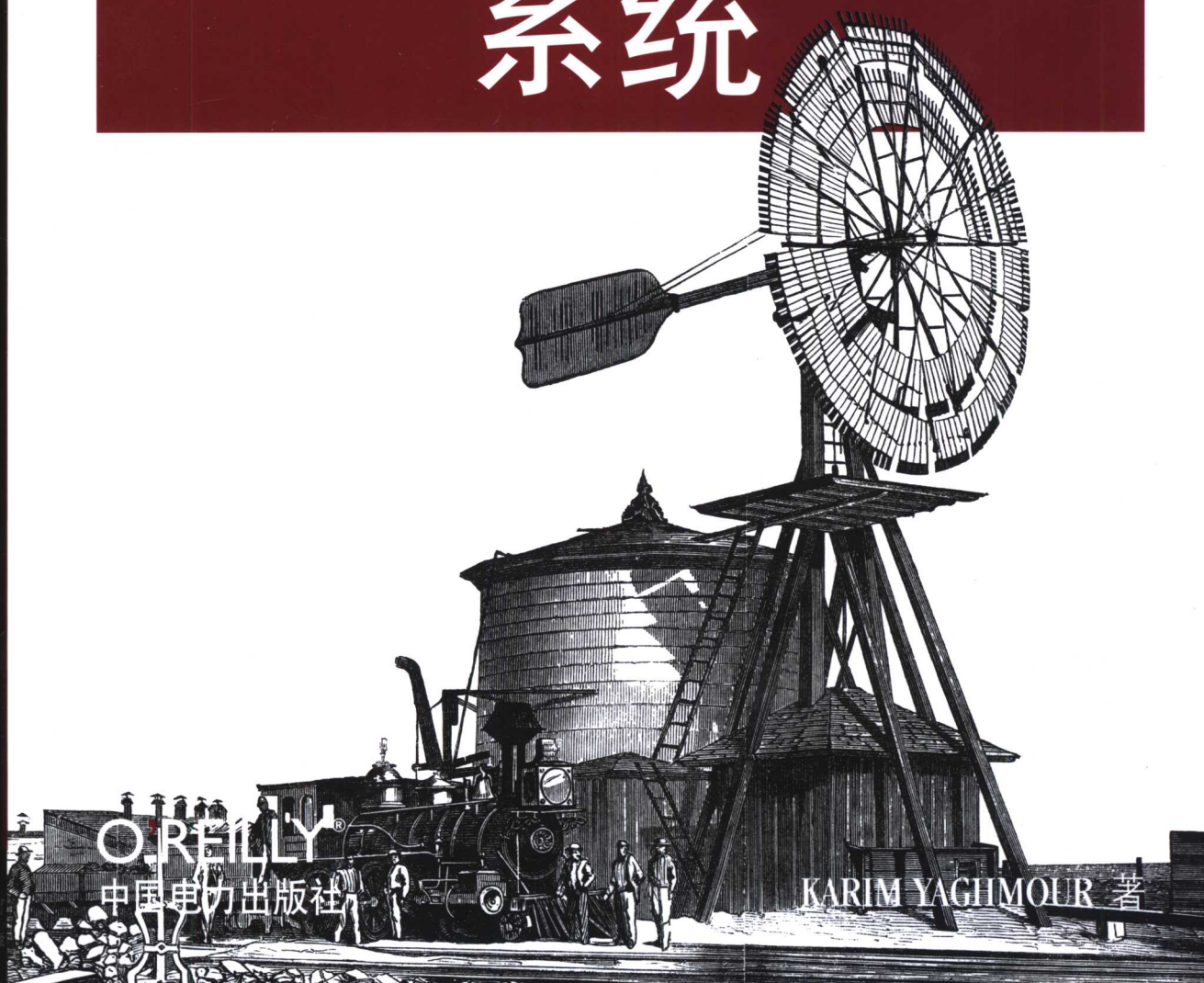


BUILDING EMBEDDED LINUX SYSTEMS

构建嵌入式 LINUX 系统



O'REILLY

中国电力出版社

KARIM YAGHMOUR 著

构建嵌入式 LINUX 系统

Karim Yaghmour 著
O'Reilly Taiwan 公司 译
韩存兵 龚波 改编

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Paris • 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 / (美) 雅默 (Yaghmour, K.) 著; 韩存兵, 龚波改编.

