



邓凡平◎著

Understanding Android Internals: Volume I

深入理解 Android

卷 I



机械工业出版社
China Machine Press

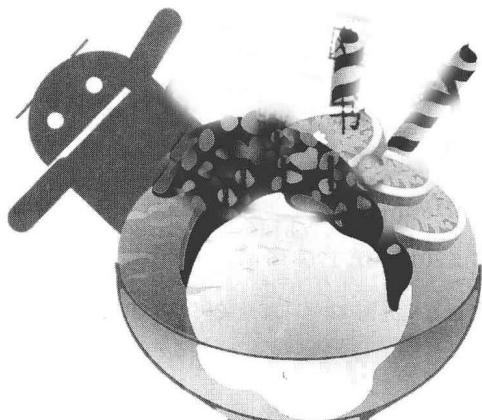
移动开发

Understanding Android Internals: Volume I

深入理解 Android

卷 I

邓凡平◎著



机械工业出版社
China Machine Press

这是一本以情景方式对 Android 的源代码进行深入分析的书。内容广泛，以对 Framework 层的分析为主，兼顾 Native 层和 Application 层；分析深入，每一部分源代码的分析都力求透彻；针对性强，注重实际应用开发需求，书中所涵盖的知识点都是 Android 应用开发者和系统开发者需要重点掌握的。

全书共 10 章，第 1 章介绍了阅读本书所需要做的准备工作，主要包括对 Android 系统架构和源代码阅读方法的介绍；第 2 章通过对 Android 系统中的 MediaScanner 进行分析，详细讲解了 Android 中十分重要的 JNI 技术；第 3 章分析了 init 进程，揭示了通过解析 init.rc 来启动 Zygote 以及属性服务的工作原理；第 4 章分析了 Zygote、SystemServer 等进程的工作机制，同时还讨论了 Android 的启动速度、虚拟机 HeapSize 的大小调整、Watchdog 工作原理等问题；第 5 章讲解了 Android 系统中常用的类，包括 sp、wp、RefBase、Thread 等类，同步类，以及 Java 中的 Handler 类和 Looper 类，掌握这些类的知识后方能在后续的代码分析中做到游刃有余；第 6 章以 MediaServer 为切入点，对 Android 中极为重要的 Binder 进行了较为全面的分析，深刻揭示了其本质。第 7 章对 Audio 系统进行了深入的分析，尤其是 AudioTrack、AudioFlinger 和 AudioPolicyService 等的工作原理。第 8 章深入讲解了 Surface 系统的实现原理，分析了 Surface 与 Activity 之间以及 Surface 与 SurfaceFlinger 之间的关系、SurfaceFlinger 的工作原理、Surface 系统中的帧数据传输以及 LayerBuffer 的工作流程。第 9 章对 Vold 和 Rild 的原理和机制进行了深入的分析，同时还探讨了 Phone 设计优化的问题；第 10 章分析了多媒体系统中 MediaScanner 的工作原理。

本书适合有一定基础的 Android 应用开发工程师和系统工程师阅读。通过对本书的学习，大家将能更深刻地理解 Android 系统，从而自如应对实际开发中遇到的难题。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目 (CIP) 数据

深入理解 Android：卷 I / 邓凡平著. —北京：机械工业出版社，2011.9

ISBN 978-7-111-35762-9

I . 深… II . 邓… III . 移动终端—应用程序—程序设计 IV . TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 176816 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：杨绣国 陈佳媛

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

186mm×240mm·31.75 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-35762-9

定价：69.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379604

读者信箱：hzsj@hzbook.com



近两年来，IT 行业的最热点聚焦到了移动互联网上。PC 时代，WINTEL 联盟成就了英特尔和微软各自的霸业。移动互联网时代，谁将上演新的传奇？新生的 Android 当年仅用短短一年多的时间就跻身全球智能操作系统的三甲行列。在北美市场，如今 Android 已经超过 iOS 和黑莓系统成为老大！Android 势不可挡，ARM+Android 组合的前景一片光明，越来越多的从业者加入了 Android 行列！

与带给人们良好用户体验的 iOS 不一样的是，Android 是一个开放的系统，其所有代码都是开源的。因此，对于开发者而言，不仅可以做到知其然，更可以做到知其所以然！

