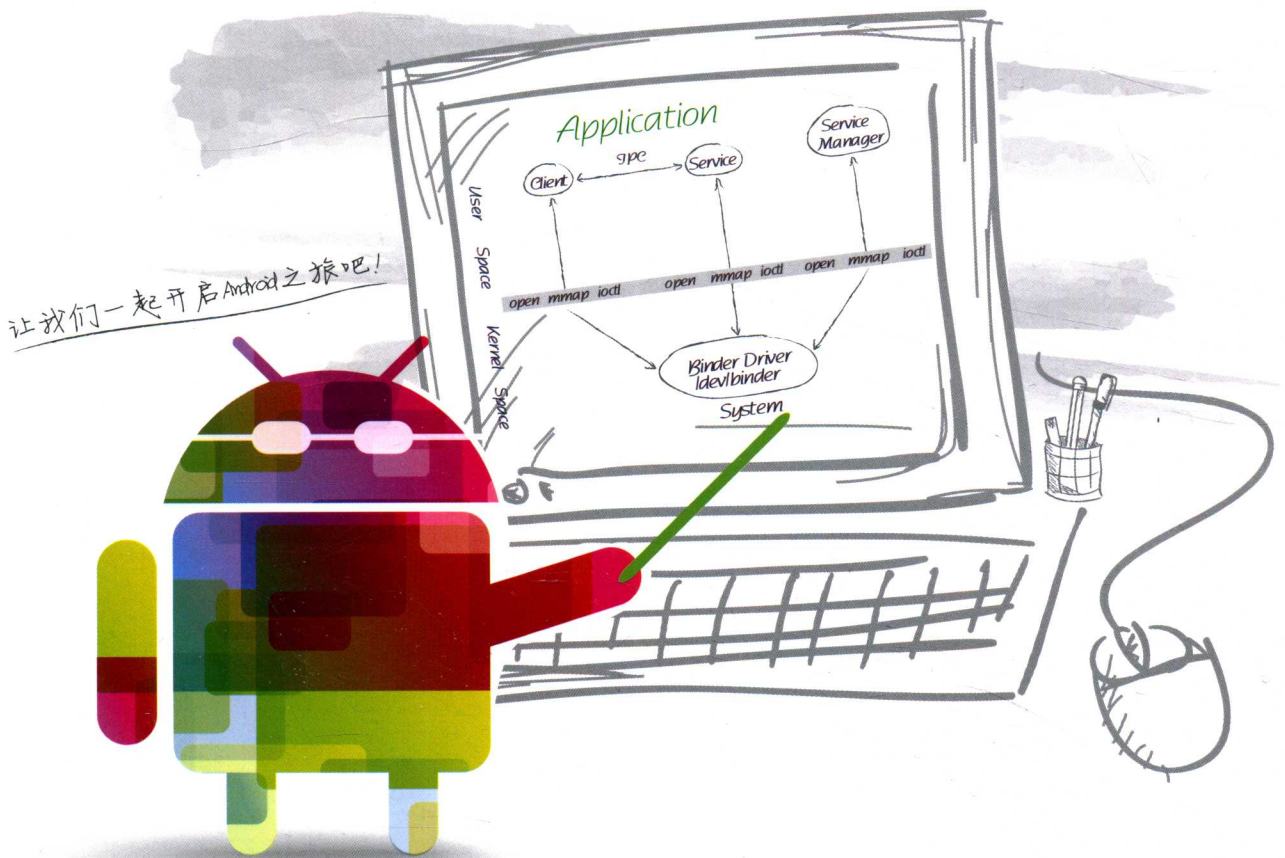


全面、深入、细致地掌握Android系统，引领移动互联网新时代！

Android

系统源代码情景分析 (修订版)

◎ 罗升阳 著 ◎



Android

系统源代码情景分析 (修订版)

◎罗升阳 著◎



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

在内容上，本书结合使用情景，全面、深入、细致地分析了Android系统的源代码，涉及到Linux内核层、硬件抽象层（HAL）、运行时库层（Runtime）、应用程序框架层（Application Framework）以及应用程序层（Application）。

在组织上，本书将上述内容划分为初识Android系统、Android专用驱动系统和Android应用程序框架三大篇。初识Android系统篇介绍了参考书籍、基础知识以及实验环境搭建；Android专用驱动系统篇介绍了Logger日志驱动程序、Binder进程间通信驱动程序以及Ashmem匿名共享内存驱动程序；Android应用程序框架篇从组件、进程、消息和安装四个维度对Android应用程序的框架进行了深入的剖析。

