

实用为王  
实用为王



何永琪 主编 杨红涛 焦悦光 戴无惧 编写

# 嵌入式 Linux

## 系统实用开发

- ▶ 资深研发专家力作, 凝聚其十余年开发经验和最新技术成果
- ▶ 全方位 [www.cjhytec.com](http://www.cjhytec.com) 网站支持, 可与嵌入式大师直接对话
- ▶ 代码经过终端产品的长期应用考验, 可直接用于开发实践
- ▶ 内容实用, 在知识与开发技能之间的“鸿沟”上架起了一座桥梁
- ▶ 案例典型, 可正确理解嵌入式产品的开发流程和实施方法



电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
<http://www.phei.com.cn>



何永琪 主编 杨红涛 焦悦光 戴无惧 编写

# 嵌入式Linux

## 系统实用开发

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书从实用的角度出发,以 S3C2410A 芯片及 HY2410A 开发板为主,介绍了嵌入式 ARM 平台上 Linux 系统开发所需的各种技术,包括 ARM 处理器架构与汇编语言、嵌入式 Linux 开发环境的建立、C 及 C++ 语言要点、bootloader 和 Linux 内核的移植、Linux 系统应用编程、Linux 内核驱动编程和 Qt 图形界面应用的开发等,涵盖了嵌入式产品软件开发工作所需的各种主要技术。

本书是一本面向产品开发基本职业技能的嵌入式 Linux 软件开发入门书籍,适合于刚进入嵌入式行业的开发人员及技术爱好者阅读,也可供高等院校和各类职业院校信息技术相关专业人员作为参考资料。

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

嵌入式 Linux 系统实用开发 / 何永琪主编. —北京: 电子工业出版社, 2010.3  
(实用为王)  
ISBN 978-7-121-10039-0

I. 嵌… II. 何… III. Linux 操作系统 - 程序设计 IV. TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 224359 号

责任编辑: 董 英

印 刷: 北京市铁成印刷厂

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: 787×1092 1/16

印张: 46.5

字数: 1339 千字

印 次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 89.00 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。

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

服务热线: (010) 88258888。

# 编 委 会

主 编： 何永琪      北京大学      教授、博士生导师

编 委： （按姓氏笔画顺序）

万国龙      北京航空航天大学      教授、博士生导师

严蔚敏      清华大学      教授、博士生导师

野永东      中国电信北京研究院      教授级高级工程师

余 综      华北计算技术研究所      研究员

张鲁生      台湾 Linux 学会      荣誉会长

# 序

20世纪90年代以来,计算机技术、通信技术和集成电路技术飞速发展,并且相互融合,导致了嵌入式技术及其应用的产生和迅猛发展,对全球包括我国的工业、农业、科技、军事、教育、文化等领域产生了深远的影响,也有力地促进了全球化和信息化。目前,嵌入式技术已经成为信息产业发展的核心领域之一,对国民经济、国防安全以及人们的日常生活、工作和学习等都发挥着日益重要的作用。

随着改革开放步伐的加大,特别是加入了WTO之后,我国已成为全球电子设备和通信终端产品的主要生产制造基地之一。2008年,全球52%的手机、90%以上的笔记本电脑,特别是iPhone,都是在中国大陆生产的,而多媒体播放器、数字电视机顶盒、无线终端、电子词典、银行ATM机、商业POS机、智能家电、工业控制器、传感器等嵌入式产品的主要生产制造基地也都在中国。