然而，要想知道其所以然，并不是一件简单的事情。回想当初，我开始接触 Android 的时候，除了 Android 源码外，其他资料甚少。Android 是基于 Linux 的完整操作系统，其代码量让人望而生畏。可以想象，在没有指导的情况下一头扎进操作系统庞大的代码中是一件让人多么痛苦的事情。时间过得很快，Android 生态链已经得到了充分的发展。现在市场上的 Android 资料已经开始泛滥，书籍已经数不胜数。然而，绝大部分书籍只限于讲解 Android 应用的开发（拜 Android 应用 API 所赐），没有深入到系统级的探讨，极少的所谓提供 Android 深入指导的资料也只是浅尝辄止。如果想深入了解 Android 系统，只有华山一条路：自己看 Android 源代码！

正是因为如此，当初凡平告诉我他要系统地整理其深入钻研 Android 源代码的心得时，我表示了强烈的赞同。这是一件极少有人做过的事情，这件事情将给已经或即将跨入 Android 世界的同仁们极大的帮助！这本书里，作者以代码框架为主线，用循序渐进的方式将框架中的

IV

关键点一一剖开，从而给读者一个架构清楚、细节完善的立体展现。另外，凡平还会用他的幽默给正在啃枯燥代码的您带来不少笑意和轻松。毫无疑问，如果您想深入了解 Android 系统，这本书就是您进入 Android 神秘世界的钥匙。

如果您看准了移动互联网的前景，想深入理解 Android，那就让这本书指导您前进吧！

邓必山

2011 年 6 月于北京



虽然前言位于书的最前面，但往往是最后才完成的。至今，本书的撰写工作算是基本完成了，在书稿付梓之前，心中却有些许忐忑和不安，因为拙著可能会存在 Bug。为此，我先为书中可能存在的 Bug 将给大家带来的麻烦致以真诚的歉意。另外，如果大家发现本书存在纰漏或有必要进一步探讨的地方，请发邮件^①给我，我会尽快回复。非常乐意与大家交流。

本书主要内容

全书一共 10 章，其中一些重要章节中还设置了“拓展思考”部分。这 10 章的主要内容是：

第 1 章介绍了阅读本书所需要做的一些准备工作，包括对 Android 整个系统架构的认识，以及 Android 开发环境和源码阅读环境的搭建等。注意，本书分析的源码是 Android2.2。

第 2 章通过 Android 源码中的一处实例深入地介绍了 JNI 技术。

第 3 章围绕 init 进程，介绍了如何解析 init.rc 以启动 Zygote 和属性服务（property service）的工作原理。

第 4 章剖析了 zygote 和 system_server 进程的工作原理。本章的拓展思考部分讨论了 Android 的启动速度、虚拟机 heapsize 的大小调整问题以及“看门狗”的工作原理。

第 5 章讲解了 Android 源码中常用的类，如 sp、wp、RefBase、Thread 类、同步类、Java 中的 Handler 类以及 Looper 类。这些类都是 Android 中最常用和最基本的，只有掌握这些类

^① 我的 E-mail 是 fanping.deng@gmail.com。

的知识，才能在分析后续的代码时游刃有余。

第6章以 MediaServer 为切入点，对 Binder 进行了较为全面的分析。本章拓展思考部分讨论了与 Binder 有关的三个问题，它们分别是 Binder 和线程的关系、死亡通知以及匿名 Service。笔者希望，通过本章的学习，大家能更深入地认识 Binder 的本质。

第7章阐述了 Audio 系统中的三位重要成员 AudioTrack、AudioFlinger 和 AudioPolicyService 的工作原理。本章拓展思考部分分析了 AudioFlinger 中 DuplicatingThread 的工作原理，并且和读者一道探讨了单元测试、ALSA、Desktop check 等问题。通过对本章的学习，相信读者会对 Audio 系统有更深入的理解。

第8章以 Surface 系统为主，分析了 Activity 和 Surface 的关系、Surface 和 SurfaceFlinger 的关系以及 SurfaceFlinger 的工作原理。本章的拓展思考部分分析了 Surface 系统中数据传输控制对象的工作原理、有关 ViewRoot 的一些疑问，最后讲解了 LayerBuffer 的工作流程。这是全书中难度较大的一章，建议大家反复阅读和思考，这样才能进一步深入理解 Surface 系统。

