下，可编程图形渲染 API 则更加灵活，且适用于通用图形卡。因此，图形开发人员可释放 GPU 的巨大潜能。从技术上讲，可编程管线慢于固定功能管线。然而，鉴于最小通用功能图形卡所提供的灵活性，可编程图形管线的渲染性能可得到极大的提升。OpenGL ES 2.0 结合了 GLSL（OpenGL 着色语言）以及经适当调整后的 OpenGL ES 1.1 子集，并移除了固定功能管线部分。第 3 章将讨论 OpenGL 着色语言。

【提示】GLSL 表示为基于顶点和片元程序设计的 OpenGL 着色语言。其中，着色器定义为可编程管线程序，分别负责顶点标记和颜色填充行为。

与 ES 1.x 相比，OpenGL ES 2.0 中的视觉效果不再受到约束，例如光照/着色效果，图 1.1 显示了基本的着色示例。当然，用户需要将创意理念转换为对应算法，并在图形卡上亲自实现可运行的函数，而这在 ES 1.x 中难以实现。

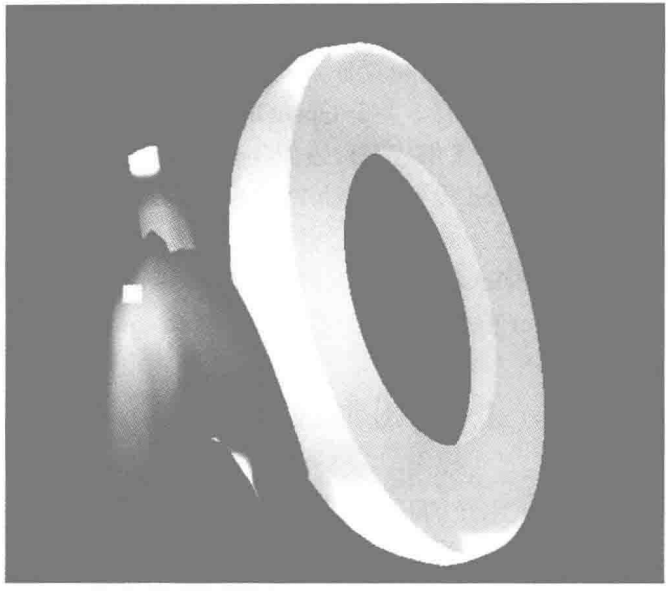


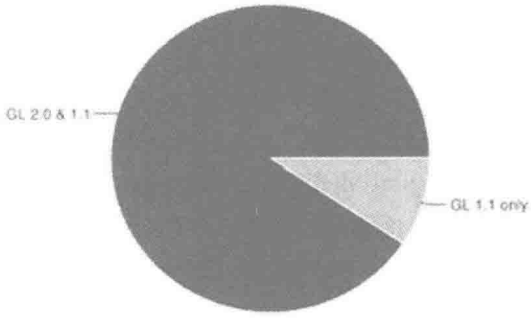
图 1.1　OpenGL ES 2.0 中的 ADS（环境光-漫反射-镜面光）着色效果

OpenGL ES 2.0 源自其超集 OpenGL 2.0 API（桌面级 3D 图形渲染可编程管线）；而作为 OpenGL 的子集，ES 2.0 针对资源受限的显示设备进行优化，例如手机、平板电脑以及游戏机。另外，ES 2.0 仅包含 OpenGL 2.0 API 中最为有效的方法，冗余内容则被移除。类似于其父 API，这也使得手持设备上的 OpenGL ES 2.0 可表现更为丰富的游戏内容。

1.2　设 备 需 求

截止到 2012 年 10 月 1 日，超过 90%的 Android 设备采用了 OenGL ES 2.0 版本。另外，运行 2.0 版本的设备还可仿效 1.1 版本。尽管如此，Android 设备中的某一操作活动无法同时运行两个版本：OpenGL ES 2.0 并未向后兼容 ES 1.x。需要注意的是，虽然操作活动对此无能为力，但应用程序仍可共同使用两个版本（关于 OpenGL ES 在 Android 设备上的分布状态，读者可访问 http://developer.android.com/about/dashboards/index.html。图 1.2 显示了对应的分布图）。

OpenGL ES Version	Distribution
1.1 only	9.2%
2.0 & 1.1	90.8%



Data collected during a 7-day period ending on October 1, 2012

图 1.2　OpenGL 版本分布图

【提示】为了展示 ES 1.x 和 ES 2.0 API 在程序中的应用，本章提供了 GLESACTIVITY 程序的源代码，该应用程序包括两项活动内容，即 Main 和 Second。其中，Main 采用了 ES 1.x 版本，而 Second 则使用了 ES 2.0 版本。若将该应用程序载入至 Eclipse 工作区，可在 File Menu 下选择 Import，并于随后导入 Chapter1 文件夹中的 glesactivity.zip 包文件。

从图 1.2 中可以看到，OpenGL ES 2.0 分布广泛，因为其得到了 CPU 和 GPU 制造商的大力支持（读者可访问 http://www.khronos.org/conformance/adopters/conformant-products# opengles，以获得支持 ES 1.x/2.0 产品的完整的公司列表）。自 2010 年起，下列 GPU/CPU 厂商均提供了基于 Android 的 OpenGL ES 2.0 版本支持：

- NVIDIA。
- AMD。
- Imagination Technologies。
- ARM。
- Texas Instruments。
- STMicroelectronics。

Khronos 提供了免费的应用许可，但相关厂商并未声称某一产品具有“兼容性”，除非相关技术通过一致性测试。下列内容为针对各类嵌入式设备的 OpenGL ES 2.0 实现厂商：