— 北京: 中国电力出版社, 2004

书名原文: Building Embedded Linux Systems

ISBN 7-5083-2754-3

I. 构 ... II. ①雅 ... ②韩 ... ③龚 ... III. Linux 操作系统 IV. TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 112453 号

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01-2005-0824 号

©2003 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and China Electric Power Press, 2004. Authorized translation of the English edition, 2003 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 2003。

简体中文版由中国电力出版社出版 2004。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

书 号 / ISBN 7-5083-2754-3

责任编辑 / 陈维宁

封面设计 / Emma Colby, 张健

出版发行 / 中国电力出版社 (www.infopower.com.cn)

地 址 / 北京三里河路 6 号 (邮政编码 100044)

经 销 / 全国新华书店

印 刷 / 北京市地矿印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 26.5 印张 426 千字

版 次 / 2004 年 12 月第一版 2004 年 12 月第一次印刷

印 数 / 0001-4000 册

定 价 / 48.00 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二十世纪最重要的 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
第一章 概述	11
定义	11
嵌入式 Linux 系统的实际应用	14
以多组件系统为例	39
设计与实现方法	45
第二章 基本概念	50
主机类型	50
主机 / 目标板开发设置的类型	52
主机 / 目标板调试设置的类型	55
嵌入式 Linux 系统的一般架构	56
系统启动过程	58
引导配置的类型	59
系统存储器的设计	62
第三章 所支持的硬件	64
处理器架构	64
总线与接口	71

I/O	81
存储设备	91
通用网络	99
工业级网络	107
系统监控	111
 第四章 开发工具	113
实际项目工作空间的使用	113
GNU 跨平台开发工具链	115
C 链接库的替代品	140
Java	148
Perl	151
Python	153
Ada	154
其他程序语言	155
集成开发环境	156
终端仿真程序	157
 第五章 内核方面的考虑	163
选择内核	163
内核配置	166
编译内核	171
安装内核	173
实地测试	175
 第六章 根文件系统的内容	178
根文件系统的基本结构	178
链接库	182
内核模块	187
内核映像	187

设备文件	188
主要的系统应用程序	190
定制应用程序	198
系统初始化	198

第七章 存储设备管理 205

MTD 支持的设备	205
磁盘设备	229
是否启用交换功能	231

第八章 根文件系统的设置 232

选择文件系统	232
使用经 NFS 安装的根文件系统将文件系统映像写入 flash 设备	236
CRAMFS	237
JFFS2	240
NFTL 上的磁盘文件系统	241
RAM disk 上的磁盘文件系统	242
安装 TMPFS 上的目录	244
在线更新	245

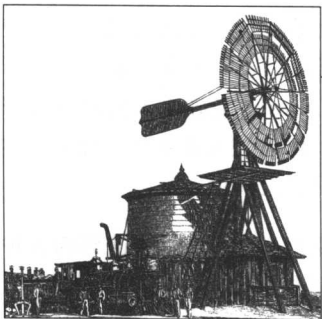
第九章 设置 bootloader 254

各式各样的 bootloader	255
网络引导的服务器设置	261
在磁盘和 CompactFlash 设备上使用 LILO	266
在 DiskOnChip 设备上使用 GRUB	269
U-Boot	273

第十章 设置网络服务 293

Internet Super-Server	293
使用 SNMP 进行远程管理	297

通过 Telnet 进行网络登录	300
使用 SSH 进行安全通信	303
通过 HTTP 提供 Web 内容	309
通过 DHCP 进行动态配置	313
第十一章 调试工具	315
用 gdb 进行应用程序调试	315
跟踪	322
性能分析	330
内存调试	339
关于硬件工具	342
附录一 工作单	345
附录二 资源	361
附录三 重要的版权声明	365
源代码索引	377



前言

我在1997年任职一家硬件厂商的时候，首次提议在嵌入式系统中使用Linux，我的建议在当时不仅令人感到惊讶，也受到某些质疑。现在，在嵌入式系统中使用Linux不再是可笑的事情了。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开始依赖Linux。

Linux在一些嵌入式应用上的成功应用引起了广泛的兴趣和热烈的回应，这导致了“嵌入式Linux”相关文章、网站、公司及文档的泛滥。除了一闪即逝的宣布，杂志里的文章，数以百计的项目和产品，都宣告了将Linux用于嵌入式系统是轻而易举的事情，然而正在探索有用指南的专业开发者们，却仍在为建立嵌入式Linux系统的基本方法和技术寻觅答案。

目前大部分的文档都只着重于如何使用各类套件即跨平台开发工具，以及目标板二进制码(target binary，译注1)。有的文档则只局限在如何在目标板(target board)上运行Linux。