2009年1月7日,我国政府向三个运营商发放了3G牌照,由大唐电信集团代表我国提出的拥有自主知识产权的TD-SCDMA 3G国际标准由全球最大的移动运营商——中国移动主导正式开始商用,这标志着我国进入了3G时代。移动互联网应用是3G时代的发展主流,消费电子、计算机与无线移动通信进一步融合,出现了智能手机、3G上网本、3G电子书等,而数码相机、数码摄像机等也将具有3G无线通信功能。2009年全球移动通信用户数预计将超过46亿,中国及新兴市场仍是用户数增长的主要驱动力。未来人与人之间的通信将逐步趋于饱和,而物与物、人与物之间的通信发展潜力将更为巨大。据预测,到2020年全球将有500亿个互联终端,而这些终端都需要嵌入式技术来实现。物联网、传感网都需要采用嵌入式技术来实现低功耗、低成本,以及恶劣环境下使用等问题。2009年8月7日,温家宝总理在无锡考察时提出了“感知中国”,要求把传感系统和3G中的TD-SCDMA技术结合起来。随着移动通信网在我国的广泛覆盖,物联网、传感网已成为我国新兴战略产业之一,而这一切都离不开嵌入式技术,也将促进我国的信息化和工业化融合(即“两化融合”),实现经济结构调整、产业转型和升级。可见,未来嵌入式技术及其应用将十分广泛,战略意义也十分重大。

因此,我国嵌入式系统技术人才的需求将越来越大。但是,与嵌入式系统产业的蒸蒸日上相比,我国嵌入式系统技术教育和人才培养相对落后,导致嵌入式系统技术人才的培养和成长不能满足嵌入式系统产业快速发展的需求,具备独立从事嵌入式系统产品开发的专业人才尤为缺乏。

为了支撑嵌入式系统技术的人才培养,便于需要掌握嵌入式系统技术人员的学习,本书以传授实用性知识、培养实际开发技能为宗旨,针对嵌入式系统产品开发的基本技能要求,凝聚几位长期从事嵌入式产品开发专家十余年的开发经验,并融合最新技术成果,编写而成,这在业界是不多见的。

本书在嵌入式系统技术知识与实际产品开发技能之间的“鸿沟”上构建了很好的桥梁，相信嵌入式系统技术初学者和大、专院校电子信息类学生以及嵌入式系统产品开发人员，将能够通过本书更加容易、透彻地了解和理解嵌入式系统基本技术，并借以提高实际产品开发技能，快速有效地走进嵌入式系统产品开发领域。

大唐电信科技产业集团总工程师  
国家 863 信息技术领域专家组成员



2009. 12. 1



# 主编致辞

近十年来,计算机技术、通信技术和微电子技术得到迅猛发展,对我国和世界的工业、农业、军事、科技、教育、文化等领域产生了长期而深刻的影响。这三大技术的相互融合已成必然趋势,导致基于定制化的嵌入式技术得到快速发展和普及应用,使之成为信息产业发展的核心领域之一,在工业控制、农业自动化、通信、交通、金融、商业、军事、航空、航天、广电、医疗、家用电子等各个领域发挥日益重要的作用。

嵌入式技术作为当今最有发展前途的信息产业应用技术之一,催生了巨大的产业需求和人才需求。我国已成为全球主要信息产业设备和终端产品的主要生产国和出口国,基于嵌入式技术的低成本与定制化特点及其广泛的应用领域和广阔的应用前景,嵌入式技术规模产业已经形成,并得到迅速发展,将逐步形成以大中型研发生产企业为群体的、应用门类齐全的、巨大的嵌入式产品产业集群。同时,由于嵌入式技术的定制化特点,所有产品均需要根据其应用特点进行定制化的设计和开发,从而导致嵌入式从业技术人员的规模不断扩大,使嵌入式技术产业成为最具发展力的、人心向往的朝阳产业之一。

随着嵌入式技术的快速发展和嵌入式产业的不断扩大,形成了对嵌入式技术人才的大量需求,特别是具备独立研发能力的嵌入式产品开发人才。但是,由于我国高等教育体制严重滞后、教育与产业结合严重脱节,很难实现对软硬件技术兼备的嵌入式技术研发人员的有效培养,形成了重知识、轻技能,重软件、轻硬件的人才培养怪圈,加剧了嵌入式技术实用性人才的匮乏。

