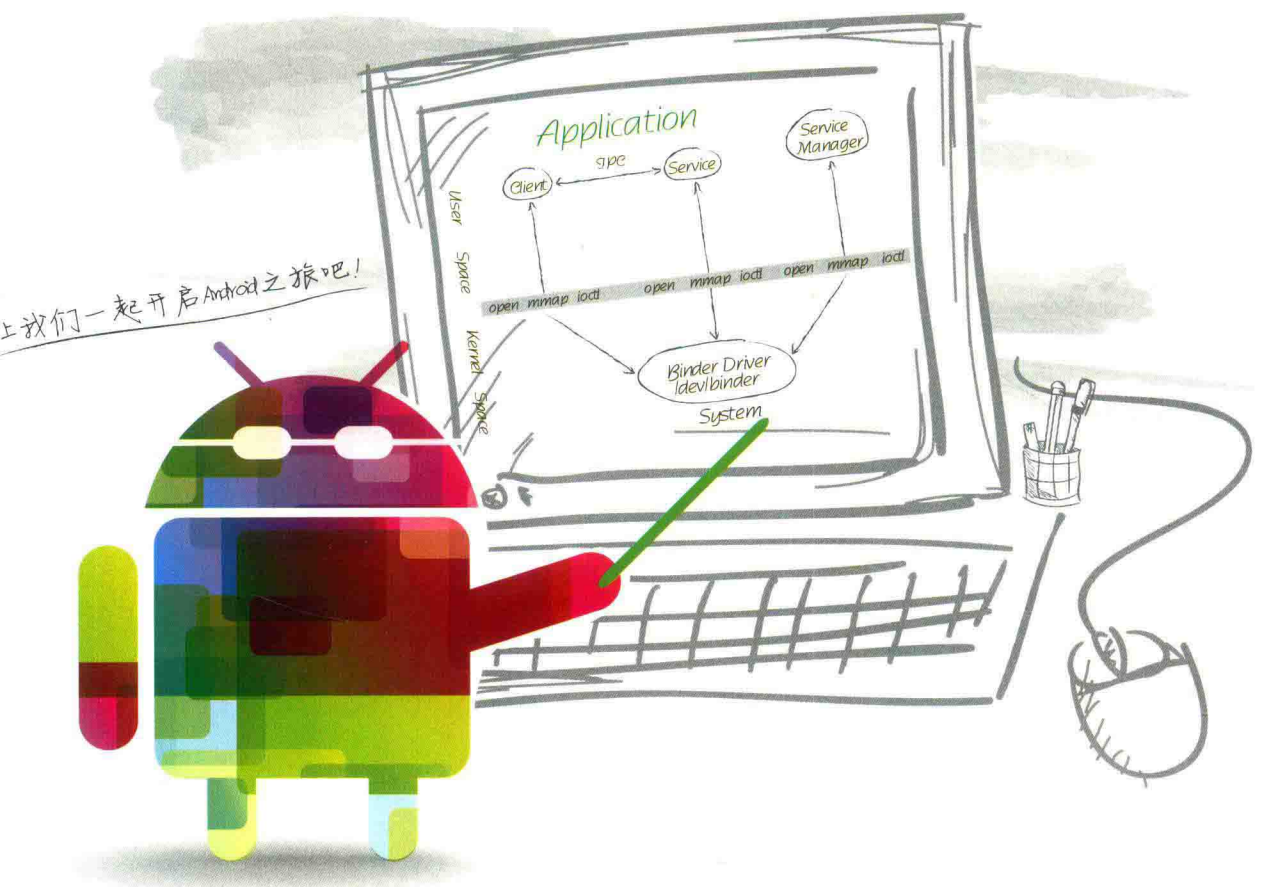
Broadview
www.broadview.com.cn

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（第三版）

◎罗升阳 著◎



中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

Android

系统源代码情景分析（第三版）

◎罗升阳 著◎

電子工業出版社
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）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专用驱动系统及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。

图书在版编目（CIP）数据

Android系统源代码情景分析 / 罗升阳著. — 3版. —北京：电子工业出版社，2017.10
ISBN 978-7-121-32521-2

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（2017）第199928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：三河市华成印务有限公司
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：53　　字数：1585千字
版　　次：2012年10月第1版
　　2017年10月第3版
印　　次：2017年10月第1次印刷
定　　价：129.00元

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）88254888，88258888。

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

本书咨询联系方式：010-51260888-819，faq@phei.com.cn。

前　言

Android系统自2008年9月发布第一个版本1.0以来，截至2016年8月发布最新版本7.0，一共存在十多个版本。本书在2012年10月出版第一版时，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。

本书有两个特点。一是通过使用情景来分析Android源代码。这种方式不仅能使读者带着目标去阅读源代码，还能把系统各个模块有机地联系在一起来理解。二是分析的内容都是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的。例如，智能指针、硬件抽象层（HAL）、匿名共享内存（Ashmem）、Binder IPC和四大组件管理等。