通过上述内容及其组织，本书使读者既能从整体上把握Android系统的层次结构，又能从细节上掌握每一个层次的要点。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

Android系统源代码情景分析 / 罗升阳著. —修订版. —北京：电子工业出版社，2016.1
ISBN 978-7-121-27547-0

I. ①A… II. ①罗… III. ①移动终端—应用程序—程序设计 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第268108号

策划编辑：符隆美

责任编辑：葛娜

印刷：北京京科印刷有限公司

装订：三河市皇庄路通装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036

开本：850×1168 1/16 印张：52.5 字数：1570千字

版次：2016年1月第1版

印次：2016年1月第1次印刷

印数：3000册 定价：129.00元（含光盘1张）

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

Android系统自2008年9月发布第一个版本1.0以来，截至2015年9月发布最新版本6.0，一共存在十多个版本。本书2012年10月发布第1版时，选择了Android 2.3的源代码来分析Android系统的实现，主要是因为就当时而言，它的基础架构是最稳定的，而且也是使用最广泛的。

本书的特点是通过情景来分析Android源代码，目标是让读者阅读了本书之后，能够自己去阅读和分析Android源代码。自第1版发布以来，本书经历了6次复印，得到了读者的热烈反馈和建议。基于这些反馈和建议，本应根据Android最新发布版本6.0对本书进行升级，但是思虑再三，还是选择了原来的Android 2.3来修订本书，原因如下：

(1) Android版本更新很快。即使根据当前的最新发布版本更新本书，等到本书发布时，内容也会落后最新发布版本的一到两个版本。

(2) 本书涉及的内容都是Android系统的核心基础架构。这些内容在后来的版本中，都是灵魂般地稳定存在。例如，智能指针、HAL、Binder IPC和四大组件管理等。

(3) 技术发展日新月异，但是万变不离其宗。掌握了本书的内容，可以更好地学习和理解Android系统的其他模块。笔者就是在本书内容的基础上对UI系统、Dalvik虚拟机、构建系统、SEAndroid安全机制、ART虚拟机和Chromium浏览器进行研究的 (<http://blog.csdn.net/luoshengyang>)，起到的效果是事半功倍的。

基于上述原因，根据读者的52个反馈和建议 (<http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8116866>)，重新修订了本书，希望本书能够继续为有志于深入研究Android的读者服务。同时也非常感谢读者的反馈和建议，你们的支持是笔者持续研究和分享Android系统技术的动力所在。由于提供反馈和建议的读者众多，这里不能一一列出，具体可以参考上述的反馈和建议链接，笔者由衷地感谢！

本书内容

全书分为初识Android系统篇、Android专用驱动系统篇和Android应用程序框架篇三个部分。

初识Android系统篇包含三个章节的内容，主要介绍Android系统的基础知识。第1章介绍与Android系统有关的参考书籍，以及Android源代码工程环境的搭建方法；第2章介绍Android系统的硬件抽象层；第3章介绍Android系统的智能指针。读者可能会觉得奇怪，为什么一开始就介绍Android系统的硬件抽象层呢？因为涉及硬件，它似乎是一个深奥的知识点。其实不然，Android系统的硬件抽象层无论是从实现上，还是从使用上，它的层次都是非常清晰的；而且从下到上涵盖了整个Android系统，包括Android系统在用户空间和内核空间的实现。内核空间主要涉及硬件驱动程序的编写方法，而用户空间涉及运行时库层、应用程序框架层及应用程序层。因此，尽早学习Android系统的硬件抽象层，有助于我们从整体上去认识Android系统，以便后面可以更好地分析它的源代码。在分析

Android系统源代码的过程中，经常会碰到智能指针，第3章我们就重点分析Android系统智能指针的实现原理，也是为了后面可以更好地分析Android系统源代码。

Android专用驱动系统篇包含三个章节的内容。我们知道，Android系统是基于Linux内核来开发的，但是由于移动设备的CPU和内存配置都要比PC低；因此，Android系统并不是完全在Linux内核上开发的，而是在Linux内核里面添加了一些专用的驱动模块来使它更适合于移动设备。这些专用的驱动模块同时也形成了Android系统的坚实基础，尤其是Logger日志驱动程序、Binder进程间通信驱动程序，以及Ashmem匿名共享内存驱动程序，它们在Android系统中被广泛地使用。在此篇中，我们分别在第4章、第5章和第6章分析Logger日志系统、Binder进程间通信系统和Ashmem共享内存系统的实现原理，为后面深入分析Android应用程序的框架打下良好的基础。