与现有的文档不同，本书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下载必要的套件、浏览特定的在线文档，以及通过项目的邮件论坛与其他开发者一起分享经验。你还需要开发主机以及目标板硬件的说明文件，不会要求你向任何厂商购买任何产品或服务。

译注1：目标板(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。目标板二进制码(target binary)指的是目标板(target board)上以二进制(0与1)形式存在内存中供CPU执行的机器码(machine code)或目标码(object code)。

除了提供最大的自由度并让你掌控自己的设计之外,这么做还最接近在嵌入式系统中使用 Linux 的先驱者们所采用的方式。这些先驱者对 Linux 所做的工作,本质上包括将它拆开以符合应用的需要,并根据其目的对它进行定制。因此, Linux 突破嵌入式世界的方式与许多软件厂商将其产品扩展至新应用领域的做法不同。作为嵌入式系统开发者,你可能会发现,与厂商销售的产品相比, Linux 比较容易应用到设计中。

本书的做法就是提供所有的细节,并讨论在嵌入式系统上使用 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,但是书中提供的资源却可以让你轻易获得必要的信息,使你能够在嵌入式系统上使用 Linux,并对它进行定制。

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的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)会依赖第三方提供他们需要的嵌入式 Linux,但无疑他们也有机会对所依赖的开放源码和自由软件(free software)计划做出贡献。最后,这种动力将可确保 Linux 持续成为嵌入式系统首选的操作系统。

本书对象

本书锁定的第一种读者,是那些想要在未来或目前的计划中使用 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用于开发嵌入式系统的技术和术语,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。如果是这一类读者,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,还是需要阅读一些前面的章节(尤其是第二章),因为这一章包含了在嵌入式系统上使用 Linux 内核的特别提示。

本书锁定的第二种读者,是那些想要熟悉嵌入式 Linux 系统开发工具和技术但没有经验的嵌入式系统开发者。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,可以参考一些入门性质的教科书。本书附录二列出了一些有用的书籍以及信息来源。

如果你是对 Linux 已经很熟悉的高级用户或系统管理员,那么本书应该可以帮助你进行高度定制的 Linux 安装。例如,如果你发现发行套件安装了过多的包,而你想要从头开始建立自己定制的发行套件,本书有许多部分应该可以派上用场,特别是第六章的内容。

最后,本书应该可以帮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的发行套件,不过其所提到的许多技术,在一定程度上可以媲美用来进行定制嵌入式 Linux 安装的一般用途发行套件。

本书范畴及背景知识

要在嵌入式系统中展现 Linux 的最佳性能，需要以下背景知识，这些知识在许多书中都交代得很清楚：

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、硬件两方面。

Unix 系统管理

你必须能够胜任各种系统管理工作，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论述题目中的基本概念。另一方面，阅读本书你不需要知道一些内容，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的 Linux 用法，可能你会觉得需要取得这个 Linux 用法的进一步信息。除了阅读本书时你自己参考的其他书籍，还可以看一看附录二所列的书单，或许会从中找到这些背景知识的进一步信息。

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 间的差异重新诠释。

本书架构

本书由三大部分构成。第一部分由第一到三章组成。这三章的内容涵盖建立任何嵌入式 Linux 系统必备的基本知识。尽管这三章并未提到任何程序，不过它们都是建立嵌入式 Linux 系统时不可或缺的知识。

第二部分由第四到九章组成。这几章的内容都非常重要，其中安排了用来建立任何嵌入式 Linux 系统的必要步骤。不管你的系统的目的或功能是什么，都必须阅读这几章的内容。

第三部分由第十和十一章组成。虽然这两章所包含的内容都很重要，不过并不是建立嵌入式 Linux 系统必需的。

第一章“概述”将会深入嵌入式 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和自由软件版权问题。然后会介绍本书其他部分将会用到的范例系统，以及本书将会用到的实现方法。

第二章“基本概念”用来描述建立任何嵌入式 Linux 系统时必须具备的基本概念。

第三章“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和子系统。本章还会探讨处理器的架构、总线和接口、I/O、存储设备、一般用途的网络功能、工业等级的网络功能，以及系统监控。

第四章“开发工具”将会说明如何安装与使用各种用来建立嵌入式 Linux 系统的开发工具。其中最值得注意的是，如何从头开始建立与安装 GNU 工具链组件。此外还会分节讨论 Java、Perl 和 Python，以及探讨可用来与嵌入式目标板交互的各种终端仿真程序。

