

BUILDING EMBEDDED LINUX SYSTEMS

第二版
涵盖 Real-Time Variants

构建嵌入式

LINUX

系统



KARIM YAGHMOUR,
JON MASTERS,
GILAD BEN-YOSSEF
& PHILIPPE GERUM 著
O'REILLY TAIWAN公司 译
秦云川 改编

中国电力出版社

第二版

构建嵌入式Linux系统

*Karim Yaghmour, Jon Masters,
Gilad Ben-Yossef & Philippe Gerum* 著
O'Reilly Taiwan公司 译
秦云川 改编

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Sebastopol • Taipei • Tokyo

O'Reilly Media, Inc. 授权中国电力出版社出版

中国电力出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

构建嵌入式Linux系统: 第2版/ (加) 亚荷毛尔等著; O'Reilly Taiwan公司译; 秦云川改编. - 北京: 中国电力出版社, 2010.6

书名原文: Building Embedded Linux System, Second Edition

ISBN 978-7-5123-0311-9

I. 构… II. ①亚… ②O… ③秦… III. 计算机网络—安全技术—技术评估 IV. TP393.08

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第064064号

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01-2010-0541号

©2008 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and China Electric Power Press, 2010.
Authorized translation of the English edition, 2008 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由O'Reilly Media, Inc. 出版2008。

简体中文版由中国电力出版社出版2010。英文原版的翻译得到O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

书 名/ 构建嵌入式Linux系统 (第二版)

书 号/ ISBN 978-7-5123-0311-9

责任编辑/ 刘炽

封面设计/ Karen Montgomery, 张健

出版发行/ 中国电力出版社

地 址/ 北京市东城区北京站西街19号汇置通大厦 (邮政编码100005)

经 销/ 全国新华书店

印 刷/ 航远印刷有限公司

开 本/ 787毫米×1092毫米 16开本 26.75印张 500千字

版 次/ 2011年1月第一版 2011年1月第一次印刷

印 数/ 0001—3000册

定 价/ 58.00元 (册)

O'Reilly Media, Inc.介绍

为了满足读者对网络 and 软件技术知识的迫切需求，世界著名计算机图书出版机构 O'Reilly Media, Inc. 授权中国电力出版社，翻译出版一批该公司久负盛名的英文经典技术专著。

O'Reilly Media, Inc. 是世界上在 Unix、X、Internet 和其他开放系统图书领域具有领导地位的出版公司，同时也是联机出版的先锋。

从最畅销的 *The Whole Internet User's Guide & Catalog*（被纽约公共图书馆评为20世纪最重要的50本书之一）到 GNN（最早的Internet门户和商业网站），再到 WebSite（第一个桌面PC的Web服务器软件），O'Reilly Media, Inc. 一直处于Internet发展的最前沿。

许多书店的反馈表明，O'Reilly Media, Inc. 是最稳定的计算机图书出版商——每一本书都一版再版。与大多数计算机图书出版商相比，O'Reilly Media, Inc. 具有深厚的计算机专业背景，这使得 O'Reilly Media, Inc. 形成了一个非常不同于其他出版商的出版方针。O'Reilly Media, Inc. 所有的编辑人员以前都是程序员，或者是顶尖级的技术专家。O'Reilly Media, Inc. 还有许多固定的作者群体——他们本身是相关领域的技术专家、咨询专家，而现在编写著作，O'Reilly Media, Inc. 依靠他们及时地推出图书。因为 O'Reilly Media, Inc. 紧密地与计算机业界联系着，所以 O'Reilly Media, Inc. 知道市场上真正需要什么图书。

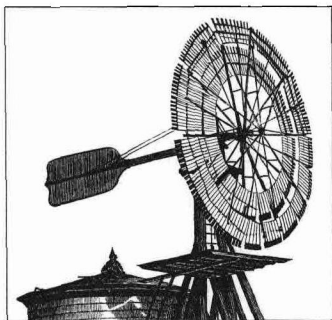
目录

前言	1
第1章 概述	13
定义	14
嵌入式Linux系统的实际应用	17
设计与实现的方法	36
第2章 基本概念	41
主机的类型	42
主机/目标开发设置类型	46
主机/目标调试设置类型	49
嵌入式Linux系统的一般架构	51
系统启动过程	54
引导配置类型	54
系统的存储器配置	57
第3章 所支持的硬件	60
处理器架构	60
总线与接口	68
I/O	76
存储设备	82
通用网络	84
工业级网络	87