Android应用程序框架篇包含十个章节的内容。我们知道，在移动平台中，Android系统和iOS系统比的是谁的应用程序更丰富、质量更高、用户体验更好，谁就能取得最终的胜利。因此，每个平台都在尽最大努力吸引第三方开发者来为其开发应用程序。这就要求平台必须提供良好的应用程序架构，以便第三方开发者可以将更多的精力集中在应用程序的业务逻辑上，从而开发出数量更多、质量更高和用户体验更好的应用程序。在此篇中，我们将从组件、进程、消息和安装四个维度来分析Android应用程序的实现框架。第7章到第10章分析Android应用程序四大组件Activity、Service、Broadcast Receiver和Content Provider的实现原理；第11章和第12章分析Android应用程序进程的启动过程；第13章到第15章分析Android应用程序的消息处理机制；第16章分析Android应用程序的安装和显示过程。学习了这些知识之后，我们就可以掌握Android系统的精髓了。

本书特点

本书从初学者的角度出发，结合具体的使用情景，在纵向和横向上对Android系统的源代码进行了全面、深入、细致的分析。在纵向上，采用从下到上的方式，分析的源代码涉及了Android系统的内核层（Linux Kernel）、硬件抽象层（HAL）、运行时库层（Runtime）、应用程序框架层（Application Framework）以及应用程序层（Application），这有利于读者从整体上掌握Android系统的架构。在横向上，从Android应用程序的组件、进程、消息和安装四个维度出发，全面地剖析Android系统的应用程序框架层，这有利于读者深入地理解Android应用程序的架构以及运行原理。

目 录

第1篇 初识Android系统

第1章 准备知识	2
1.1 Linux内核参考书籍	2
1.2 Android应用程序参考书籍	3
1.3 下载、编译和运行Android源代码	3
1.3.1 下载Android源代码	4
1.3.2 编译Android源代码	4
1.3.3 运行Android模拟器	5
1.4 下载、编译和运行Android内核源代码	6
1.4.1 下载Android内核源代码	6
1.4.2 编译Android内核源代码	7
1.4.3 运行Android模拟器	8
1.5 开发第一个Android应用程序	8
1.6 单独编译和打包Android应用程序模块	11
1.6.1 导入单独编译模块的mmm命令	11
1.6.2 单独编译Android应用程序模块	12
1.6.3 重新打包Android系统镜像文件	12
第2章 硬件抽象层	13
2.1 开发Android硬件驱动程序	14
2.1.1 实现内核驱动程序模块	14
2.1.2 修改内核Kconfig文件	21
2.1.3 修改内核Makefile文件	22
2.1.4 编译内核驱动程序模块	22
2.1.5 验证内核驱动程序模块	23
2.2 开发C可执行程序验证Android硬件驱动程序	24
2.3 开发Android硬件抽象层模块	26
2.3.1 硬件抽象层模块编写规范	26
2.3.2 编写硬件抽象层模块接口	29

2.3.3	硬件抽象层模块的加载过程	33
2.3.4	处理硬件设备访问权限问题	36
2.4	开发Android硬件访问服务	38
2.4.1	定义硬件访问服务接口	38
2.4.2	实现硬件访问服务	39
2.4.3	实现硬件访问服务的JNI方法	40
2.4.4	启动硬件访问服务	43
2.5	开发Android应用程序来使用硬件访问服务	44
第3章	智能指针	49
3.1	轻量级指针	50
3.1.1	实现原理分析	50
3.1.2	应用实例分析	53
3.2	强指针和弱指针	54
3.2.1	强指针的实现原理分析	55
3.2.2	弱指针的实现原理分析	61
3.2.3	应用实例分析	67
第2篇 Android专用驱动系统		
第4章	Logger日志系统	74
4.1	Logger日志格式	75
4.2	Logger日志驱动程序	76
4.2.1	基础数据结构	77
4.2.2	日志设备的初始化过程	78
4.2.3	日志设备文件的打开过程	83
4.2.4	日志记录的读取过程	84
4.2.5	日志记录的写入过程	88
4.3	运行时库层日志库	93
4.4	C/C++日志写入接口	100
4.5	Java日志写入接口	104
4.6	Logcat工具分析	110
4.6.1	基础数据结构	111
4.6.2	初始化过程	115
4.6.3	日志记录的读取过程	127
4.6.4	日志记录的输出过程	132
第5章	Binder进程间通信系统	144
5.1	Binder驱动程序	145

