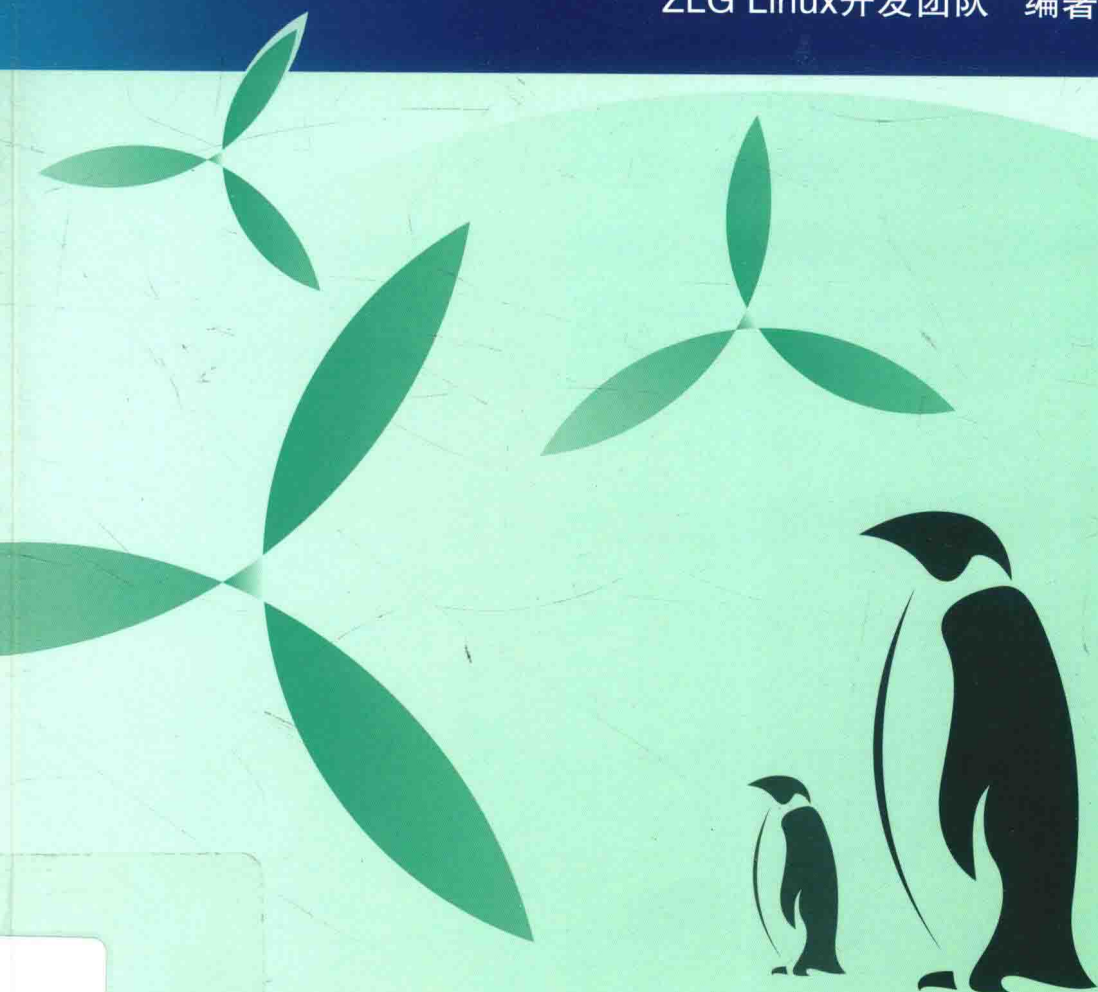


嵌入式Linux 开发教程 (上册)

周立功 主编
ZLG Linux开发团队 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

嵌入式 Linux 开发教程(上册)

周立功 主编
ZLG Linux 开发团队 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是面向嵌入式 Linux 学习和产品开发的入门教程,分 3 篇,共 18 章,围绕嵌入式 Linux 产品开的应用编程展开,内容涵盖 Linux 操作系统介绍、安装和基本使用、嵌入式 Linux 开发平台以及嵌入式 Linux 的应用编程。全面介绍了嵌入式 Linux 产品应用开发的方方面面,包括应用基础、文件和 I/O 操作、进程和线程、外围硬件接口编程、串口编程、网络编程、Qt 编程和 Shell 编程。