为了使大专院校电子信息类的大专生、本科生和研究生能够更加顺利地进入嵌入式技术领域,也为了使广大的嵌入式产品研发人员能够真正理解嵌入式技术研发的真谛,我们以实用性开发技能和实际产品开发为导向,组织长期从事嵌入式产品开发工作的资深研发人员,结合十多年产品开发经验和嵌入式技术最新发展成果,写成此书。本书力图弥补学院式教学的缺陷,在知识和技能之间架接通畅的桥梁,使读者顺利实现从掌握知识到掌握开发技能的转变,深刻理解嵌入式产品开发的真谛。为此,本书注重嵌入式技术开发的结构性和实用性,力图让读者掌握嵌入式技术开发的工作流程、工作环境、工作方法以及关键技术的实现,并配以取材于实际产品开发的典型案例,使读者能够直接探索嵌入式技术开发的奥秘。

在本书成书过程中,得到了北京诚捷鸿远通信技术有限公司及其产品研发人员的大力支持,在此特向他们表示诚挚的谢意。

由于水平有限,书中不足甚至错误之处在所难免,欢迎广大读者批评和指正。



2009年11月于北京大学

## 编写者简介

**杨红涛：**1991 年获得厦门大学工学学士学位，1998 年获得电信科学技术研究院通信系统与网络专业工学硕士学位。先后担任过多家公司的项目负责人和技术总监，并曾在电信科学技术研究院(大唐电信)作为软件子项目负责人承担国家 863 信息领域重大专项的研发工作。

**焦悦光：**1995 年考入清华大学电子工程系，2004 年获得清华大学电子工程系工学博士学位。参加过多个国家 863 信息领域重要项目，负责软件开发和调试工作，并曾在联想研究院从事超宽带无线通信和 USB 显示系统的开发工作。

**戴无惧：**1989 年获得西安电子科技大学工学学士学位，1998 年获得西安电子科技大学工学硕士学位，2002 年获得清华大学工学博士学位。先后参加过国家七五项目、国家八五项目、邮电部八五项目、国家 863 信息领域重要项目，负责开发相关工作。



# 前 言

嵌入式软件开发是嵌入式产品开发的关键技术之一，特别是基于 Linux 操作系统的嵌入式软件开发，已经成为嵌入式开发的主要领域，它不但涉及 Linux 操作系统内核的移植、剪裁和优化，还包含大量外设接口、总线等的驱动程序开发、移植和优化，以及大量的面向具体应用需求和产品要求的图形化应用软件开发。

本书是一本面向产品开发基本职业技能的嵌入式 Linux 软件开发入门书籍，适合于下列读者群：

- ◆ 嵌入式行业新入职的软件开发人员。
- ◆ 原来从事单片机系统开发，有意转向 SoC（片上系统）开发的技术人员。
- ◆ 高等院校和各类职业院校信息技术相关专业高年级学生和研究生一年级学生。
- ◆ 嵌入式技术爱好者。

本书也可为嵌入式行业在职技术人员、高等院校和各类职业院校信息技术相关专业教师及实验辅导人员提供一定的技术参考。

## 本书结构

本书的结构安排反映了作者多年从事嵌入式软件开发的丰富经验和对嵌入式产品开发基本职业技能要求的深入理解，也参考了本书评审专家和友好读者的意见，同时考虑到了大多数读者的现实技术基础；当然，许多网络书店上大量读者对已出版的相关书籍所做的书评也给了作者非常有益的启示。本书整体结构实际上遵循了嵌入式产品软件开发的基本工作流程，从 Linux 操作系统下的基本编程和面向软件开发的 ARM 体系硬件平台关键特性及其编程应用，到 Linux 操作系统的内核编程及系统调用、内核移植与剪裁、驱动程序开发和移植，直至 Linux 环境下的图形化应用软件开发，涵盖了嵌入式产品软件开发工作的各种主要技术，并且最后通过一个实际项目开发综合再现了全书的核心内容。