5.1.1	基础数据结构	146
5.1.2	Binder设备的初始化过程	164
5.1.3	Binder设备文件的打开过程	165
5.1.4	Binder设备文件的内存映射过程	166
5.1.5	内核缓冲区管理	173
5.2	Binder进程间通信库	183
5.3	Binder进程间通信应用实例	188
5.4	Binder对象引用计数技术	196
5.4.1	Binder本地对象的生命周期	197
5.4.2	Binder实体对象的生命周期	201
5.4.3	Binder引用对象的生命周期	204
5.4.4	Binder代理对象的生命周期	209
5.5	Binder对象死亡通知机制	212
5.5.1	注册死亡接收通知	213
5.5.2	发送死亡接收通知	216
5.5.3	注销死亡接收通知	221
5.6	Service Manager的启动过程	224
5.6.1	打开和映射Binder设备文件	226
5.6.2	注册为Binder上下文管理者	227
5.6.3	循环等待Client进程请求	231
5.7	Service Manager代理对象的获取过程	238
5.8	Service组件的启动过程	244
5.8.1	注册Service组件	245
5.8.2	启动Binder线程池	289
5.9	Service代理对象的获取过程	291
5.10	Binder进程间通信机制的Java接口	300
5.10.1	Service Manager的Java代理对象的获取过程	300
5.10.2	Java服务接口的定义和解析	310
5.10.3	Java服务的启动过程	313
5.10.4	Java服务代理对象的获取过程	320
5.10.5	Java服务的调用过程	323
第6章	Ashmem匿名共享内存系统	327
6.1	Ashmem驱动程序	328
6.1.1	基础数据结构	328
6.1.2	匿名共享内存设备的初始化过程	330
6.1.3	匿名共享内存设备文件的打开过程	332
6.1.4	匿名共享内存设备文件的内存映射过程	334
6.1.5	匿名共享内存块的锁定和解锁过程	336
6.1.6	匿名共享内存块的回收过程	344
6.2	运行时库cutils的匿名共享内存访问接口	345
6.3	匿名共享内存的C++访问接口	349

6.3.1	MemoryHeapBase	349
6.3.2	MemoryBase	359
6.3.3	应用实例	364
6.4	匿名共享内存的Java访问接口	370
6.4.1	MemoryFile	370
6.4.2	应用实例	375
6.5	匿名共享内存的共享原理	386

第3篇 Android应用程序框架

第7章	Activity组件的启动过程	392
7.1	Activity组件应用实例	392
7.2	根Activity组件的启动过程	398
7.3	子Activity组件在进程内的启动过程	432
7.4	子Activity组件在新进程中的启动过程	440
第8章	Service组件的启动过程	443
8.1	Service组件应用实例	443
8.2	Service组件在新进程中的启动过程	451
8.3	Service组件在进程内的绑定过程	463
第9章	Android系统广播机制	486
9.1	广播机制应用实例	487
9.2	广播接收者的注册过程	493
9.3	广播的发送过程	501
第10章	Content Provider组件的实现原理	524
10.1	Content Provider组件应用实例	525
10.1.1	ArticlesProvider	525
10.1.2	Article	535
10.2	Content Provider组件的启动过程	550
10.3	Content Provider组件的数据共享原理	573
10.3.1	数据共享模型	573
10.3.2	数据传输过程	576
10.4	Content Provider组件的数据更新通知机制	596
10.4.1	注册内容观察者	597
10.4.2	发送数据更新通知	603