本书由浅入深、结构合理、图文并茂,可操作性强,读者可跟着一步步进行操作和学习,非常适合嵌入式 Linux 开发初级工程师及准备往嵌入式 Linux 方向发展的电子工程师和单片机工程师使用,也可作为高校非计算机专业高年级学生学习嵌入式 Linux 的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 Linux 开发教程. 上册 / 周立功主编. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2015. 12
ISBN 978-7-5124-1973-5

I. ①嵌… II. ①周… III. ①Linux 操作系统—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 298242 号

版权所有,侵权必究。

嵌入式 Linux 开发教程(上册)

周立功 主编

ZLG Linux 开发团队 编著

责任编辑 梅栾芳

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京同江印刷有限公司印装各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:34 字数:765 千字

2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1973-5 定价:79.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

时光荏苒,白驹过隙。如果时光能够倒流,回到10年前,对于那时的嵌入式工程师,掌握1~2种单片机,能用汇编或者C编写应用程序,就是合格的嵌入式工程师;倒回到5年前,能掌握1~2种ARM处理器,能用C编写应用程序,同样也是合格的嵌入式工程师。而如今,如果仅仅具备上述技能,恐怕很难成为企业所需要的嵌入式技术核心人才,这绝非危言耸听,笔者就曾见过有的企业招聘硬件工程师要求能写Linux驱动,尽管这只是少数个案,但至少反映了一种趋势。时代的进步迫使我们不得不学习和掌握新的技能,以跟上时代的脚步,适应企业的发展。掌握一种嵌入式操作系统,几乎成为嵌入式工程师的标配技能。在新时期如何转型,也成为摆在很多嵌入式工程师面前的一道难题。嵌入式系统精彩纷呈,一直角逐不断,近些年嵌入式Linux势头强劲,成为事实上的热门。

市面上已经有很多Linux或者嵌入式Linux的书籍,可谓汗牛充栋,但能够让初学者快速掌握嵌入式Linux的“葵花宝典”不多。也正因为此,很多人觉得嵌入式Linux很难,也让不少人望而却步。本书正是为破解这样的困局而写,从浩瀚的Linux知识海洋中,精挑细选,将必要的、最有用的知识点呈现出来。本书不求让读者能够精通嵌入式Linux,只求能帮助读者快速进入嵌入式Linux的大门。所谓“师傅领进门,修行在个人”;本书也不奢望能让读者学到嵌入式Linux的全部,只希望能成为嵌入式工程师往嵌入式Linux道路上转型的领路人。Linux海洋浩瀚无垠,嵌入式Linux也是广袤无边,在嵌入式Linux的世界里,学习只有起点,没有终点。

本书由多位具有多年嵌入式Linux工作经验的资深工程师编写,与工程应用紧密结合,具有以下特色:

取舍有度,针对性强。从始至终都围绕嵌入式Linux开发而展开,抛开无关内容。Linux包罗万象,进行Linux相关开发,如果没有很强的针对性和目的性,很容易在Linux浩瀚的海洋中迷失,如何从中获取最有用的知识并用于学习和产品开发,这需要有人指引。本书就可以提供这样的指引。例如在介绍Linux命令部分,仅仅针对性地介绍了嵌入式Linux开发的常用命令,而不是像一般书籍那样介绍全部的Linux操作命令。

紧贴实际,实用性强。本书所介绍的全部知识点以及工具,都能在实际

应用中发挥有效作用,有不少内容是笔者多年开发经验的积累总结。例如,本书介绍 Linux 的命令,并非遵循常规介绍方式,对命令的各种用法进行逐一介绍,而是根据实际应用,介绍最实用的方法。

图文并茂,可读性强。本书插图分两类,一类用于辅助内容理解,另一类用于直观显示实际操作和结果。配备的插图与内容相得益彰,极大增强了可读感和可读性。

本书分 3 篇共 18 章,各章节内容安排如下:

第一篇 Linux 基础,包括第 1~6 章,是进行嵌入式 Linux 开发的基础,介绍了 Linux 操作系统、安装和使用,还介绍了 Vi 编辑器以及嵌入式 Linux 开发环境的搭建。

第二篇 EasyARM-i.MX283A 开发平台,包括第 7~9 章,介绍本书实际的操作平台,包括平台介绍、基本操作和系统固件烧写等内容。

第三篇 Linux 应用编程,包括第 10~18 章,是本书的重点,全方位阐述了嵌入式 Linux 应用编程,内容涵盖 Linux C 编程、文件 I/O、Linux 进程和线程、外围硬件编程、串口编程、网络编程、Qt 编程以及 Shell 编程等方面。