## 总体内容

本书分为 6 个部分。

### 第 1 部分 嵌入式开发基础

第 1 章从产品、服务和应用的角度，概括地介绍嵌入式技术的主要市场应用、嵌入式产品开

发中涉及到的关键技术,让读者基本了解掌握嵌入式软件开发技术后能够从事哪些产品的开发、能够在哪些行业寻找适合的工作岗位。第 2 章从嵌入式系统软件产品开发的角度,重点阐述 C 语言编程的核心要领,特别是在 Linux 和嵌入式 Linux 环境下 C 语言编程的关键技术。第 3 章引导读者利用开源软件,搭建嵌入式 Linux 软件开发的基本工作环境,主要是帮助读者在目前最流行的 Linux 发行版本——Debian 5.0 上顺利搭建一套实用性软件开发环境。

### 第 2 部分 ARM 架构与编程

这一部分包括第 4 章到第 7 章,主要是与硬件平台和 ARM CPU 基础指令有关的内容。第 4 章主要从软件开发编程的角度,详细介绍 ARM9 体系的核心架构、ARM 常用指令及其编程应用和 ARM 汇编语言程序开发方法。第 5 章主要是引导读者顺利完成一套嵌入式系统的固件 (Firmware) 开发环境的搭建和使用。第 6 章首先介绍目前市场上比较常见的三星 S3C2410A 嵌入式处理器的基本体系结构、工作原理,然后详细分析 S3C2410A 处理器主要接口和外设控制器的工作原理以及使用方式。第 7 章以目前嵌入式 Linux 系统中最常见的系统引导 (bootloader) 软件 U-boot 为例,帮助读者理解 bootloader 的工作机制、开发移植流程和系统应用。

### 第 3 部分 Linux 系统编程

这一部分包括第 8 章到第 12 章,是 Linux 软件开发的基础。第 8 章是 Linux 系统编程的基础,重点讨论 Linux 系统中程序的层次结构和内存映像、Linux 库函数的错误处理以及环境变量等。第 9 章主要讨论 Linux 的文件系统及其编程应用,由于 Linux 系统中很多设备的操作是以文件系统的方式处理的,因此文件系统在 Linux 中十分重要。第 10 章详细介绍操作系统的核心概念——进程,还涉及到进程的同步和进程间通信等基本编程应用。第 11 章讲解 socket 编程这一 Linux 网络通信应用的基础。第 12 章主要讲解多线程程序的编程开发。

### 第 4 部分 内核与驱动编程

这一部分包括第 13 章到第 16 章。第 13 章介绍实模式与保护模式、用户态与内核态等基本概念,同时还介绍了内核编程的一些特点,以一个简单的字符设备为例说明了驱动编程的一般方法。第 14 章主要讨论 Linux 编程的内核接口及其应用。第 15 章介绍 Linux 2.6 版本的设备模型和编程应用要点。第 16 章以输入设备驱动和 USB 设备驱动为例介绍 Linux 设备驱动程序开发的基本原理和方法。由于很多读者没有编程经验,或者以前主要从事应用编程,而从应用编程到内核和驱动编程无论是概念还是方法都需要一定的转变,这一部分的目的就是引导读者完成这一转变。

### 第 5 部分 嵌入式 Linux 系统构建

这一部分内容相对简单,作者认为绝大多数读者不会从事 Linux 内核的开发,而是有目的地使用或者剪裁稳定版本的 Linux 内核,因此在第 17 章中主要介绍 Linux 内核的配置原理与方法,并举例说明其中关键操作的基本流程,在第 18 章中则主要讲解并演示 Linux 根文件系统构建和移植的方法。通过这两章,读者基本可以掌握嵌入式 Linux 系统内核的配置方法,进行简单的内核移植,以及按应用要求构造根文件系统。