第11章	Zygote和System进程的启动过程	611
11.1	Zygote进程的启动脚本	611
11.2	Zygote进程的启动过程	614
11.3	System进程的启动过程	622
第12章	Android应用程序进程的启动过程	630
12.1	应用程序进程的创建过程	630
12.2	Binder线程池的启动过程	639
12.3	消息循环的创建过程	641
第13章	Android应用程序的消息处理机制	645
13.1	创建线程消息队列	645
13.2	线程消息循环过程	650
13.3	线程消息发送过程	655
13.4	线程消息处理过程	660
第14章	Android应用程序的键盘消息处理机制	667
14.1	键盘消息处理模型	667
14.2	InputManager的启动过程	670
14.2.1	创建InputManager	670
14.2.2	启动InputManager	673
14.2.3	启动InputDispatcher	675
14.2.4	启动InputReader	677
14.3	InputChannel的注册过程	688
14.3.1	创建InputChannel	689
14.3.2	注册Server端InputChannel	697
14.3.3	注册系统当前激活的应用程序窗口	701
14.3.4	注册Client端InputChannel	706
14.4	键盘消息的分发过程	709
14.4.1	InputReader获得键盘事件	710
14.4.2	InputDispatcher分发键盘事件	717
14.4.3	系统当前激活的应用程序窗口获得键盘消息	727
14.4.4	InputDispatcher获得键盘事件处理完成通知	743
14.5	InputChannel的注销过程	746
14.5.1	销毁应用程序窗口	747
14.5.2	注销Client端InputChannel	756
14.5.3	注销Server端InputChannel	758

第15章 Android应用程序线程的消息循环模型	764
15.1 应用程序主线程消息循环模型	765
15.2 与界面无关的应用程序子线程消息循环模型	766
15.3 与界面相关的应用程序子线程消息循环模型	769
第16章 Android应用程序的安装和显示过程	778
16.1 应用程序的安装过程	778
16.2 应用程序的显示过程	814

第1篇 初识Android系统

Linux内核的鼻祖Linus在回答一个Minix系统¹的问题时，第一句话便是“Read The Fucking Source Code”。这句话虽然颇有调侃的味道，但是它道出了阅读源代码的重要性。由于Android系统的源代码是开放的，因此，认识Android系统的最好方法莫过于阅读它的源代码。

我们知道，Android系统是基于Linux内核来开发的，因此，在阅读它的源代码之前，需要掌握Linux内核的基础知识。有了Linux内核的基础知识之后，就可以下载Android源代码来阅读。阅读Android源代码时，宜采用动静结合的方法。所谓静，就是研究和思考源代码的实现；而所谓动，就是通过运行系统来证实自己对源代码的研究和思考。运行系统并不是单纯地将系统运行起来就可以了，还需要亲自动手编写一些应用程序来验证系统的行为。因此，在第1章中，我们首先介绍几本Linux内核的经典参考书籍，然后介绍如何搭建Android源代码工程环境，最后介绍如何在Android源代码工程环境中开发应用程序。

在阅读Android源代码之前，首先需要从整体上了解Android系统的架构。Android系统大致可以划分为五个层次，它们分别是Linux内核层、硬件抽象层、运行时库层、应用程序框架层和应用程序层。其中，硬件抽象层从实现到使用上涉及这五个层次，因此，在第2章中，我们通过具体的实例来介绍Android系统的硬件抽象层，以便对Android系统的实现层次有一个感性的认识。

虽然Android应用程序是使用Java语言来开发的，但是在Android应用程序框架层中，有相当多的一部分代码使用C++语言来编写，在阅读这些C++代码时，经常会碰到智能指针。Android系统的智能指针对于C++开发者来说，是比较容易理解的；但是对于Java开发者来说，就比较苦涩了。因此，在第3章中，我们继续通过具体的实例来分析Android系统的智能指针实现原理。

1 Minix是一个类UNIX的操作系统，见<http://en.wikipedia.org/wiki/MINIX>。

第 1 章

准备知识

Android系统的源代码非常庞大和复杂，我们不能贸然进入，否则很容易在里面迷失方向，进而失去研究它的信心。为了有条不紊地对Android系统的源代码进行全面、深入、细致的分析，我们需要准备一些参考书籍，搭建好Android系统源代码工程环境，以及对Android系统有一个感性认识。

1.1 Linux内核参考书籍

在阅读分析Android系统的源代码时，经常会碰到诸如管道（pipe）、套接字（socket）和虚拟文件系统（VFS）等知识。此外，Android系统通过模块的形式在Linux内核中增加了一些专用的驱动程序，如Logger日志驱动程序、Binder进程间通信驱动程序，以及Ashmem匿名共享内存驱动程序等，这些都是Linux内核的基础知识，涉及进程、内存管理等内容。由于本书的重点是分析Android系统的源代码，因此，下面推荐四本介绍Linux内核基础知识的经典书籍。