参与本书规划和编写的人员还有陈锡炳、张波、彭国文、华启延、张展威和沈桂廷等,在此一并表示感谢。

Linux 是一个诞生、发展和壮大于网络的操作系统,网络上有无穷无尽的参考资料,本书在编写过程中也不可避免地参考或者引用了其中的内容,由于无法追溯到原作者,只能在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误,还望读者来信进行批评指正。

周立功

2015 年 11 月 21 日

目 录

第一篇 Linux 基础

第 1 章 Linux 操作系统简介	3
1.1 Linux 内核	3
1.1.1 简介	3
1.1.2 特点	5
1.1.3 内核版本号	7
1.1.4 组成部分	7
1.2 Linux 发行版	11
1.3 嵌入式 Linux	14
1.3.1 嵌入式 Linux 的特点	14
1.3.2 嵌入式 Linux 的产品形态	14
第 2 章 安装 Linux 操作系统	16
2.1 获得 Linux 环境的三种方式	16
2.2 发行版选择和 ISO 下载	17
2.3 VMware Player 软件	18
2.3.1 下载和安装	18
2.3.2 设置虚拟化支持	20
2.4 使用现成的虚拟机	21
2.5 创建和配置虚拟机	25
2.5.1 创建虚拟机	25
2.5.2 虚拟机设置	28
2.6 安装 Ubuntu	30
2.6.1 实体机安装前准备	30
2.6.2 虚拟机安装前准备	32
2.6.3 正式安装 Ubuntu	34
2.7 初识 Ubuntu	38
2.7.1 Ubuntu 桌面	38
2.7.2 输入法	39
2.7.3 系统设置	39
2.7.4 搜索软件 and 文件	40

2.7.5 打开终端	41
2.7.6 安装软件	42
第3章 开始使用 Linux	44
3.1 Linux Shell	44
3.1.1 Shell 是什么	44
3.1.2 Shell 的种类和特点	45
3.2 Linux 常见命令	46
3.2.1 导航命令	47
3.2.2 目录操作命令	49
3.2.3 文件操作命令	53
3.2.4 网络操作命令	63
3.2.5 安装和卸载文件系统	64
3.2.6 使用内核模块和驱动	66
3.2.7 重启和关机	69
3.2.8 其他命令	69
3.3 Shell 文件	72
3.4 Linux 环境变量	72
3.4.1 环境变量	72
3.4.2 修改环境变量	73
第4章 Linux 文件系统	75
4.1 Linux 目录结构	75
4.1.1 Linux 目录树	75
4.1.2 Linux 目录树标准	76
4.2 Linux 的文件	77
4.2.1 Linux 文件结构	77
4.2.2 Linux 文件名称	78
4.2.3 文件类型	79
4.3 Linux 文件系统	80
4.3.1 Ext3 文件系统特点	80
4.3.2 Ext4 文件系统特点	81
4.3.3 其他文件系统	83
第5章 Vi 编辑器	86
5.1 Vi/Vim 编辑器	86
5.2 Vi 的模式	86
5.3 Vim 的安装	87
5.4 启动和关闭 Vi	87
5.5 光标移动	88

5.6 文本编辑	89
5.6.1 文本输入	89
5.6.2 文本处理	90
5.7 配置 Vi	93
5.8 文件对比	95
第 6 章 嵌入式 Linux 开发环境构建	96
6.1 嵌入式 Linux 开发模型	96
6.1.1 交叉编译	96
6.1.2 交叉编译器	97
6.2 安装交叉编译器	97
6.2.1 解压工具链压缩包	98
6.2.2 设置环境变量	99
6.3 SSH 服务器	102
6.3.1 SSH 能做什么	102
6.3.2 安装 SSH 服务器	103
6.3.3 测试 SSH 服务	103
6.3.4 用 Putty 测试	105
6.3.5 用 SSH Secure Shell 测试	107
6.4 NFS 服务器	110
6.4.1 NFS 能做什么	110
6.4.2 安装 NFS 软件包	110
6.4.3 添加 NFS 共享目录	110
6.4.4 启动 NFS 服务	112
6.4.5 测试 NFS 服务器	112
6.5 TFTP 服务器	113
6.5.1 TFTP 能做什么	113
6.5.2 安装配置 TFTP 软件	113
6.5.3 配置 TFTP 服务器	114
6.5.4 启动 TFTP 服务	114
6.5.5 测试 TFTP 服务器	114