## 第 6 部分 应用编程

这一部分包括第 19 章到第 22 章，主要目的是帮助读者熟悉针对诸如智能手机、自助终端等终端设备类功能需求的应用开发。第 19 章从开发编程的角度介绍 C++ 特有的概念和用法，适合那些对 C 语言有一定基础的读者快速进入 C++ 编程领域。第 20 章以目前嵌入式行业最常见的开发环境——Qt 4.5.2 的开源版本为例，介绍如何使用 Qt 平台进行嵌入式 GUI 的开发。第 21 章则简单介绍最常用的嵌入式数据库 SQLite 的应用开发方法。第 22 章通过一个实际产品开发中的典型项目案例，将本书核心内容贯穿于一体，使读者有机会全方位地了解嵌入式产品的软件开发流程和实施方法。

### 主要特色

本书的作者长期从事嵌入式软件开发工作，本书既是他们经验和教训的汇总，也是他们对嵌入式产品软件开发的理解。书中内容取舍与结构安排均面向嵌入式软件开发的实际需要；书中的代码均经过编译和运行，进行了严格的测试，部分代码来自实际产品开发工作并且经过终端产品的长期应用考验；Linux 内核版本选择的是初稿完成时的最新内核稳定版本——Linux 2.6.30；应用开发环境则选择的是最新的跨操作系统开发平台——Qt Embedded 4.5.1，特别是本书支持网站上提供的 Qt Embedded 4.5.1 是本书初稿完成时全球唯一的支持简体中文处理的版本（这个版本也是本书几位作者移植成功的）。

本书的支持网站是 <http://www.cjhytec.com>，提供例程源码的下载。

### 本书作者

本书由何永琪教授主编，杨红涛负责编写第 4 章到第 12 章、第 17 章、第 18 章、第 21 章和第 22 章，焦悦光负责编写第 2 章、第 3 章、第 13 章到第 16 章、第 19 章和第 20 章，戴无惧负责编写前言和第 1 章并起草全书大纲。邓莹莹为第 19 章和第 20 章提供部分章节初稿，袁裕芳、张欣然和朱子豪为第 20 章、第 21 章和第 22 章提供部分章节初稿，周聪、林胜朋和王松为第 6 章和第 22 章提供部分章节初稿，吴龙和李英良为第 11 章、第 15 章和第 16 章提供部分章节初稿，魏大庆和江中舟负责全书图例绘制。焦悦光最后统稿全书。