第9章分析了 Vold 和 Rild，其中 Vold 负责 Android 平台中外部存储设备的管理，而 Rild 负责与射频通信有关的工作。本章的拓展思考部分介绍了嵌入式系统中与存储有关的知识，还探讨了 Rild 和 Phone 设计优化方面的问题。

第10章分析了多媒体系统中 MediaScanner 的工作原理。在本章的拓展思考部分，笔者提出了几个问题，旨在激发读者深入思考和学习 Android 的欲望。

本书特色

笔者认为，本书最大的特点在于，较全面、系统、深入地讲解了 Android 系统中的几大重要组成部分的工作原理，旨在通过直接剖析源代码的方式，引领读者一步步深入于诸如 Binder、Zygote、Audio、Surface、Vold、Rild 等模块的内部，去理解它们是如何实现的，以及如何工作的。笔者根据研究 Android 代码的心得，在本书中尝试性地采用了精简流程、逐个击破的方法进行讲解，希望这样做能帮助读者更快、更准确地把握各模块的工作流程及其本质。本书大部分章节中都专门撰写了“拓展思路”的内容，希望这部分内容能激发读者对 Android 代码进行深入研究的热情。

本书面向的读者

(1) Android 应用开发工程师

对于 Android 应用开发工程师而言，本书中关于 Binder，以及 sp、wp、Handler 和 Looper 等常用类的分析或许能帮助你迅速适应 Android 平台上的开发工作。

(2) Android 系统开发工程师

Android 系统开发工程师常常需要深入理解系统的运转过程，而本书所涉及的内容可能正是他们在工作和学习中最想了解的。那些对具体模块（如 Audio 系统和 Surface 系统）感兴趣

的读者也可以直接阅读相关章节的内容。

这里有必要提醒一下，要阅读此书，应具有 C++ 的基本知识，因为本书的大部分内容都集中在了 Native 层。

如何阅读本书

本书是在分析 Android 源码的基础上展开的，而源码文件所在的路径一般都很长，例如，文件 `AndroidRuntime.cpp` 的真实路径就是 `framework/base/core/jni/AndroidRuntime.cpp`。为了书写方便起见，我们在各章节开头把该章所涉及的源码路径全部都列出来了，而在具体分析源码时，则只列出该源码的文件名。下面就是一个示例：

```
[-->AndroidRuntime.cpp]
```

// 这里是源码分析和一些注释。

如有一些需要特别说明的地方，则会用下面的格式表示：

```
[-->AndroidRuntime.cpp:: 特别说明]
```

特别说明可帮助读者找到源码中的对应位置。

另外，本书在描述类之间的关系以及在函数调用流程上使用了 UML 的静态类图以及序列图。UML 是一个强大的工具，但它的建模规范过于烦琐，为更简单清晰地描述事情的本质，本书并未完全遵循 UML 的建模规范。这里仅举一例，如图 1 所示：

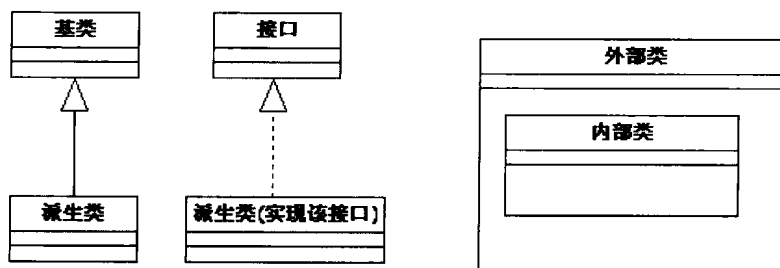


图 1 UML 示例图

如上图所示：

- 画在外部类内部的方框用于表示内部类。
- 接口和普通类用同一种框图表示。

本书所使用的 UML 图都比较简单，读者大可不必花费时间专门学习 UML。

本书的编写顺序，其实应该是 6、5、4、7、8、9、10、2、3、1 章，但出于逻辑连贯性的考虑，还是建议读者按本书的顺序阅读。其中，第 2、5、6 章分别讲述了 JNI、Android 常用类以及 Binder 系统，这些都是基础知识，我们有必要完全掌握。其他部分的内容都是针对单个模块的，例如 Zygote、Audio、Surface、MediaScanner 等，读者可各取所需，分别对其进行研究。