第五章“内核方面的考虑”将会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。

第六章“根文件系统的内容”将会说明如何使用本书前面提到的组件来建立根文件系统，包括 C 链接库的安装，以及建立适当的 */dev* 条目。比较值得注意的是，本章的说明涵盖了 BusyBox、TinyLogin、Embutils 和 System V *init* 的安装和使用。

第七章“存储设备管理”将会讲解如何操作以及为嵌入式 Linux 系统配置存储设备。本章将重点放在固态存储设备上，如固有的 flash 和 DiskOnChip 设备，以及 MTD 子系统。

第八章“根文件系统的设置”将会说明如何为嵌入式系统的存储设备设置在第六章建立的根文件系统。这包括建立 JFFS2 和 CRAMFS 文件系统的映像，以及在 NFTL 上使用磁盘形式的文件系统。

第九章“设置 bootloader”将会针对每个嵌入式 Linux 平台探讨各种可用的 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。此外还包含用 BOOTP/DHCP、TFTP 和 NFS 来进行网络引导。

第十章“设置网络服务”会将重点放在各种网络服务（如 SNMP、SSH 和 HTTP）的软件包的配置、安装和使用。

第十一章“调试工具”的内容涵盖了嵌入式 Linux 系统开发软件时可能遇到的主要调试问题。这包含了如何在跨平台（cross-platform）开发环境中使用 *gdb*、进行跟踪、性能分析，以及内存调试。

附录一“工作单”提出了一份可搭配本书一起使用的工作单，可以为嵌入式 Linux 系统提供完整的计划书。

附录二“资源”的内容包含了建立嵌入式 Linux 系统时可供利用的资源。

附录三“重要的版权声明”的内容包含了 Linus Torvalds 与其他内核开发者讨论内核版权、以及非 GPL 版权的二进制内核模块相关问题时的重要信件。

尽管第七到九章看起来像是各自独立的章节，不过它们的内容却高度地关联。举例来说，要了解第七章探讨的目标板存储设备的配置，得先了解第八章探讨的目标板文件系统，反之亦然。此外，存储设备的设置还必须先了解第九章探讨的 *bootloader* 的设置与操作，反之亦然。因此，我建议各位先一口气读完第七到九章，再执行这几章中提到的任何指令。这样当你设定目标板的时候，才有办法按照这几章所描述的程序进行操作。

本书用到的硬件

正如我们在第三章中所见，Linux 支持各式各样的硬件。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。表 P-1 完整地列出了本书将会用到的系统。

这些系统中有些是主流市场上的商品，如 iPAQ 或 Dreamcast。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。例如，Sega 出品的 Dreamcast 游戏机，可以在 eBay 上以低于 50 美元的价格买到。尽管 Dreamcast 使用特殊格式的 CD-ROM 来引导，不过它却是学习 Linux 跨平台开发的最便宜方法之一。当然，也可以使用旧的 x86 PC 来作实验，不过这样就比较没意思了。

表 P-1：本书所用到的目标板系统

架构	系统类型	处理器的 时钟速度	RAM 的大小	存储空间的 大小及类型
PPC	TQ components TQM860L	80 MHz	16 MB	8 MB flash
SuperH	Sega Dreamcast	200 MHz	16 MB	CD-ROM（见正文）
ARM	Compaq iPAQ 3600	206 MHz	32 MB	16 MB flash

表 P-1: 本书所用到的目标板系统 (续)

架构	系统类型	处理器的 时钟速度	RAM 的大小	存储空间的 大小及类型
x86	Kontron Teknor VIPer 806	100 MHz	40 MB	32 MB CompactFlash
x86	COTS ^a Pentium	100 MHz	8 MB	32 MB DiskOnChip

a. 现成的商品。

除了可以在嵌入式系统上运行, Linux 还可以在各种工作站上运行。本书将会用到的主机如表 P-2 所示。尽管 Apple PowerBook 是本书主要的开发主机, 但是在建立基于 x86 的嵌入式目标板时, 还是会用到 x86 主机, 因为有些软件组件无法在非 x86 的主机上为 x86 目标板进行交叉编译。举例来说, GRUB 和 LILO 就必须建立在 x86 主机上。然而, 可以告诉各位的是, 这整本书是在执行 Yellow Dog Linux 发行套件的 PowerBook 主机上写成的。另一个具有象征意义的是, Linux 的版图已经从计算机世界延伸到硬件这个非常不完整的世界了。

表 P-2: 本书用到的主机系统

架构	系统类型	处理器的时钟速度	RAM 的大小	存储空间的大小
PPC	Apple PowerBook	400 MHz	128 MB	> GB 硬盘
x86	Pentium II	350 MHz	128 MB	> GB 硬盘