系统监控	89
第4章 开发工具	90
实际的项目工作空间	92
GNU跨平台开发工具链	94
C程序库的替代品	118
Java.....	133
Perl	135
Python.....	138
其他程序语言	139
Eclipse	139
终端仿真程序	152
第5章 内核方面的考虑	159
选择内核	160
设定内核配置	164
编译内核	168
安装内核	170
实地测试	172
第6章 根文件系统的内容.....	175
根文件系统的基本结构	175
程序库	179
内核模块	185
内核映像	185
设备文件	186
主要的系统应用程序.....	196
定制应用程序.....	203
系统初始化.....	204
第7章 储存设备管理.....	211
MTD所支持的设备	211
磁盘设备	235

是否启用交换功能	237
第8章 根文件系统的设置	238
嵌入式设备的文件系统类型	238
使用经NFS挂载的根文件系统将文件系统映像写入Flash设备	256
放在RAM disk上的磁盘文件系统	257
Rootfs与Initramfs	258
选择文件系统的类型与布局	261
处理软件升级的问题	265
第9章 设置bootloader	274
嵌入式bootloader	275
网络引导的服务器设置	279
使用U-Boot	285
第10章 设置网络服务	301
网络配置	302
Busybox	303
通过DHCP动态配置	303
Internet Super-Server	305
使用SNMP进行远程管理	309
使用Telnet进行网络登录	312
使用SSH进行安全通信	314
通过HTTP提供Web内容	318
资源的提供	322
第11章 调试工具	324
Eclipse	325
以gdb进行应用程序调试	326
追踪	331
性能分析	335
存储器调试	343

关于硬件工具	347
第12章 实时Linux入门	349
什么是实时处理?	349
你的Linux应该支持实时吗?	350
共同的实时内核要求	353
实时计算技术的典型用户	355
Linux通往实时之路	357
第13章 Xenomai实时系统	361
将传统RTOS的应用程序移植到Linux	362
Xenomai的架构	363
Xenomai的运行原理	371
实时驱动程序模型	375
结语	381
第14章 实时补丁	383
将中断转换成线程	384
优先权继承	394
以RT Patch设定内核配置	397
高分辨率定时计数器	403
latency tracer	406
结语	413



前言

当本书第一版的作者——Karim Yaghmour于1997年任职一家硬件制造公司的时候，曾率先提议在嵌入式系统中使用Linux，他的建议在当时不仅令人感到惊讶，也受到某些质疑。现在，大多数嵌入式系统若不是已经在使用Linux，就是正在考虑使用Linux。的确，有不少大公司及政府机关在其嵌入式软件的需求上逐渐依赖Linux。

本书第一版颇受欢迎，但自本书第一版发行以来，Linux内核与相应的工具取得了不少的进展，这使得Linux更具吸引力。其中最主要的是，出现了若干的实时扩展与配套环境，这会在本书第二版最后3章加以探讨。

此外，由于本书第一版、热心的开放源码与自由软件程序员已经简化了GNU/Linux套件（此处之所以提到GNU，是因为要建立有效的Linux系统，需要用到来自GNU这个自由软件计划的工具）的构建与安装程序，因此本书第二版会介绍许多令人感到惊奇的高级工具，包括Eclipse以及用于替嵌入式Linux系统“打造构建工具”的各种工具。不过，我们仍会提供大量的底层信息给那些有需要的人，以协助您了解它们在背后用到了哪些辅助工具。

要跟上Linux各部分与相关工具的爆炸性进展，最好的办法就是由研究嵌入式与实时Linux相关问题的专家来告诉你。因此，本书第二版的作者加入了几位GNU/Linux社群中关键的参与者，包括了那些进行内核开发或建立相关项目的人士。

本书的特点

Linux在一些嵌入式应用的成功，引发广泛的兴趣和热烈的反响，这导致了“嵌入式Linux”相关文章、网站、公司及文件的泛滥。除了一闪即逝的公告、杂志里的文章、数

以百计的项目和产品外，都宣告了将Linux运用于嵌入式系统的轻而易举，然而正在探索有用指引的专业开发者们，却仍在为用于建立嵌入式Linux系统的基本方法和技术寻觅答案。

目前大部分的文件都只着重如何使用各类套装、即用的跨平台开发工具以及目标二进制代码（target binary）（译注1）。有的文件则只局限在如何在嵌入式目标上运行Linux。

