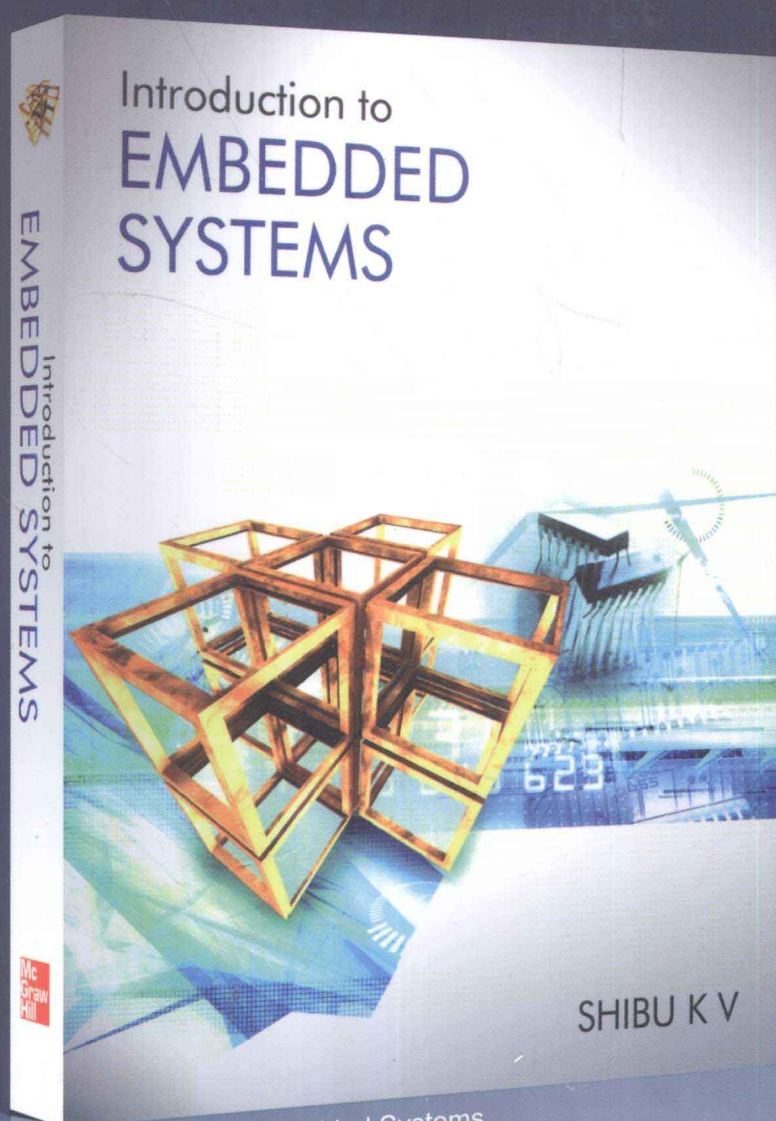


嵌入式系统原理、 设计及开发

(美) Shibu K V 著 伍 微 译



Introduction to Embedded Systems

Mc
Graw
Hill

国际计算机科学经典教材

嵌入式系统原理、设计 及开发

(美) Shibu K V 著
伍 微 译

清华大学出版社

北 京

Shibu K V

Introduction to Embedded Systems

EISBN: 978-0-07-014589-4

Copyright © 2009 by Tata McGraw-Hill Education Private Limited.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Tsinghua University Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education(Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Tsinghua University Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可, 对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播, 包括但不限于复印、录制、录音, 或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和清华大学出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权© 2012 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与清华大学出版社所有。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2010-2539

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理、设计及开发/(美) 施部·克·威(V, S.K.) 著; 伍微 译.