第二篇 EasyARM - i. MX283A 开发平台

第 7 章 EasyARM - i. MX283A 开发套件介绍	119
7.1 开发套件简介	119
7.2 硬件资源	120
7.3 软件资源	121
7.4 开发所需配件	122

7.5	产品组装	122
7.6	AP-283Demo 扩展板	124
7.6.1	硬件特性	124
7.6.2	外设接口布局	125
第 8 章	EasyARM-i.MX283A 入门实操	126
8.1	开机和登录	126
8.1.1	启动方式设置	126
8.1.2	供电连接	127
8.1.3	串口硬件连接	127
8.1.4	Windows 环境串口登录	130
8.1.5	Linux 环境串口登录	133
8.2	关机和重启	138
8.3	查看系统信息	138
8.3.1	查看系统内核版本	138
8.3.2	查看内存使用情况	139
8.3.3	查看磁盘使用情况	139
8.3.4	查看 CPU 等的信息	139
8.4	设置开机自动启动	140
8.5	加载驱动模块	141
8.5.1	在 Shell 终端上加载和使用驱动模块	141
8.5.2	在脚本文件中加载和使用驱动模块	141
8.6	网络设置	142
8.7	通过 SSH 登录系统	145
8.8	TF 卡的使用	146
8.9	U 盘的使用	147
8.10	USB Device 的使用	148
8.10.1	把 TF 卡作为虚拟 U 盘的储存空间	148
8.10.2	使用普通文件作为虚拟 U 盘的存储空间	149
8.11	LED 使用	150
8.11.1	LED 的操作接口	150
8.11.2	触发条件设置	150
8.12	蜂鸣器的使用	152
8.13	LCD 背光控制	152
8.14	触摸屏的校准	152
8.15	GPIO 操作	153
8.16	进阶操作	154
8.16.1	挂载 NFS 目录	154

8.16.2 使用 NFS 根文件系统	154
8.16.3 使用 TFTP 启动内核	158
8.16.4 内存文件系统	159
第 9 章 系统固件的烧写	160
9.1 Nand Flash 存储器分区	160
9.2 烧写流程图	160
9.3 格式化 Nand Flash	161
9.3.1 通过 USB Boot 引导格式化 Nand Flash	161
9.3.2 通过 SD Boot 方式格式化 Nand Flash	164
9.4 TF 卡烧写方案	165
9.4.1 TF 卡烧写用的固件	165
9.4.2 制作 TF 启动卡	166
9.4.3 固件烧写步骤	167
9.5 USB 烧写方案	168
9.6 使用网络升级内核或文件系统	172
9.6.1 网络升级用的固件	172
9.6.2 升级步骤	172
9.6.3 故障排除	174

第三篇 Linux 应用编程

第 10 章 Linux C 编程环境	179
10.1 GCC	180
10.1.1 GCC 简介	180
10.1.2 GCC 工具软件	180
10.1.3 GCC 基本使用方法	181
10.1.4 GCC 编译控制选项	187
10.1.5 创建静态库和共享库	191
10.1.6 arm - linux - gcc	192
10.2 GNU make	192
10.2.1 make 和 GNU make	192
10.2.2 给 hello.c 编写一个 Makefile	193
10.2.3 Makefile 的规则	194
10.2.4 make 命令	202
10.3 GDB	203
10.3.1 GDB 介绍	203
10.3.2 GDB 基本命令	203
10.3.3 GDB 调试范例	205