首先要感谢杨福川编辑。本书最初的内容来自我的博客^①，但博客里的文章都没有图，格式也较混乱。是杨编辑最先鼓励我将这些博文整理修改成册，所以我对杨福川编辑的眼光佩服得五体投地。在他的同事杨绣国和白宇的帮助下，我最终才将博客中那些杂乱的文章撰成了今天这本图文并茂、格式工整的书籍。

其次要感谢我的妻子。为写成此书，我几乎将周末所有的时间都花在了工作中，而长时间在生活上对妻子不闻不问。对丈夫呆若木鸡式的冷淡，妻子却给予了最大的宽容。另外，我的岳父母和我的父母亲都给予了我无私的帮助，他们都是平凡而伟大的父母亲。还有我和妻子的亲戚们，他们的宽厚和善良时刻感动着我。

在 IT 职业的道路上，非常感念前东家中科大洋公司的领导和同事们，他们是邓伟先生、刘运红先生、王宁先生等。当初，如果没有他们宽容的接纳和细心的指导，现在我不可能成为一名合格的程序员。

非常感谢我现在供职的单位中科创达公司^②。在这里工作，我常有这样一种感慨：不是所有人都能自己开公司创业的，而又有多少人能够有机会和一个优秀的创业公司一起成长、一起发展呢？创达开明的领导、睿智而富有激情的工作伙伴正是孕育本书的沃土。公司领导赵鸿飞先生、吴安华女士等人更是给予了我最大的肯定和鼓励。

① 个人博客地址：<http://blog.csdn.net/Innost>。

② 中科创达公司主页：www.thunderst.com。

这里要特别提及的是，我的大学同窗，即为本书作序的邓必山先生。如果没有他的推荐，凭自己那份简陋、单薄的简历，是根本无法与 Android 亲密接触的。另外，他还曾在技术和个人发展上给予过我很多的指导，对此，我将永志不忘！

谢谢那些共享 Android 知识的网友们！没有大家前期点滴的奉献，或许我至今还在琢磨着某段代码呢。

最后应感谢的是肯花费时间和精力阅读本书的读者，你们的意见和建议将会是我获得的巨大的精神财富！

邓凡平

2011年6月于北京



第 1 章 阅读前的准备工作 / 1

- 1.1 系统架构 / 2
 - 1.1.1 Android 系统架构 / 2
 - 1.1.2 本书的架构 / 3
- 1.2 搭建开发环境 / 4
 - 1.2.1 下载源码 / 4
 - 1.2.2 编译源码 / 6
- 1.3 工具介绍 / 8
 - 1.3.1 Source Insight 介绍 / 8
 - 1.3.3 Busybox 的使用 / 11
- 1.4 本章小结 / 12

第 2 章 深入理解 JNI / 13

- 2.1 JNI 概述 / 14
- 2.2 学习 JNI 的实例：MediaScanner / 15
- 2.3 Java 层的 MediaScanner 分析 / 16

- 2.3.1 加载 JNI 库 / 16
- 2.3.2 Java 的 native 函数和总结 / 17
- 2.4 JNI 层 MediaScanner 的分析 / 17
 - 2.4.1 注册 JNI 函数 / 18
 - 2.4.2 数据类型转换 / 22
 - 2.4.3 JNIEnv 介绍 / 24
 - 2.4.4 通过 JNIEnv 操作 jobject / 25
 - 2.4.5 jstring 介绍 / 27
 - 2.4.6 JNI 类型签名介绍 / 28
 - 2.4.7 垃圾回收 / 29
 - 2.4.8 JNI 中的异常处理 / 32
- 2.5 本章小结 / 32

第 3 章 深入理解 init / 33

- 3.1 概述 / 34
- 3.2 init 分析 / 34
 - 3.2.1 解析配置文件 / 38
 - 3.2.2 解析 service / 42
 - 3.2.3 init 控制 service / 48
 - 3.2.4 属性服务 / 52
- 3.3 本章小结 / 60