本书与现有的文件不同，除了你想要使用的Linux之外，它并不会假定你手边有哪些工具，或是限定项目的范围。本书只会要你通过Internet连接下载必要的套件、浏览特定的在线文件，以及通过项目的邮件论坛（mailing list）与其他开发者一起分享经验。你还需要一部开发主机，以及目标硬件的说明文件，但不会要求你向任何厂商购买任何产品或服务。

除了提供最大的自由度，以及让你掌控自己的设计之外，这么做最接近带头在嵌入式系统中使用Linux的先驱者们所采取的方式。这些先驱者对Linux所做的事，本质上包括将Linux拆开以符合应用的需要，以及根据他们的目的来定义Linux。因此，Linux突破嵌入式世界的方式不同于许多软件厂商将其产品扩展至新应用领域的做法。身为嵌入式系统开发者的你可能会发现，与厂商所贩卖的产品相比，Linux更容易应用到你的设计中。

本书的做法就是提供所有的细节，以及讨论在嵌入式系统中使用Linux时将会遇到的各种困境，让你能够把Linux应用在设计中。虽然本书的内容不可能涵盖所有的嵌入式设计，但是书中所提供的资源却可让你轻易获得必要的信息，使你能够在嵌入式系统中定义以及使用Linux。

撰写本书的目的在于拉近“在设计中使用开放源码和自由软件的嵌入式系统开发者”跟“建立和维护这些开放源码和自由软件套件的开发者”之间的距离。尽管有许多主流嵌入式系统开发者（其中不乏高水平的程序设计者）会依赖第三方提供的嵌入式Linux，但他们同时也有机会对其所依赖的开放源码和自由软件项目做出贡献。最后，这种动力可确保Linux持续成为嵌入式系统首选的操作系统。

本书的读者

本书锁定的第一类读者，是那些想要在未来或目前的项目中使用Linux的有经验的嵌入式系统设计者。本书会假定这一类读者已经熟悉开发嵌入式系统所使用的技术和术语，比如交叉编译、进行BDM或JTAG调试，以及如何处理不完善或不完善的硬件。如果你是

译注1： 目标（target）是嵌入式系统的代名词，通常用于软件开发期间，用来区分嵌入式系统与开发主机。目标二进制代码是指开发板上以二进制（0与1）形式存在存储器中供CPU执行的机器代码（machine code）或目标代码（object code）。

这一类的读者，你可能会想要跳过前面一些章节中，与嵌入式系统开发背景知识有关的部分。然而，你可能需要阅读一些前面的章节（尤其是第2章），因此这些章节包含了在嵌入式系统中使用Linux内核的特别提示。

本书锁定的第二类读者，是那些想要熟悉嵌入式Linux系统开发工具和技术的无经验的嵌入式系统开发者。然而，本书并非嵌入式系统的入门书，不过若你想探究本书所讨论到的一些课题，你可以参考一些入门性质的书籍。

如果你是个对Linux已经很熟悉的玩家或系统管理员，本书应该可以协助你自行定义Linux的安装。例如，若你发现到发行套件安装了过多的包，而你想要从零开始定制发行套件，本书有许多部分应该可以派上用场，特别是第6章的内容。

最后，本书应该可以协助那些想要了解如何建立与操作Linux系统的程序设计者或Linux的热衷者。尽管本书并未说明如何建立一般用途发行套件，不过本书所提到的许多技术，在一定程度上，可以与用于定义嵌入式Linux安装的一般用途发行套件相媲美。

本书的范畴及背景知识

要在嵌入式系统中展现Linux的最佳能力，你需要具备以下背景知识（这些知识在许多书籍中都交代得很清楚）：

嵌入式系统

一般而言，你必须熟悉嵌入式系统的开发、程序设计和调试，这包括软件和硬件两方面。

Unix系统管理

你必须能够胜任各种的系统管理工作，比如硬件的配置、系统的设定、维护，以及利用shell命令脚本让管理工作自动化。

Linux设备驱动程序

你必须知道如何对各种Linux设备驱动程序进行开发及调试。

Linux内核的运行原理

你必须尽可能地了解内核的运行原理。

GNU软件开发工具

你必须具备有效利用GNU工具的能力，这包括了解许多常被认为是晦涩难懂的选项和工具程序。

本书会假定你至少熟悉基本概念中所论述的每个项目。另一方面，阅读本书，你无须知道，例如，Linux设备驱动程序是如何建立的，或与嵌入式系统开发有关的每一件事。翻

阅本书的时候，若看到符合你的嵌入式系统中的Linux用法，你可能会觉得需要取得与这个Linux用法的进一步信息。

尽管本书只讨论如何在嵌入式系统中使用Linux，但是对想要在嵌入式系统中使用BSD的开发者来说，多少会有一些帮助。不过本书所作的许多说明，都必须依据BSD与Linux间的差异重新进行诠释。