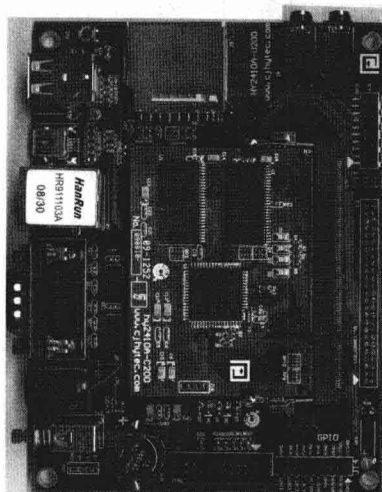
# 本书使用说明

## 一、关于本书程序代码验证用的嵌入式系统开发板平台

本书所有程序代码均依托北京诚捷鸿远通信技术有限公司提供的嵌入式系统系列开发板平台进行开发与调试，并通过了系统验证。下面列出了所用开发板的技术配置参数。

### HY2410A 开发板平台

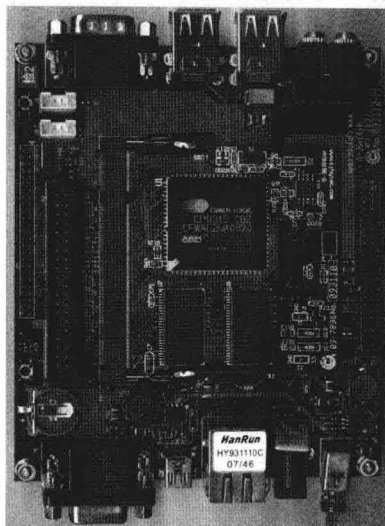
- ◆ 处理器：三星 S3C2410A 嵌入式处理器，主频 200MHz，ARM920T 内核
- ◆ 64MByte SDRAM (可扩展到 128MByte)
- ◆ 64MByte NAND Flash
- ◆ 2 个 USB 1.1 Host 接口
- ◆ 1 路立体声音频输出
- ◆ 1 路立体声音频输入
- ◆ 1 个 RS-232C 串口
- ◆ 1 个 SD/MMC 读卡器
- ◆ 1 个 10Mbit/s 以太网接口
- ◆ 1 个 20 针 ARM JTAG 接口



HY2410A

### HY9315E/HY9307E 开发板平台

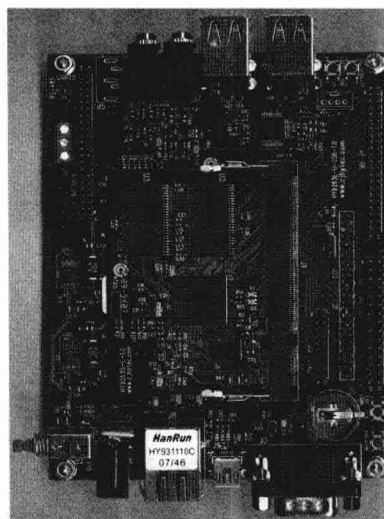
- ◆ 处理器：CIRRUS LOGIC EP9315 或 EP9307，主频 200MHz，ARM920T 内核
- ◆ 协处理器：Maverick Crunch 数学协处理器，MaverickKey 加密处理器，2D 硬件图形加速器
- ◆ 64MByte SDRAM (可扩展到 128MByte)
- ◆ 32MByte NOR Flash (可扩展到 64MByte)
- ◆ 1 个 IDE 接口 (仅 HY9315E 支持)
- ◆ 10/100Mbit/s 自适应以太网接口
- ◆ 3 个 UART 接口和 1 个红外接口
- ◆ 6 个 USB 2.0 全速接口 (支持 OHCI)
- ◆ 1 个 20 针 ARM JTAG 接口
- ◆ 双通道串行音频接口 (AC'97)
- ◆ 1 路 LCD 和 1 路 VGA 输出 (可同时使用)



HY9315E

## HY9263E 开发板平台

- ◆ 处理器: Atmel AT91SAM9315, 主频 200MHz, ARM926EJ-S 内核, 集成 2D 硬件图形加速器
- ◆ 64MByte SDRAM(可扩展到 128MByte)和 4MByte PSRAM
- ◆ 256MByte NAND Flash (可扩展到 1GByte)
- ◆ 1 个 IDE 接口和 1 个摄像头接口
- ◆ 1 个 10/100Mbit/s 自适应以太网接口
- ◆ 3 个 UART 接口 (RS-232C、RS-485 和调试串口各一个) 和 2 个 SD/MMC 卡接口
- ◆ 5 个 USB 2.0 全速接口和 1 个 USB 2.0 高速 Device 接口
- ◆ 1 个 CAN 总线接口(兼容 Part 2.0A 和 Part 2.0B)
- ◆ 1 个 6 通道音频接口 (支持 AC'97)
- ◆ 1 个 20 针 ARM JTAG 接口
- ◆ 1 路 LCD 输出