（1）*Linux Kernel Development*

这本书的作者是Robert Love，目前最新的版本是第3版。它对Linux内核的设计原理和实现思路提供了一个总览视图，并且对Linux内核的各个子系统的设计目标进行了清晰的描述，非常适合初学者阅读。从软件工程的角度来看，这本书相当于Linux内核的概要设计文档。

（2）*Understanding the Linux Kernel*

这本书的作者是Daniel P. Bovet和Marco Cesati，目前最新的版本是第3版。它对Linux内核的实现提供了更多的细节，详细地描述了内核开发中用到的各种重要数据结构、算法以及编程技巧等，非常适合中、高级读者阅读。从软件工程的角度来看，这本书相当于Linux内核的详细设计文档。

（3）*Linux Device Drivers*

这本书的作者是Jonathan Corbet, Alessandro Rubini和Greg Kroah-Hartman，目前最新的版本是第3版。它更加注重于实际操作，详细地讲解了Linux内核驱动程序的实现原理，对分析Android系统的专用驱动模块有非常大的帮助。

（4）《Linux内核源代码情景分析》

这本书的作者是毛德操和胡希明，是中国人自己编写的一本经典的Linux内核书籍。它最大的特点是从使用情景出发，对Linux内核作了详细的分析，为读者在Linux内核源代码的汪洋大海中指明方向。

1.2 Android应用程序参考书籍

分析Android系统的源代码时，应该带着问题或者目标。要把问题或者目标挖掘出来，最好的方法就是在Android系统中编写应用程序。通过编写Android应用程序，我们可以知道系统提供了哪些功能，并且如何去使用这些功能，进而激发我们去了解这些功能是如何实现的。这样我们就可以获得分析Android系统源代码所需要的问题或者目标。下面推荐两本介绍Android应用程序开发的书籍。

(1) *Professional Android 2 Application Development*

(2) 《Google Android SDK开发范例大全》

这两本书的特点是都使用了大量的例子来描述如何使用Android SDK来开发Android应用程序。我们可以根据实际情况来熟悉Android应用程序的开发方法，主要掌握Android应用程序四大组件（Activity、Service、Broadcast Receiver和Content Provider）的用法。在学习的过程中，如果遇到其他问题，还可以参考官方API文档，其网址为：

<http://developer.android.com/index.html>

1.3 下载、编译和运行Android源代码

目前，Android源代码工程环境只能在Linux系统上使用，本书推荐使用Ubuntu系统。Ubuntu系统是一个广受称道的Linux发行版本，它具有强大的软件包管理系统，并且简单易用，官方下载地址为：

<http://www.ubuntu.com/>

虽然Android源代码工程环境要求Ubuntu系统的最低版本是8.04，但还是建议读者从官方网站上下载最新的版本来安装。

如果读者习惯使用Windows系统，那么就可以考虑先在Windows上安装虚拟机，然后在虚拟机上安装Ubuntu系统。虚拟机推荐使用VMWare，官方网站为：

<http://www.vmware.com/>

安装VMWare时，最好选择6.0以上的版本，因为较旧版本的VMWare在网络连接支持上比较差，而我们在下载Android源代码时，是必须要联网的。

安装好Ubuntu系统之后，我们还需要安装一些工具和依赖包，然后才可以正常下载、编译和运行Android源代码。这些工具和依赖包包括Git和Java SDK等，接下来我们就介绍它们的安装方法。

1. Git工具

Android源代码采用Git工具来管理。Git是一种分布式的源代码管理工具，它可以有效、高速地对项目源代码进行版本管理¹，它的安装方法如下：

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install git-core gnupg
```

2. Java SDK

编译Android源代码时，需要使用到Java SDK，它的安装方法如下：

```
USER@MACHINE:~$ sudo add-apt-repository ppa:ferramroberto/java2
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get update
```

¹ Git工具的使用方法可以参考官方网站<http://git-scm.com/>。

² 由于License问题，官方的JDK 6已经不能在Ubuntu上发布了。因此，现在可能已经无法从下载源ferramroberto上安装JDK 6了。可以选择其他下载源来解决这个问题，或者直接从官方网站下载JDK 6到本地来手动安装。官方JDK 6的下载地址为<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install sun-java6-jre sun-java6-plugin
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install sun-java6-jdk
```