因此，读者阅读了本书之后，能够自行去阅读和分析其他的Android源代码。这种“授人以鱼，不如授人以渔”的效果，正是本书所追求的目标。因为技术发展日新月异，只有掌握了本质和宗旨，才能以不变应万变。

笔者记得2010年学习Linux内核时，一开始就从当时的最新版本（2.6.32）入手，结果犹如跌入茫茫大海之中。高版本的源代码，为了解决和优化一些问题，往往会引进一些复杂的概念，以及增加一些难以理解的代码。对于初学者来说，这些复杂的概念和难以理解的代码，会阻碍他们理解代码的核心思想。后来笔者改为从0.11版本（Linux的第一个基本可以正常运行的内核版本，于1991年发布）入手，才逐渐进入状态。《Linux内核完全注释》这本书，就是以0.11版本为蓝本，对Linux内核进行分析的。

本书自第一版发布以来，经历了6次重印，得到了读者的热烈反馈和建议。基于这些反馈和建议，本书在2015年12月进行了相应的修订。在不到两年的时间内，修订版又经历了4次重印，这充分说明了读者对本书的厚爱。本次修订仍以Android 2.3版本的源代码为蓝本，并且根据读者持续的反馈和建议（http://blog.csdn.net/luoshengyang/article/details/8116866）进行。由于读者提供的反馈和建议众多，这里就不一一列出，具体可以参考上述链接。

同时，本次修订还根据最新的官方文档，优化了Android源代码编译环境搭建的内容，使读者可以简单、快速、准确地初始化好Android源代码编译环境。另外，本次修订还增加了一节内容，介绍如何为真机编译ROM。让自己编译的Android源代码运行在真机上，是一件令人兴奋的事情，一方面，可以加深对Android系统的理解；另一方面，可以随心所欲地定制系统的行为，这不仅可以满足特殊的手机使用需求，还能辅助日常的开发工作。

为了更好地帮助读者理解本书的内容，笔者创建了一个网站（http://0xcc0xcd.com）。该网站会陆续提供一些免费视频，讲解Android系统相关的知识。最后，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。

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、Android源代码工程环境的搭建方法，以及为真机编译ROM的过程；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，这有利于读者深入理解Android应用程序的架构及运行原理。

目　录

第1篇　初识Android系统

读者服务

轻松注册成为博文视点社区用户（www.broadview.com.cn），扫码直达本书页面。

- **下载资源**：本书所提供的示例代码及资源文件，均可在下载资源处下载。
- **提交勘误**：您对书中内容的修改意见可在提交勘误处提交，若被采纳，将获赠博文视点社区积分（在您购买电子书时，积分可用来抵扣相应金额）。
- **交流互动**：在页面下方读者评论处留下您的疑问或观点，与我们和其他读者一同学习交流。

页面入口：http://www.broadview.com.cn/32521

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，官方支持Android源代码在Ubuntu和Mac系统上编译。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/。

不同版本的Android源代码对Ubuntu系统版本的要求不一样，具体如下。

- Android 6.0 (Marshmallow) ~ AOSP master：Ubuntu 14.04 (Trusty)
- Android 2.3.x (Gingerbread) ~ Android 5.x (Lollipop)：Ubuntu 12.04 (Precise)
- Android 1.5 (Cupcake) ~ Android 2.2.x (Froyo)：Ubuntu 10.04 (Lucid)

本书分析的Android源代码版本为2.3.x，因此推荐安装Ubuntu 12.04。另外，如果要安装Ubuntu 14.04，则需要安装64位版本。

如果读者习惯使用Windows系统，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，还需要安装JDK及其他的依赖包，然后才可以正常下载、编译和运行Android源代码。接下来我们就介绍它们的安装方法[1]。

1. JDK

不同版本的Android源代码对JDK版本的要求也不一样，具体如下。

- AOSP master：OpenJDK 8
- Android 5.x (Lollipop) ~ Android 6.0 (Marshmallow)：OpenJDK 7
- Android 2.3.x (Gingerbread) ~ Android 4.4.x (KitKat)：Java JDK 6
- Android 1.5 (Cupcake) ~ Android 2.2.x (Froyo)：Java JDK 5

1 随着Android源代码版本的迭代，对于Ubuntu版本、JDK及其他依赖包都会发生变化，最新的安装指令可以参考官方网站：https://source.android.com/source/initializing。

Java JDK 5和6的官方网站为：http://www.oracle.com。

该网站为Linux提供的JDK有bin和rpm.bin两种包，推荐下载bin包。以JDK 6为例，假设下载文件为jdk-6u45-linux-x64.bin，保存在~/Downloads目录下，执行以下命令进行安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo cp ~/Downloads/jdk-6u45-linux-x64.bin /usr/java/
USER@MACHINE:~$ cd /usr/java
USER@MACHINE:/usr/java$ chmod a+x ./jdk-6u45-linux-x64.bin
USER@MACHINE:/usr/java$ ./jdk-6u45-linux-x64.bin
```

安装完成后，可以通过update-alternatives工具管理JDK，如下所示。