HY9263E

## HYL137E 开发板平台

- ◆ 处理器: TI OMAP-L137, 同时集成 ARM926EJ-S 内核和 TI C674x DSP 核, 主频均为 300MHz
- ◆ 64MByte SDRAM (可扩展到 128MByte)
- ◆ 256MByte NAND Flash (可扩展到 1GByte)
- ◆ 10/100Mbit/s 自适应以太网接口
- ◆ 1 个 RS-232C 和 1 个 SD/MMC 卡接口
- ◆ 4 个 USB 2.0 全速接口和 1 个 USB 2.0 OTG 高速接口
- ◆ 1 组立体声音频接口
- ◆ 1 个 20 针 ARM JTAG 接口
- ◆ 1 路 LCD 输出

## HY6410S 开发板

- ◆ 处理器: 三星 S3C6410A 嵌入式处理器, 主频 533MHz, ARM 1176JZF-S 内核, 集成 2D/3D 图形加速器
- ◆ 64MByte MobileDDR (可扩展到 512MByte)
- ◆ 256MByte NAND Flash (可扩展到 2GByte)
- ◆ 4 个 USB 1.1 Host 接口 (12Mbit/s) 和 1 个 USB 2.0 OTG 高速接口
- ◆ 1 个摄像头接口和 1 组立体声音频输出/输入 (支持 AC'97 和 PCM)
- ◆ 1 个 RS-232C 接口和 1 个 SD/MMC 读卡器接口
- ◆ 1 个 10Mbit/s 以太网接口
- ◆ 1 个 20 针 ARM JTAG 接口

## 二、关于本书的程序代码下载

本书所有程序代码均由北京诚捷鸿远通信技术有限公司开发或验证。

程序代码下载地址: <http://www.cjhytec.com>。



### 三、关于本书的疑难问题、勘误和技术服务

- ◆ 如读者阅读时，存在疑难问题或其他技术问题，欢迎读者及时提出，本书作者将尽快予以回复。
- ◆ 如读者阅读时，发现本书的错误，敬请提出，本书作者将期待与读者进行认真的沟通与讨论。
- ◆ 本书作者希望能够就各种技术问题与读者进行认真沟通与讨论，并接受相关问题咨询和技术咨询。
- ◆ 沟通与讨论可以通过电子邮件方式（电子邮件地址：[cjhy@cjhytec.com](mailto:cjhy@cjhytec.com)），也可以登录北京诚捷鸿远通信技术有限公司网站（网站地址：<http://www.cjhytec.com>）技术论坛。

### 四、关于本书推荐的嵌入式系统系列开发板平台订购

本书推荐读者使用上述嵌入式系统开发板平台。

- ◆ 有关上述嵌入式系统系列开发板平台的详细配置和技术参数，可登录北京诚捷鸿远通信技术有限公司网站 <http://www.cjhytec.com> 进行了解。
- ◆ 本书承诺以优惠价格提供上述嵌入式系统系列开发板平台，并可通过北京诚捷鸿远通信技术有限公司网站 <http://www.cjhytec.com> 或电子邮件 [cjhy@cjhytec.com](mailto:cjhy@cjhytec.com) 订购。





# 目 录

第 1 部分 嵌入式开发基础	1
第 1 章 引言	2
1.1 嵌入式产业概况	2
1.2 Linux 操作系统	5
1.3 ARM 体系概况	8
1.3.1 ARM7	10
1.3.2 ARM9	11
1.3.3 ARM9E	11
1.3.4 ARM10E	12
1.3.5 ARM11	12
1.3.6 Cortex	12
1.4 常见嵌入式产品及其基本平台简介	13
1.4.1 学习开发板	13
1.4.2 行业终端	16
1.4.3 工业控制	18
1.4.4 手持娱乐	19
1.4.5 医疗仪器	21
1.4.6 汽车电子	22
1.4.7 智能本	23
1.5 嵌入式产品开发基本流程	25
第 2 章 C 语言编程要点	28
2.1 数据类型	28
2.2 常数	29
2.3 变量	31
2.3.1 变量的定义与初始化	31
2.3.2 变量的访问	31
2.3.3 左值与右值	31
2.3.4 只读变量	32
2.4 操作符	32
2.4.1 只读操作符	32
2.4.2 读写操作符	34
2.4.3 类型转换操作符	35
2.4.4 sizeof 操作符	36
2.5 表达式和语句	36
2.5.1 表达式	36