第 4 章 深入理解 zygote / 61

- 4.1 概述 / 62
- 4.2 zygote 分析 / 62
 - 4.2.1 AppRuntime 分析 / 63
 - 4.2.2 Welcome to Java World / 68
 - 4.2.3 关于 zygote 的总结 / 74
- 4.3 SystemServer 分析 / 74
 - 4.3.1 SystemServer 的诞生 / 74
 - 4.3.2 SystemServer 的重要使命 / 77

- 4.3.3 关于 SystemServer 的总结 / 83
- 4.4 zygote 的分裂 / 84
 - 4.4.1 ActivityManagerService 发送请求 / 84
 - 4.4.2 有求必应之响应请求 / 86
 - 4.4.3 关于 zygote 分裂的总结 / 88
- 4.5 拓展思考 / 88
 - 4.5.1 虚拟机 heappsize 的限制 / 88
 - 4.5.2 开机速度优化 / 89
 - 4.5.3 Watchdog 分析 / 90
- 4.6 本章小结 / 93

第 5 章 深入理解常见类 / 95

- 5.1 概述 / 96
- 5.2 以“三板斧”揭秘 RefBase、sp 和 wp / 96
 - 5.2.1 第一板斧——初识影子对象 / 96
 - 5.2.2 第二板斧——由弱生强 / 103
 - 5.2.3 第三板斧——破解生死魔咒 / 106
 - 5.2.4 轻量级的引用计数控制类 LightRefBase / 108
 - 5.2.5 题外话——三板斧的来历 / 109
- 5.3 Thread 类及常用同步类分析 / 109
 - 5.3.1 一个变量引发的思考 / 109
 - 5.3.2 常用同步类 / 114
- 5.4 Looper 和 Handler 类分析 / 121
 - 5.4.1 Looper 类分析 / 122
 - 5.4.2 Handler 分析 / 124
 - 5.4.3 Looper 和 Handler 的同步关系 / 127
 - 5.4.4 HandlerThread 介绍 / 129
- 5.5 本章小结 / 129

第 6 章 深入理解 Binder / 130

- 6.1 概述 / 131

- 6.2 庖丁解 MediaServer / 132
 - 6.2.1 MediaServer 的入口函数 / 132
 - 6.2.2 独一无二的 ProcessState / 133
 - 6.2.3 时空穿越魔术——defaultServiceManager / 134
 - 6.2.4 注册 MediaPlayerService / 142
 - 6.2.5 秋风扫落叶——StartThread Pool 和 join Thread Pool 分析 / 149
 - 6.2.6 你彻底明白了吗 / 152
- 6.3 服务总管 ServiceManager / 152
 - 6.3.1 ServiceManager 的原理 / 152
 - 6.3.2 服务的注册 / 155
 - 6.3.3 ServiceManager 存在的意义 / 158
- 6.4 MediaPlayerService 和它的 Client / 158
 - 6.4.1 查询 ServiceManager / 158
 - 6.4.2 子承父业 / 159
- 6.5 拓展思考 / 162
 - 6.5.1 Binder 和线程的关系 / 162
 - 6.5.2 有人情味的计告 / 163
 - 6.5.3 匿名 Service / 165
- 6.6 学以致用 / 166
 - 6.6.1 纯 Native 的 Service / 166
 - 6.6.2 扶得起的“阿斗”(aidl) / 169
- 6.7 本章小结 / 172

第 7 章 深入理解 Audio 系统 / 173

- 7.1 概述 / 174
- 7.2 AudioTrack 的破解 / 174
 - 7.2.1 用例介绍 / 174
 - 7.2.2 AudioTrack (Java 空间) 分析 / 179
 - 7.2.3 AudioTrack (Native 空间) 分析 / 188
 - 7.2.4 关于 AudioTrack 的总结 / 200
- 7.3 AudioFlinger 的破解 / 200

- 7.3.1 AudioFlinger 的诞生 / 200
- 7.3.2 通过流程分析 AudioFlinger / 204
- 7.3.3 audio_track_cblk_t 分析 / 230
- 7.3.4 关于 AudioFlinger 的总结 / 234
- 7.4 AudioPolicyService 的破解 / 234
 - 7.4.1 AudioPolicyService 的创建 / 235
 - 7.4.2 重回 AudioTrack / 245
 - 7.4.3 声音路由切换实例分析 / 251
 - 7.4.4 关于 AudioPolicy 的总结 / 262
- 7.5 拓展思考 / 262
 - 7.5.1 DuplicatingThread 破解 / 262
 - 7.5.2 题外话 / 270
- 7.6 本章小结 / 272