本书的架构

本书由四大部分构成。第一部分由第1~3章组成。这3章的内容涵盖构建任何嵌入式Linux系统必备的基本知识。尽管这3章并未提到任何实现程序，不过它们都是构建嵌入式Linux系统时不可或缺的知识。

第二部分由第4~9章组成。这几章的内容都非常重要，其中安排了用来构建任何嵌入式Linux系统的基本步骤。不管你的系统的用途或功能是什么，都必须阅读这几章的内容。

第三部分（也就是本书第一版的最后一个部分）由第10和11章组成。虽然这两章所包含的内容都很重要，不过并非构建嵌入式Linux系统的要素。

本书最后一个部分由第12~14章组成。这3章对实时（real-time）这个问题做了深入的探讨，其中包括实时的不同应用，以及何时应该考虑各种实现品以及可用的变形。我们很幸运和荣幸能够邀请到“Xenomai”以及“Linux内核的RT patch”的实现者来撰写这几章的内容。

第1章，概述，将深入嵌入式Linux系统的世界。本章首先会介绍基本定义，接着会探讨嵌入式Linux系统的实际问题，包括从嵌入式系统的观点来探讨开放源码（open source）和自由软件（free software）的版权问题。然后会介绍本书其他部分将会用到的范例系统，以及本书将会用到实现方法。

第2章，基本概念，用于描述构建任何嵌入式Linux系统时所必须具备的基本概念。

第3章，所支持的硬件，完整地介绍了Linux所支持的嵌入式硬件，以及告诉读者何处可以找到实现这些硬件的驱动程序（driver）和子系统（subsystem）。本章还会探讨处理器的架构、总线 and 接口、I/O、储存设备、一般用途的网络功能、工业等级的网络功能，以及系统监控。

第4章，开发工具，将说明如何安装与使用各种用于构建嵌入式Linux系统的开发工具。这包括了探讨如何将Eclisp设备用于嵌入式Linux开发，以及如何从零开始构建与安装

GNU工具链组件。此外还会分节讨论Java、Perl、Python和其他语言，而且有一节会专门探讨可用来与嵌入式目标交互的各种终端仿真器。

第5章，内核方面的考虑，将探讨在嵌入式系统中Linux内核的选择、配置、交叉编译、安装以及使用。

第6章，根文件系统的内容（这一章的内容由Michael Opdenacker负责更新），将说明如何使用本书稍早所提到的组件来构建一个根文件系统，这包括C程序库的安装，以及建立适当的/dev项目。比较值得注意的是，本章的说明涵盖了BusyBox、embutils以及System V init 的安装和使用。

第7章，储存设备管理（这一章的内容由内核开发者David Woodhouse负责更新），将解说如何操作以及为嵌入式Linux系统配置储存设备。本章的重点在于固态储存设备，例如本地的flash设备和DiskOnChip设备，以及MTD子系统。

第8章，根文件系统的设置，将说明如何为嵌入式系统的储存设备设置在第6章所建立的根文件系统。这包括了建立（基于JFFS2、CRAMFS或其他特定设备系统的）文件系统映像，以及通过NFTL使用磁盘形式的文件系统。

第9章，设置bootloader，将针对每个嵌入式Linux架构探讨各种可用的bootloader（引导加载程序）。并且会进一步探讨如何在DiskOnChip设备上使用GRUB以及U-Boot。此外还包含以BOOTP/DHCP、TFTP和NFS进行网络引导。

第10章，设置网络服务，会把重点放在提供各种网络服务（比如S设备P、SSH和HTTP）的软件套件的配置、安装和使用。

第11章，调试工具（这一章的内容由Michael Boerner负责更新），将探讨为嵌入式Linux系统开发软件时可能遭遇到的主要调试问题。这包括了在跨平台开发环境中使用gdb、使用Eclipse、进行追踪、性能分析以及存储调试。

第12章，实时Linux入门，将说明实时功能的价值，同时讨论你何时需要各种实时功能以及可以使用Linux达到实时行为的各种方法。本章的作者是Xenomai Real-Time System的创立者与维护者Philippe Gerum。