```
USER@MACHINE:~$ sudo update-alternatives -install /usr/bin/java java /usr/java/jdk1.6.0_45/bin/
java 1061
USER@MACHINE:~$ sudo update-alternatives -install /usr/bin/javac javac /usr/java/jdk1.6.0_45/
bin/java 1061
```

如果电脑上也安装了其他版本的JDK，则可以通过以下命令选择所需要的版本。

```
USER@MACHINE:~$ sudo update-alternatives -config java
There are 5 choices for the alternative java (providing /usr/bin/java).
  Selection    Path                                            Priority   Status
------------------------------------------------------------------------------
  0            /usr/java/jdk1.8.0_131/jre/bin/java              1082      auto mode
  1            /usr/java/jdk1.6.0_45/bin/java                   1061      manual mode
* 2            /usr/java/jdk1.8.0_131/bin/java                  1080      manual mode
  3            /usr/java/jdk1.8.0_131/jre/bin/java              1082      manual mode
  4            /usr/lib/jvm/java-7-openjdk-amd64/jre/bin/java   1071      manual mode
  5            /usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64/jre/bin/java   1081      manual mode
Press <enter> to keep the current choice[*], or type selection number: 1
```

输入数字“1”，就可以将系统的java命令指向JDK 6安装目录下的Java文件。

```
USER@MACHINE:~$ sudo update-alternatives -config javac
There are 4 choices for the alternative javac (providing /usr/bin/javac).
  Selection    Path                                          Priority   Status
------------------------------------------------------------------------------
  0            /usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64/bin/javac   1081      auto mode
  1            /usr/java/jdk1.6.0_45/bin/javac               1061      manual mode
* 2            /usr/java/jdk1.8.0_131/bin/javac              1080      manual mode
  3            /usr/lib/jvm/java-7-openjdk-amd64/bin/javac   1071      manual mode
  4            /usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64/bin/javac   1081      manual mode
Press <enter> to keep the current choice[*], or type selection number: 1
```

输入数字“1”，就可以将系统的javac命令指向JDK 6安装目录下的javac文件。

OpenJDK 7和8的下载地址分别如下：

http://archive.ubuntu.com/ubuntu/pool/universe/o/openjdk-7/

http://archive.ubuntu.com/ubuntu/pool/universe/o/openjdk-8/

下载得到一个deb文件，可以使用dpkg命令进行安装。例如，假设下载OpenJDK 8，文件名为openjdk-8-dbg_8u45-b14-1_amd64.deb，保存在~/Downloads目录下，执行以下命令进行安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get update
USER@MACHINE:~$ sudo dpkg -i ~/Downloads/openjdk-8-dbg_8u45-b14-1_amd64.deb
```

在安装过程中如果提示依赖缺失，则可以执行以下命令进行修复安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get -f install
```

2. 其他依赖包

Ubuntu 14.04的依赖包可以执行以下命令进行安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install git-core gnupg flex bison gperf build-essential \
  zip curl zlib1g-dev gcc-multilib g++-multilib libc6-dev-i386 \
  lib32ncurses5-dev x11proto-core-dev libx11-dev lib32z-dev ccache \
  libgl1-mesa-dev libxml2-utils xsltproc unzip
```

Ubuntu 12.04的依赖包可以执行以下命令进行安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install git gnupg flex bison gperf build-essential \
  zip curl libc6-dev libncurses5-dev:i386 x11proto-core-dev \
  libx11-dev:i386 libreadline6-dev:i386 libgl1-mesa-glx:i386 \
  libgl1-mesa-dev g++-multilib mingw32 tofrodos \
  python-markdown libxml2-utils xsltproc zlib1g-dev:i386
USER@MACHINE:~$ sudo ln -s /usr/lib/i386-linux-gnu/mesa/libGL.so.1 /usr/lib/i386-linux-gnu/
libGL.so
```

Ubuntu 10.04的依赖包可以执行以下命令进行安装。

```
USER@MACHINE:~$ sudo apt-get install git gnupg flex bison gperf build-essential \
  zip curl zlib1g-dev libc6-dev lib32ncurses5-dev ia32-libs \
  x11proto-core-dev libx11-dev lib32readline5-dev lib32z-dev \
  libgl1-mesa-dev g++-multilib mingw32 tofrodos python-markdown \
  libxml2-utils xsltproc
```

在上述依赖包中，包含了Git工具。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]。Android源代码就是采用它来管理的。

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，就可以在执行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 Git工具的使用方法可以参考官方网站：http://git-scm.com/。

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