2.5.2 语句	37
2.6 复合类型	38
2.6.1 数组	38
2.6.2 结构体	40
2.6.3 位域	42
2.6.4 数据的对齐	43
2.6.5 联合体	44
2.6.6 类型嵌套	44
2.6.7 类型别名	45
2.6.8 枚举类型	46
2.7 流程控制	46
2.7.1 顺序结构	46
2.7.2 分支结构	47
2.7.3 隐含的分支结构	49
2.7.4 循环结构	49
2.7.5 goto	52
2.8 函数	52
2.8.1 声明与定义	52
2.8.2 函数的调用与传值方式	54
2.8.3 函数与复合类型	55
2.8.4 内联函数	56
2.8.5 变量的作用范围与生存期	56
2.9 指针	59
2.9.1 指针与变量	59
2.9.2 指针与操作符	62
2.9.3 指针与数组	63
2.9.4 字符串	64
2.9.5 指针与结构体	65
2.9.6 指针与函数	66
2.9.7 回调函数	69
2.9.8 函数指针类型转换	70
2.10 预处理语句	71
2.10.1 文件包含	71
2.10.2 宏定义	71
2.10.3 宏与函数	73
2.10.4 代码分支	74
<b>第3章 开发环境</b>	<b>76</b>
3.1 Linux 使用基础	76
3.1.1 命令参数与选项	77
3.1.2 文件、目录和路径	77
3.1.3 用户与权限	78
3.1.4 硬链接与符号链接	78
3.1.5 命令使用技巧	79
3.2 Linux 常用命令	79



3.2.1	查阅手册 .....	80
3.2.2	文件相关 .....	81
3.2.3	文件内容相关 .....	84
3.2.4	压缩与解压缩 .....	86
3.2.5	文件系统与磁盘 .....	88
3.2.6	用户与权限 .....	89
3.2.7	进程管理 .....	91
3.2.8	系统信息 .....	92
3.2.9	网络 .....	93
3.3	Shell 使用进阶 .....	96
3.3.1	重定向 .....	96
3.3.2	管道 .....	98
3.3.3	变量与替换 .....	98
3.3.4	环境变量 .....	100
3.3.5	脚本 .....	101
3.3.6	脚本编程 .....	102
3.3.7	作业管理 .....	103
3.4	Debian 5.0 的安装与使用 .....	104
3.4.1	安装 Debian 5.0 .....	105
3.4.2	Debian 5.0 的基本操作 .....	105
3.4.3	常用软件的安装与使用 .....	108
3.4.4	从源码安装软件 .....	113
3.4.5	安装编译环境 .....	115
3.5	建立交叉编译环境 .....	117
3.5.1	下载安装 .....	117
3.5.2	从源码编译安装 .....	117
3.6	vi 编辑器 .....	121
3.6.1	vi 的工作模式 .....	121
3.6.2	普通模式 .....	122
3.6.3	命令行模式 .....	123
3.6.4	寄存器 .....	124
3.6.5	与编程有关的技巧 .....	124
3.7	gcc 工具链 .....	124
3.7.1	编译过程 .....	124
3.7.2	gcc 用法 .....	125
3.8	make 与 Makefile .....	127
3.8.1	make 工具的使用 .....	127
3.8.2	Makefile .....	128
3.9	gdb 调试工具 .....	130
3.9.1	调试本地程序 .....	130
3.9.2	远程调试 .....	131
3.10	buildroot 开发工具 .....	132
<b>第 2 部分 ARM 架构与编程 .....</b>		<b>135</b>
<b>第 4 章 ARM 处理器架构与编程模型 .....</b>		<b>136</b>
4.1	嵌入式硬件系统 .....	137