10.3.4	GDB 远程调试	208
10.3.5	GDB 图形前端 DDD	211
10.4	用于 C/C++ 语言的 Eclipse IDE	213
10.4.1	Eclipse 简介	213
10.4.2	安装用于 C/C++ 语言的 Eclipse IDE	214
10.4.3	启动 Eclipse	214
10.4.4	创建 C 工程	215
10.4.5	本地编译和调试	220
10.4.6	交叉编译和远程调试	221
10.4.7	Eclipse 中的 GCC 设置	228
10.4.8	导入已有的工程文件	231
10.5	Windows 下开发 Linux 应用程序	232
10.5.1	安装交叉编译器	232
10.5.2	安装 JDK	238
10.5.3	安装用于 C/C++ Developers 的 Eclipse IDE	241
10.5.4	启动 Eclipse	242
10.5.5	创建 C 工程	244
10.5.6	交叉编译工程	247
10.5.7	建立远程 SSH 连接	248
10.5.8	远程调试	254
第 11 章	Linux 文件 I/O	259
11.1	Linux 文件 I/O 概述	259
11.2	文件描述符	260
11.3	常用文件 I/O 操作和函数	260
11.3.1	open	261
11.3.2	close	263
11.3.3	read	264
11.3.4	write	265
11.3.5	fsync	266
11.3.6	文件操作范例	266
11.3.7	lseek	268
11.3.8	ioctl	272
11.4	I/O 操作和蜂鸣器	273
第 12 章	进程与进程间通信	276
12.1	进程环境	276
12.1.1	程序与进程	276
12.1.2	进程环境	278

12.2 进程基本操作	281
12.2.1 创建进程	281
12.2.2 终止进程	283
12.2.3 exec 族函数	284
12.2.4 wait()函数	286
12.2.5 守护进程	288
12.3 信 号	290
12.3.1 常用的信号	290
12.3.2 信号函数	291
12.4 进程间通信	295
12.4.1 管 道	295
12.4.2 共享内存	300
12.4.3 信号量	305
第 13 章 Linux 多线程编程	312
13.1 Linux 多线程概述	312
13.1.1 什么是线程	312
13.1.2 线程与进程的关系	312
13.1.3 为什么要使用多线程	312
13.2 POSIX Threads 概述	313
13.3 线程管理	314
13.3.1 线程 ID	314
13.3.2 创建与终止	314
13.3.3 连接与分离	317
13.3.4 线程属性	320
13.4 线程安全	324
13.5 互斥量	325
13.5.1 临界区	325
13.5.2 什么是互斥量	325
13.5.3 创建与销毁	325
13.5.4 加锁与解锁	327
13.5.5 死锁和避免	329
13.6 条件变量	331
13.6.1 为什么需要条件变量	331
13.6.2 创建与销毁	332
13.6.3 等待与通知	333
第 14 章 嵌入式 GUI 编程	337
14.1 Qt 和 Qt/Embedded	337

14.1.1	Qt 介绍	337
14.1.2	Qt/Embedded 介绍	338
14.2	Qt/Embedded 交叉编译环境的搭建	338
14.2.1	环境介绍	338
14.2.2	安装 tslib1.4	339
14.2.3	编译 qt4.7.3-arm	342
14.3	Qt SDK 的搭建	344
14.3.1	Qt SDK 简介	344
14.3.2	Qt SDK 的安装	344
14.4	qmake	346
14.4.1	.pro 文件例程	347
14.4.2	.pro 文件常见配置	348
14.4.3	HelloWorld 程序	348
14.5	Qt Creator	350
14.5.1	Qt Creator 的配置	350
14.5.2	Qt Creator 使用范例	353
14.6	在嵌入式环境运行 Qt 程序	356
14.6.1	将程序编译成嵌入式版本	356
14.6.2	在目标板上运行程序	357
14.7	Qt 帮助文档	357
14.8	Qt 编程实战	358
14.8.1	按钮	358
14.8.2	标签和文本框	360
14.8.3	布局管理器	361
14.8.4	信号与槽	364
14.8.5	主窗口(MainWindow)	367
14.8.6	菜单栏、工具栏和状态栏	369
14.8.7	事件	372
14.8.8	经典游戏贪食蛇实例	375
第 15 章 特殊硬件接口编程		393
15.1	点亮一个 LED 灯	393
15.1.1	LED 的操作接口	393
15.1.2	LED 的控制	394
15.1.3	在 C 程序中操作 LED	394
15.2	GPIO 硬件编程	396
15.2.1	GPIO 和 sysfs 操作接口	396
15.2.2	GPIO 的基本操作	398