—北京: 清华大学出版社, 2012.1

(国外计算机科学经典教材)

书名原文: Introduction to Embedded Systems

ISBN 978-7-302-27359-2

I. 嵌… II. ①施… ②伍… III. ①微型计算机—系统设计 ②微型计算机—系统开发 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 232999 号

责任编辑: 王 军 韩宏志

装帧设计: 牛艳敏

责任校对: 邱晓玉

责任印制: 杨 艳

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 47.75 字 数: 1162 千字

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 79.80 元

产品编号: 036889-01

出版说明

近年来,我国的高等教育特别是计算机学科教育,进行了一系列大的调整和改革,亟需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材,以适应我国当前计算机科学的教學需要。通过使用国外优秀的计算机科学经典教材,可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法,使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐,从而培养出更多具有国际水准的计算机专业人才,增强我国计算机产业的核心竞争力。为此,我们从国外多家知名的出版机构 Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Cengage Learning 等精选、引进了这套“国外计算机科学经典教材”。

作为世界级的图书出版机构, Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Cengage Learning 通过与世界级的计算机教育大师携手,每年都为全球的计算机高等教育奉献大量的优秀教材。清华大学出版社和这些世界知名的出版机构长期保持着紧密友好的合作关系,这次引进的“国外计算机科学经典教材”便全是出自上述这些出版机构。同时,为了组织该套教材的出版,我们在国内聘请了一批知名的专家和教授,成立了专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动,各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系,并结合各个专业的培养方向,从上述这些出版机构出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材,以保证该套教材的优秀性和领先性,避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量,我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员,制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者,全部由对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家担任。每本教材的责编在翻译伊始,就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华,在经过翻译、排版和传统的三审三校之后,我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读,以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限,该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾,欢迎广大师生来电来信批评指正。同时,也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材,共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

编审委员会

主任委员:

孙家广 清华大学教授

副主任委员:

周立柱 清华大学教授

委员(按姓氏笔画排序):

王成山	天津大学教授
王 珊	中国人民大学教授
冯少荣	厦门大学教授
冯全源	西南交通大学教授
刘乐善	华中科技大学教授
刘腾红	中南财经政法大学教授
吉根林	南京师范大学教授
孙吉贵	吉林大学教授
阮秋琦	北京交通大学教授
何 晨	上海交通大学教授
吴百锋	复旦大学教授
李 彤	云南大学教授
沈钧毅	西安交通大学教授
邵志清	华东理工大学教授
陈 纯	浙江大学教授
陈 钟	北京大学教授
陈道蓄	南京大学教授
周伯生	北京航空航天大学教授
孟祥旭	山东大学教授
姚淑珍	北京航空航天大学教授
徐佩霞	中国科学技术大学教授
徐晓飞	哈尔滨工业大学教授
秦小麟	南京航空航天大学教授
钱培德	苏州大学教授
曹元大	北京理工大学教授
龚声蓉	苏州大学教授
谢希仁	中国人民解放军理工大学教授

嵌入式产品的应用已经渗透到人们日常工作和生活的每个角落,包括汽车、交通灯、B超、心电图仪、CT、VOD 教学系统、视频电话会议、GPS、POS、ATM、一卡通业务、传真机、复印机、手写板、电话、手机、数码照相机、投影仪、电视、遥控器、洗衣机、空调、冰箱、MP3、MP4、智能电饭煲、电压力锅、豆浆机、微波炉和电磁炉等。毫不夸张地说,如果所有嵌入式系统都停止运转,那么在城市中生活的现代人将变得手足无措。

什么是嵌入式系统呢?事实上,正是因为嵌入式系统广泛的应用及其多种多样的具体形态,国内外不同专家对嵌入式系统的阐述通常都会存在细节差异,业界目前还没有统一定义,可以说是仁者见仁、智者见智。根据本书作者 Shibu 的提法,嵌入式系统是一种电气/电子-机械系统,设计用于执行特定的功能,是硬件与固件(即软件)的结合。在笔者看来,这算是一种比较有代表性的一种定义。