3. 其他依赖包

编译Android源代码时，还需要用到其他的工具包，它们的安装方法如下：

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install flex bison gperf libsdl-dev libesd0-dev libwxgtk2.6-dev
build-essential zip curl valgrind
```

安装好这些工具和依赖包之后，接下来就可以下载、编译和运行Android源代码了。

1.3.1 下载Android源代码

为了方便开发者下载Android源代码，Google提供了一个repo工具。这个工具实际上是一个脚本文件，里面封装了用来下载Android源代码所需要的git命令。它的下载和安装方法如下：

```
USER@MACHINE:~$ wget https://dl-ssl.google.com/dl/googlesource/git-repo/repo
USER@MACHINE:~$ chmod a+x repo
USER@MACHINE:~$ sudo mv repo /bin/
```

安装好repo工具之后，我们就可以创建一个空目录，然后进入到这个目录中执行repo命令来下载Android源代码了。

```
USER@MACHINE:~$ mkdir Android
USER@MACHINE:~$ cd Android
USER@MACHINE:~/Android$ repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest
USER@MACHINE:~/Android$ repo sync
```

下载的过程可能会比较漫长，这取决于网络连接速度，期间还可能会碰到网络中断的现象，这时候只需要重复执行repo sync命令就可以继续下载了。

上述命令下载的是主线上的Android源代码，即最新版本的Android源代码。一般来说，主线上的源代码是正在开发的版本，它是不稳定的，编译和运行时都可能会遇到问题。如果想下载稳定的版本，就需要选择某一个支线上的代码。例如，如果我们想下载Android 2.3.1版本的代码，就可以在运行repo init命令时指定-b选项。

```
USER@MACHINE:~/Android$ repo init -u https://android.googlesource.com/platform/manifest -b
android-2.3.1_r1
```

在本书接下来的内容中，如果没有特别声明，我们所分析的Android源代码都是基于Android 2.3版本的，并且位于~/Android目录中。

1.3.2 编译Android源代码

要编译Android源代码，只需在Android源代码目录下执行make命令就可以了。

```
USER@MACHINE:~/Android$ make
```

第一次编译Android源代码时，花费的时间会比较长，同时也可能会遇到各种各样的问题，这时候一般都可以通过搜索引擎来找到解决方案。例如，如果我们是在32位机器上编译主线上的Android源代码，则会碰到下面这个错误提示。

```
build/core/main.mk:76: *****
build/core/main.mk:77: You are attempting to build on a 32-bit system.
build/core/main.mk:78: Only 64-bit build environments are supported beyond froyo/2.2.
build/core/main.mk:79: *****
```

这时候可以使用关键词“You are attempting to build on a 32-bit system”在搜索引擎上找到解决方案。原来，主线上的Android源代码默认只能在64位的机器上编译，如果在32位的机器上编译，就会出现上述错误提示。如果我们仍然想在32位的机器上编译Android源代码，就可以按照下面方法来修改编译脚本。

(1) 打开build/core/main.mk文件，并且找到下面内容：

```
ifeq ($(BUILD_OS),linux)
    build_arch := $(shell uname -m)
    ifneq (64,$(findstring 64,$(build_arch)))
        $(warning *****)
        $(warning You are attempting to build on a 32-bit system.)
        $(warning Only 64-bit build environments are supported beyond froyo/2.2.)
```

将第3行修改为：

```
ifneq (i686,$(findstring i686,$(build_arch)))
```

(2) 打开external/clearsilver/cgi/Android.mk、external/clearsilver/cs/Android.mk、external/clearsilver/java-jni/Android.mk和external/clearsilver/util/Android.mk这四个文件，并且找到下面内容：

```
# This forces a 64-bit build for Java6
LOCAL_CFLAGS += -m64
LOCAL_LDFLAGS += -m64
```

将后面两行修改为：

```
LOCAL_CFLAGS += -m32
LOCAL_LDFLAGS += -m32
```

经过这样的修改之后，在32位的机器上编译Android源代码产生的问题就可以解决了。

编译成功后，可以看到下面的输出：