第 8 章 深入理解 Surface 系统 / 273

- 8.1 概述 / 275
- 8.2 一个 Activity 的显示 / 275
 - 8.2.1 Activity 的创建 / 275
 - 8.2.2 Activity 的 UI 绘制 / 294
 - 8.2.3 关于 Activity 的总结 / 296
- 8.3 初识 Surface / 297
 - 8.3.1 和 Surface 有关的流程总结 / 297
 - 8.3.2 Surface 之乾坤大挪移 / 298
 - 8.3.3 乾坤大挪移的 JNI 层分析 / 303
 - 8.3.4 Surface 和画图 / 307
 - 8.3.5 初识 Surface 小结 / 309
- 8.4 深入分析 Surface / 310
 - 8.4.1 与 Surface 相关的基础知识介绍 / 310
 - 8.4.2 SurfaceComposerClient 分析 / 315
 - 8.4.3 SurfaceControl 分析 / 320
 - 8.4.4 writeToParcel 和 Surface 对象的创建 / 331

- 8.4.5 lockCanvas 和 unlockCanvasAndPost 分析 / 335
- 8.4.6 GraphicBuffer 介绍 / 344
- 8.4.7 深入分析 Surface 的总结 / 353
- 8.5 SurfaceFlinger 分析 / 353
 - 8.5.1 SurfaceFlinger 的诞生 / 354
 - 8.5.2 SF 工作线程分析 / 359
 - 8.5.3 Transaction 分析 / 368
 - 8.5.4 关于 SurfaceFlinger 的总结 / 376
- 8.6 拓展思考 / 377
 - 8.6.1 Surface 系统的 CB 对象分析 / 377
 - 8.6.2 ViewRoot 的你问我答 / 384
 - 8.6.3 LayerBuffer 分析 / 385
- 8.7 本章小结 / 394

第 9 章 深入理解 Vold 和 Rild / 395

- 9.1 概述 / 396
- 9.2 Vold 的原理与机制分析 / 396
 - 9.2.1 Netlink 和 Uevent 介绍 / 397
 - 9.2.2 初识 Vold / 399
 - 9.2.3 NetlinkManager 模块分析 / 400
 - 9.2.4 VolumeManager 模块分析 / 408
 - 9.2.5 CommandListener 模块分析 / 414
 - 9.2.6 Vold 实例分析 / 417
 - 9.2.7 关于 Vold 的总结 / 428
- 9.3 Rild 的原理与机制分析 / 428
 - 9.3.1 初识 Rild / 430
 - 9.3.2 RIL_startEventLoop 分析 / 432
 - 9.3.3 RIL_Init 分析 / 437
 - 9.3.4 RIL_register 分析 / 444
 - 9.3.5 关于 Rild main 函数的总结 / 447
 - 9.3.6 Rild 实例分析 / 447

- 9.3.7 关于 Rild 的总结 / 459
- 9.4 拓展思考 / 459
 - 9.4.1 嵌入式系统的存储知识介绍 / 459
 - 9.4.2 Rild 和 Phone 的改进探讨 / 462
- 9.5 本章小结 / 463

第 10 章 深入理解 MediaScanner / 464

- 10.1 概述 / 465
- 10.2 android.process.media 分析 / 465
 - 10.2.1 MSR 模块分析 / 466
 - 10.2.2 MSS 模块分析 / 467
 - 10.2.3 android.process.media 媒体扫描工作的流程总结 / 471
- 10.3 MediaScanner 分析 / 472
 - 10.3.1 Java 层分析 / 472
 - 10.3.2 JNI 层分析 / 476
 - 10.3.3 PVMediaScanner 分析 / 479
 - 10.3.4 关于 MediaScanner 的总结 / 485
- 10.4 拓展思考 / 486
 - 10.4.1 MediaScannerConnection 介绍 / 486
 - 10.4.2 我问你答 / 487
- 10.5 本章小结 / 488