15.2.3 在 C 程序中操作 GPIO	399
15.2.4 EasyARM-i.MX283A GPIO 应用编程	399
15.3 用户态 SPI 编程	403
15.3.1 SPI 编程接口	403
15.3.2 编程范例	407
15.4 用户态 I ² C 编程	412
15.4.1 I ² C 编程接口	412
15.4.2 编程范例	415
15.5 按键应用层编程	420
15.5.1 按键驱动加载和卸载	421
15.5.2 在图形界面中使用按键驱动	421
15.5.3 按键编程	422
15.5.4 编程范例	425
15.6 用户态 ADC 编程	427
15.6.1 ADC 驱动模块的加载	427
15.6.2 操作接口	428
15.6.3 C 程序操作示例	429
15.7 温度检测和报警系统	433
15.7.1 EEPROM 控制模块	434
15.7.2 环境温度读取模块	437
15.7.3 数码管显示模块	438
15.7.4 按键处理模块	442
15.7.5 控制处理模块	446
15.7.6 主程序的实现	455
15.7.7 测试方法	456
第 16 章 Linux 串口编程	458
16.1 串口的基本操作	458
16.1.1 打开串口	458
16.1.2 关闭串口	459
16.1.3 发送数据	459
16.1.4 读取数据	459
16.1.5 串口范例 1	460
16.2 串口属性的设置	461
16.2.1 终端属性描述	461
16.2.2 获取和设置终端属性	464
16.2.3 设置波特率	465
16.2.4 设置数据位	466

16.2.5	设置奇偶校验	467
16.2.6	设置停止位	468
16.2.7	其他设置	469
16.2.8	串口属性设置函数	470
16.2.9	串口范例 2	470
第 17 章 C 语言网络编程入门		473
17.1	网络基本概念	473
17.1.1	OSI 模型	473
17.1.2	TCP/IP 协议基本概念	476
17.1.3	字节序	479
17.1.4	客户机/服务器模型	480
17.2	编程接口 BSD Socket	480
17.2.1	Socket 简介	480
17.2.2	基础数据结构和函数	481
17.2.3	BSD Socket 常用操作	484
17.3	实例:TCP/UDP ECHO 服务器	491
17.3.1	面向流的 Socket	492
17.3.2	面向数据报的 Socket	498
第 18 章 Shell 编程初步		503
18.1	基础概念	503
18.1.1	Sha - Bang	504
18.1.2	字符串与引号	505
18.1.3	特殊字符	506
18.2	必要高级概念	508
18.2.1	内部命令和外部命令	508
18.2.2	I/O 重定向与管道	508
18.2.3	常量、变量与环境变量	511
18.2.4	操作符与表达式	515
18.3	脚本编程	516
18.3.1	命令、函数与脚本返回值	516
18.3.2	函 数	516
18.3.3	test	517
18.3.4	流程控制	519
参考文献		528

第一篇 Linux 基础

本篇主要讲解嵌入式 Linux 开发所必备的基础知识,以实用和够用为标准进行介绍,与嵌入式 Linux 开发不相关的知识都不在讲述之列。因此并没有介绍全部的 Linux 命令,仅仅精选了嵌入式 Linux 开发中的常用命令。

本篇一共分为 6 章,从 Linux 操作系统开始循序渐进地介绍,直到最后讲解嵌入式 Linux 开发环境的构建,为嵌入式 Linux 开发做准备。各章标题和内容概要如下:

- 第 1 章 Linux 操作系统简介,主要介绍 Linux 内核和发行版本等知识,属于常识性内容,进行一般性了解即可。
- 第 2 章 安装 Linux 操作系统,以 Ubuntu 为例,讲解 Linux 操作系统的安装过程,这部分内容属于实际操作性内容,建议跟着做一遍。
- 第 3 章 开始使用 Linux,主要介绍与嵌入式 Linux 开发相关的操作和命令,这部分内容是基础,也是必备技能,需要多加操作和练习,做到熟练掌握。
- 第 4 章 Linux 文件系统,介绍 Linux 文件系统的一些常识性内容,这部分内容做一般性了解即可。
- 第 5 章 Vi 编辑器,讲述 Vi 编辑器的基本使用。掌握一款 Linux 下的文本编辑器是进行 Linux 开发的一项必备技能,这部分内容需要多加练习,熟练运用。
- 第 6 章 嵌入式 Linux 开发环境构建,这部分内容也是实际操作性内容,需要深刻理解,建议照着做一遍。

整个第一篇的内容都没有什么难点,但对于习惯了 Windows 操作,或者刚接触 Linux 的初学者来说,可能会对 Linux 的操作方式有点不习惯,特别是对命令行操作。但是,只要多加练习,很快就可以度过适应期,习惯并喜欢上 Linux“简单就是美”的设计哲学和操作方式。