- Intel。
- Marvell。
- NVIDIA。
- Creative Technology Ltd.。

- QUALCOMM。
- MediaTek Inc.。
- Apple, Inc.。
- NOKIA OYJ。
- Digital Media Professionals。
- Panasonic。

【提示】虽然大多数嵌入式平台采用了 OpenGL ES 2.0，但 Khronos Group 在 2012 年 8 月 6 日宣布，OpenGL ES 3.0 规范极大地提升了 OpenGL ES API 的功能性和便携性。同时，OpenGL ES 3.0 向后兼容 OpenGL ES 2.0，并添加了诸多最新视效。读者可访问 http://www.khronos.org/registry/gles/下载完整的规范和参考资料。

1.3 创建 OpenGL 表面视图

Android SDK 可简化基于 Android 设备的 ES 2.0 应用程序的开发难度。当使用该 SDK 创建此类应用程序时，无须使用到外部库（对于 iPhone 设备的 ES 2.0 开发人员而言，这可视为一项沉重的负担）。

除此之外，还存在另一种 Android ES 2.0 应用程序的开发方式，即使用 NDK（Native Development Kit）。某些时候，与 SDK 相比，NDK 可提升应用程序的运行速度。用户可通过 NDK 使用原生语言，例如 C 和 C++语言。因而可采用应用更为广泛的、采用 C/C++语言编写的库，但复杂度相应有所提升。新晋 ES 2.0 应用程序开发人员可能会感觉难以处理，因而 NDK 或许会起到相反的效果。一般情况下，NDK 可视为高级 Android 开发人员的有效工具。采用 SDK 和 NDK 开发的 ES 2.0 应用程序，二者间的性能差异并不明显。

【提示】NDK 并非面向编码语言，例如，用户偏爱 C/C++语言编写应用程序。相反，NDK 仅出于性能考虑。另外，Dalvik VM 速度也将有所提升，进而减少 SDK 和 NDK 之间的性能差异。

1.4 确定 OpenGL ES 版本

为了进一步描述 Android 设备上 ES 2.0 应用程序的开发简单性，下面将介绍一个相对简单的示例，并创建 OpenGL 表面视图。该视图不同于针对大多数 Android 应用程序创

建的 XML 视图（UI 布局）。第 3 章将对 OpenGL 表面视图进行深入讨论。

在深入介绍该示例之前，用户需要确定当前 Android 设备上的 OpenGL ES 版本。对此，可生成空 Activity，相关步骤如下：

（1）在 Eclipse 工具栏中单击图标并开启安装向导，进而创建新的 Android 项目。

（2）取消选中 Create custom launcher icon 复选框并单击 Next 按钮，如图 1.3 所示。

【提示】或许用户已习惯使用 SDK 的早期版本，其中缺少了新版本中的某些工具。此处，应确保相关工具通过 SDK Manager 安装完毕。若用户离线工作，则应适时更新 SDK。

（3）对于 Create Activity，可选择 BlankActivity 并单击 Next 按钮，仅当针对平板电脑开发应用程序时，方可选择 MasterDetailFlow，如图 1.4 所示。由于本书并不讨论平板电脑的开发过程，因而仅使用 BlankActivity。

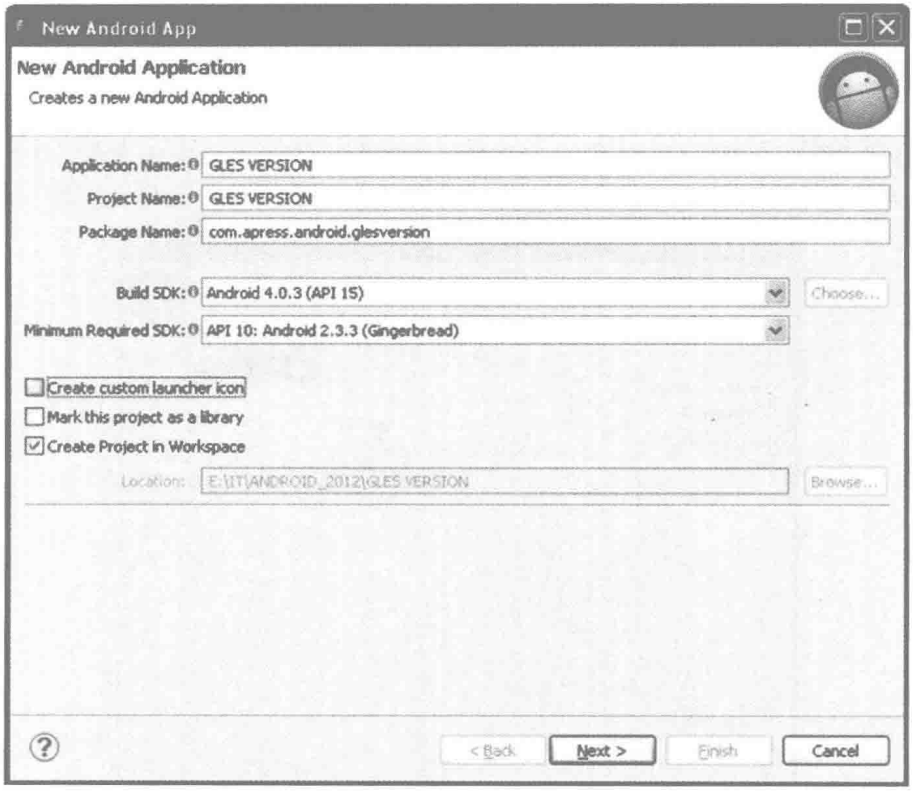


图 1.3　创建新的 Android 应用程序