第13章，Xenomai实时系统（本章的作者也是Philippe Gerum）为如何以Xenomai达到实时目标以及如何与嵌入式Linux有效地结合提供了一个高层次的视图。

第14章，实时补丁，Linux内核的RT修补类似于Xenomai，本章将会说明如何启用它的功能。本章的作者是此修补的关键开发者Steven Rostedt。

尽管第7~9章看起来像是各自独立的，不过它们的内容却高度地关连。举例来说，要了

解第7章所探讨的目标储存设备的配置，必须先了解第8章所探讨的目标文件系统的结构，反之亦然。此外，储存设备的配置还必须先了解第9章所探讨的bootloader的设置与操作，反之亦然。因此，在执行这几章所提到的任何操作之前，建议各位先将第7~9章一口气读完。这样当你设置目标系统的时候，你才有办法按照这几章所描述的程序进行操作。

本书所用到的硬件

正如我们将在第3章所见到的一样，Linux支持了各式各样的硬件。由于篇幅有限，本书只能选用几种嵌入式系统作为各种程序的测试平台。这些系统中有些是主流市场上的商品，例如OpenMoko-based NEO 1973。我刻意将它们列入，主要是让有兴趣的读者可以轻易找到用来学习建立嵌入式Linux系统的材料。当然，你也可以使用老旧的x86 PC来作实验，不过这样比较没意思就是了。

为了解说可以使用Linux的各种目标架构，我在各章所举的范例，会刻意使用不同的目标硬件。尽管各章的说明基于不同的架构，不过各章所提到的命令却可同时应用到其他架构上。例如，若某章所举的例子中需要用到arm-linux-gcc命令（用于ARM的gcc编译器），则只要将它代换成powerpc-linux-gcc命令，就可以将这个例子应用到PPC目标架构上。若某章所列出的架构不止一个，则其所探讨的主要架构会列在第一个。例如，第5章所举的命令范例，会将重点放在PowerPC上，而与ARM有关的命令只会提到几个。

除非特别声明，否则主机的架构总是不同于目标的架构。举例来说，虽然第4章所提到的是以PPC主机为x86目标构建工具。不过只要稍微或不需修改，相同指令就可以在SPARC或S/390上面执行。请注意，本书前几章大部分的内容与架构无关，所以无须提供任何架构专属的命令。

软件的版本

当然，嵌入式Linux系统所依靠的中心软件就是Linux内核。本书将焦点放在2.6版的Linux内核上，尤其是2.6.22。以2.6版为依据所做的变更，大概只会影响到本书前面几章所提供的一些信息。也就是说，新版本所支持的硬件大概会比第3章所列的还多。不过就2.6版来说，本书所提到的基本程序不太可能需要变更。

此外，本书探讨了40种以上开放源码及自由软件套件的配置、安装和使用。每种套件的维护各自独立，而且开发步调也各不相同。因为这些套件会与时俱进，有可能本书所提到的套件的版本，在读者阅读的当时已经过时了。为了降低软件更新对内容所造成的影响，本书会尽可能让内容与版本无关。由于与软件的变动无关，所以全书的结构和各

章的结构不太可能需要更新。再者，本书所提到的许多套件已经问世一段时间，所以它们不太可能会有什么重大的变动。例如，本书所使用的GNU development toolchain（开发工具链），其中各组件的安装、配置和使用方法，相对来说，已经好多年没什么变动了，所以未来也不太可能有任何重大的变动。这同样适用于本书所提到的大多数软件套件。

本书的惯例

等宽字体 (Constant width)

用来表示程序代码的内容或命令的输出，以及程序代码中的关键字。

等宽粗体 (**Constant width bold**)

用来表示用户所键入的文字。

斜体 (*Italic*)

用来表示目录的名称、程序和命令的名称、命令行选项和网址。

注意： 用来表示秘诀、建议或通用注解。

警告： 用来表示警告或注意事项。

使用范例程序

本书的宗旨是协助你搞定工作。一般而言，你可以将本书的程序代码用在你的程序里，或是在文件里提及，而无须要求我们的同意，除非你想大幅度引用。举例来说，使用本书范例里的几个程序片段，无须经过我们的同意；但如果打算将O'Reilly书籍里的范例程序烧录成光盘来销售或散布，则需要许可。引用本书内容或程序片段来回答问题，不需要许可，但如果大量引用本书范例到你的产品说明书里，则需要告知我们。