```
Target system fs image: out/target/product/generic/obj/PACKAGING/systemimage_intermediates/
system.img
Install system fs image: out/target/product/generic/system.img
Target ram disk: out/target/product/generic/ramdisk.img
Target userdata fs image: out/target/product/generic/userdata.img
Installed file list: out/target/product/generic/installed-files.txt
```

编译结果输出目录为out/target/product/\$(TARGET_PRODUCT)，其中，TARGET_PRODUCT是一个环境变量，它的默认值为generic。

Android源代码编译成功之后，可以执行以下命令将它打包成SDK：

```
USER@MACHINE:~/Android$ make sdk
```

打包成功后，可以看到下面的输出：

```
Package SDK: out/host/linux-x86/sdk/android-sdk_eng.$USER$_linux-x86.zip
```

其中，\$USER\$表示当前登录到系统中的用户名。有了这个SDK包之后，我们就可以在IDE环境中开发Android应用程序了。

1.3.3 运行Android模拟器

Android源代码编译成功之后，我们就可以运行它了。为了方便起见，我们使用Android模拟器emulator来运行编译出来的Android源代码。执行以下命令来启动Android模拟器：


```

USER@MACHINE:~/Android$ export PATH=$PATH:~/Android/out/host/linux-x86/bin
USER@MACHINE:~/Android$ export ANDROID_PRODUCT_OUT=~/Android/out/target/product/generic
USER@MACHINE:~/Android$ emulator

```

Android模拟器位于源代码根目录下的子目录out/host/linux-x86/bin中，因此，为了方便使用，我们把这个目录添加到环境变量PATH中。

启动Android模拟器需要四个文件，它们分别是zImage、system.img、userdata.img和ramdisk.img，其中，前面一个是Linux内核镜像文件，而后面三个是Android系统镜像文件。如果不带任何参数来运行emulator命令，那么Android模拟器默认使用的zImage文件是位于源代码根目录下的子目录out/host/linux-x86/bin中的kernel-qemu文件，而默认使用的system.img、userdata.img和ramdisk.img文件则位于ANDROID_PRODUCT_OUT目录中。ANDROID_PRODUCT_OUT是一个环境变量，我们将它的值设置为Android源代码编译结果输出目录；如果不设置ANDROID_PRODUCT_OUT环境变量，就需要指定上述四个文件来启动Android模拟器，如下所示：

```

USER@MACHINE:~/Android$ emulator -kernel ./prebuilt/android-arm/kernel/kernel-qemu -sysdir ./out/target/product/generic -system system.img -data userdata.img -ramdisk ramdisk.img

```

在本书接下来的内容中，当我们运行不带参数的emulator命令时，如果没有特别声明，都是假设已经设置好PATH和ANDROID_PRODUCT_OUT两个环境变量，其中PATH环境变量包含了~/Android/out/host/linux-x86/bin目录，而ANDROID_PRODUCT_OUT环境变量指向~/Android/out/target/product/generic目录。

Android模拟器emulator启动起来后，它的界面如图1-1所示。

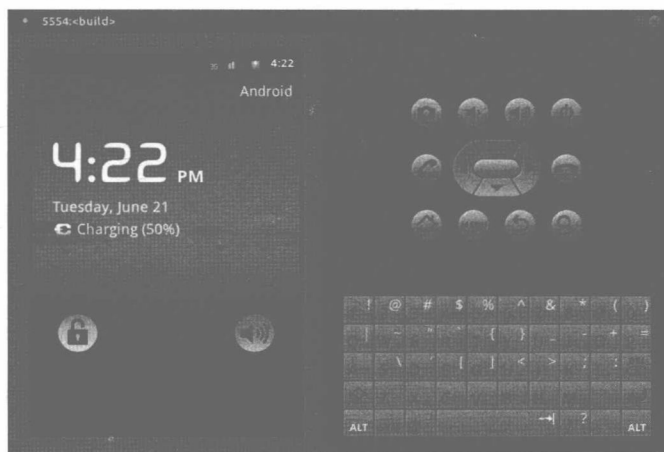


图1-1 Android模拟器界面

1.4 下载、编译和运行Android内核源代码

Android源代码工程默认是不包含它所使用的Linux内核的源代码的，因此，如果我们需要运行定制的Linux内核，就要下载它的源代码，并且对它进行编译。接下来，我们就详细介绍如何为Android模拟器下载、编译和运行Linux内核源代码。

1.4.1 下载Android内核源代码

Android模拟器所使用的Linux内核源代码也是通过Git工具来管理的，不过它不像Android源代码有一个repo脚本工具来支持下载，我们需要手动执行git命令来下载。