为了说明可以使用 Linux 的各种目标板架构, 我在各章列举的范例会刻意使用不同的目标板硬件。表 P-3 列出了各章用到的目标板架构。尽管各章的说明基于不同的架构, 不过各章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), 则只要将它替换成 *powerpc-linux-gcc* 命令, 就可以将这个例子应用到 PPC 架构上。表 P-3 中, 若某章列出的架构不止一个, 则探讨的主要架构会列在第一个。例如, 第五章所举的命令范例会将重点放在 ARM 架构上, 与 PPC 架构有关的命令只会提到几个。

虽然表 P-3 列出了各章范例中用到的目标板架构, 但该表并未指出其使用的开发主机, 这是因为使用哪种主机进行开发并无差别。所以除非特别声明, 否则主机的架构总是不同于目标板的架构。举例来说, 虽然第四章所提到的是以 PPC 主机为 x86 目标板建立工具, 不过只要稍做或不做修改就可以在 SPARC 或 S/390 上面执行相同指令。请注意, 本书前几章大部分的内容与架构无关, 所以不需要提供任何架构的专用命令。

表 P-3: 各章范例用到的主要目标板架构

章号	目标板架构
第一章	无
第二章	无
第三章	无
第四章	x86
第五章	ARM、PPC
第六章	PPC
第七章	x86、PPC
第八章	ARM
第九章	PPC、x86
第十章	ARM
第十一章	PPC

软件的版本

当然,嵌入式Linux系统依靠的中心软件就是Linux内核。本书将焦点放在2.4版的Linux内核上,尤其是编号2.4.18的发行版本。以2.4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,新发行版本所支持的硬件大概会比第三章所列的还多。不过就2.4版来说,本书提到的基本任务不太可能会变更。不过当内核的发展越过2.4版进入新的里程碑(亦即2.6版)时,本书提到的某些步骤就有可能需要更新了。

此外,本书探讨了40种以上开放源码及自由软件包的配置、安装和使用。每种软件包的维护各自独立,而且开发步调也各不相同。因为这些软件包会随着时间的推移而发生变化,所以有可能本书提到的软件包的版本等到读者阅读本书的时候已经过时了。为了降低软件更新对内容造成的影响,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改动。再者,本书提到的许多软件包已经问世一段时间了,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开发工具链,其中各组件的安装、设置和使用命令,相对来说,已经好多年没什么变动了,所以未来也不太可能变动。这同样适用本书所提到的大多数软件包。

本书网站

本书提到的软件包有许多都还在持续开发中，这可能会导致必须修正本书的部分内容。于是我自己建立了一个网站为读者提供更新信息以及与本书有关的链接：

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

举例来说，可以到本书网站下载附录一提到的工作单，有 PDF 或 OpenOffice 两种格式。

字体约定

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词。

等宽粗体 (**Constant Width Bold**)

用来表示用户所键入的文字。

斜体 (*Italic*)

用来表示命令行选项、网址，以及文件、目录、程序和命令的名称。

建议与问题

O'Reilly 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、或是读者建议本书改版时应该再加进来的其他主题。以下是本公司的联系资料：

美国：

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

中国：

100080 北京市海淀区知春路 49 号希格玛公寓 B 座 809 室
奥莱理软件（北京）有限公司

与本书有关的在线信息（包括勘误、范例程序、相关链接）：

<http://www.oreilly.com/catalog/belinuxsys/index.html>

如果要对本书进行评论或询问技术问题，请发邮件到：

bookquestions@oreilly.com

info@mail.oreilly.com.cn

最后，您可以在 WWW 上找到我们：

<http://www.oreilly.com>

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

致谢

“E quindi uscimmo a riveder le stelle”（注 1）是意大利诗人但丁在《神曲》第一部《地狱篇》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都塞进一本书来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帮助我。

首先要感谢我的编辑 Andy Oram。就像帮助但丁游历灵界的弗吉尔，Andy 带领我渡过撰写本书的每个阶段。除了别的帮助之外，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 对完美的执着追求。本书接下来的内容，如果还能找到任何错误，毫无疑问地都是我的问题。

撰写关于如何在嵌入式系统使用 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（<http://www.kontron.de/>）的 Sthane Martin 提供了一块 Teknor VIPer 806 实验版给我；DENX Software Engineering 公司（<http://www.denx.de/>）的 Wolfgang Denk

注 1：“离开此地，只见闪耀灿烂的满天繁星。”