如果你引用本书（内容或范例程序），我们会感谢你注明出处，但没要求你必须得这么做。如果你愿意，请注明书名、作者、出版公司以及ISBN。例如：“Building Embedded Linux Systems, by Karim Yaghmour, Jon Masters, Gilad Ben-Yossef, and Philippe Gerum. Copyright 2008 Karim Yaghmour and Jon Masters, 978-0-596-52968-0”。

建议和问题

O'Reilly公司是世界性的计算机信息出版公司。我们永远乐意听到读者对出版物的意见，包括如何让本书可以更好的建议、指正本书的错误、或是读者建议本书往后改版时，应该再加进来的其他主题。以下是本公司的联系方式：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

北京市西城区西直门南大街2号成铭大厦C座807室（100035）
奥莱利技术咨询（北京）有限公司

与本书有关的在线信息（可能包括勘误、范例程序、相关链接）：

原文书

<http://www.oreilly.com/catalog/9780596529680>

中文书

<http://www.oreilly.com.cn/book.php?bn=9787508303119>

作者将会替本书架设一个网站：

<http://www.embeddedlinuxbook.org/>

如果读者对本书有所感悟或者存在技术上的问题，请发送邮件至：

bookquestions@oreilly.com

如果了解有关书籍、会议、资源中心以及O'Reilly网络的更多信息，可以访问O'Reilly的Web站点：

<http://www.oreilly.com>

<http://www.oreilly.com.cn>

第一版致谢词

“E quindi uscimmo a riveder le stelle.”（注1），是意大利诗人但丁在《神曲》（Divine Comedy）第一部《地狱篇》（Inferno）的结语。这句话可能会让读者误以为，我撰写本书时没有一点喜悦之情。但丁的这句话明确地表达了我完成你手上这本书当时的感觉。特别是我必须承认，在嵌入式系统中使用Linux的信息多如牛毛，要加以整理谈何容易，更别说将它们一股脑儿全塞进一本书，好告诉读者建立嵌入式Linux系统的实际方法。还好，我背后有许多有能力的人愿意协助我。

首先，要感谢我的编辑Andy Oram。就像协助但丁（Dante）游历灵界的维吉尔（Virgil），Andy带领着我度过撰写本书的每个阶段。除了别的协助之外，他还耐心地纠正我不规范的成语，以确保我的文章不会辞不达意，并且铁面无私地指出哪些章节的内容不够深入。你现在之所以会读到比较好的文章，这都得益于Andy的指教。同样地，我要感谢Ellen Siever，本书一开始是我跟她一起合作的。但是我们的合作关系却在本书完成之前提早结束了，有许多点子最后之所以能够成功放入本书，都要归功于她建设性的建议。

我真地非常幸运，本书能够遇到这么一个杰出的审阅者团队，我非常感谢他们付出大量的时间和精力阅读、改正以及指出本书的种种问题。他们是Erik Andersen、Wolfgang Denk、Bill Gatliff、Russell King、Paul Kinzelman、Alessandro Rubini、David Schleef和David Woodhouse。其中，我特别要感谢Alessandro追求尽善尽美的执着。本书接下来的内容，如果还能找到任何错误，毫无疑问地这都是我的问题。

撰写关于如何在嵌入式系统中使用Linux的书，必须用到许多不同的硬件。这些嵌入式硬件的价钱通常很贵，我要感谢那些提供设备给我使用的公司和个人。我特别要感谢Kontron公司的Stephane Martin，提供了一张Teknor VIPer 806 实验板给我；DENX Software Engineering公司的Wolfgang Denk，提供了一张TQ components TQM860L PPC实验板给我；以及Zee2公司的Steve Papacharalambous和Stuart Hughes，提供了一个uCdim系统给我。

身为开放源码和自由软件社群的用户与贡献者，我屡次受益于社群中其他成员所分享出来的知识与成果，这鼓舞并促成了我撰写本书的意愿。基于此，我要感谢许多人。首先，我要感谢Michel Dagenais教授的信任与指导，让我有机会毫无拘束地去探索这个未经探勘的领域（uncharted terrain）。Linux Trace Toolkit的开发（这是我硕士论文的一部分），让我与开放源码和自由软件社群的关系越来越密切。身为其中的一份子，我遇到了许多洞察力卓越的人，以及受到了许多协助，我非常感激他们。他们是Jacques Ge-

注1：“离开此地，只见闪耀灿烂的满天繁星。”