Shibu 又是何许人也?他并没有令人惊叹的身份头衔。就是这样一号人物,写出了一本《嵌入式系统原理、设计及开发》,洋洋洒洒好几百页,分析论述得头头是道。不过这也从另一个侧面说明了嵌入式系统远远不是纯粹的学术理论,其着眼点在于工程应用,不仅需要关注设计、研发、测试,而且需要把握计划节点、注意与小组成员及管理人员交流沟通,甚至还需要考虑上市时机、用户交互、售后维护、产品推陈出新等一系列活动——这就涵盖了嵌入式产品的整个生命周期。Shibu 自本科毕业之后,在嵌入式系统领域已经工作了 9 年,使得他具备了丰富的工程经验与扎实的知识背景;他曾经就职于印度政府信息与通信技术产业部下属的电子研究与开发中心,这使得他能够研究嵌入式系统比较热门、比较前沿的工程领域;他承担了一些重要的科研项目,使得他多次亲身经历了嵌入式产品研发的整个生命周期,能够写出这样一本书自然在情理之中。

最令我感慨的还是发展中国家在某些层面惊人的相似:嵌入式产业面临的最大的挑战就是该领域缺乏足够的技术人力资源,尽管电子与计算机科技工程领域每年都会培养出大量有天赋、有才能的大学毕业生,但是,仍然会出现大量“伤仲永”的情形。Shibu 指出,缺少合适的学习教材与读物也是产生上述危机的主要原因之一。中国的情形也比较类似——市面上有关 VxWorks、 μ C/OS、WinCE、Linux、DSP、FPGA、ARM 等嵌入式技术类书籍层出不穷,但是几乎找不到全面介绍嵌入式系统的入门书籍。不过可喜的是,在国家教育部的支持下,不仅开始出现国内专家编写的“嵌入式系统导论”类书籍,而且还着手引进国外优秀的“嵌入式系统导论”类书籍,从而及时弥补上述空白。

当然,本书不可能面面俱到地说明嵌入式系统的所有内容——事实上没有书能够做到这一点。本书比较全面地阐述了嵌入式系统的基本概念、嵌入式产品设计开发实践以及嵌入式系统开发生命周期管理,开创了此类书籍的先河,这也是我翻译本书的主要动力和重要原因。

作者简介

Shibu 在嵌入式系统与实时系统领域工作已经 9 年有余, 参与过嵌入式产品开发生命周期的各个阶段, 具有丰富的工程经验与扎实的知识背景。他在印度 Calicut 大学仪表与控制工程学院学习期间, 获得了工学学士荣誉学位。随后, 他来到 Thiruvananthapuram 市(印度 Kerala 邦首府), 就职于印度政府信息与通信技术产业部下属的电子研究与开发中心(ER & DCI, 是印度最大的电子研发中心), 并在该中心 VLSI(Very Large Scale Integration, 超大规模集成电路)与嵌入式系统小组担任助理研究员。在嵌入式领域, 由他指导的重要科研项目包括非接触型智能卡技术以及射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术。在非接触型智能卡和射频识别技术方面, 他使用了行业中最常用的 8 位微处理器 8051, 并已成功开发出多款产品。

无论是使用 EDA 工具进行嵌入式硬件开发, 还是使用汇编语言以及嵌入式 C 语言在各种 IDE 和交叉编译器中进行嵌入式固件开发(基于各种 8 位/16 位/32 位微处理器/微控制器以及片上系统, Shibu 都已经积累了丰富的专业知识。他还是基于 RTOS(Real Time Operating System, 实时操作系统)嵌入式系统设计方面的专家, 精通各种常用的 RTOS(包括 Windows CE、VxWorks、MicroC/OS-II、RTX51)设计。此外, 他对各种工业标准协议和总线接口也相当熟悉。Shibu 曾供职于 Infosys 技术有限公司(公司首页为 www.infosys.com)的嵌入式系统与产品工程业务部。

致 谢

我要借此机会感谢 Mohammed Rijas 先生(Thiruvananthapuram 市 Infosys 技术有限公司移动与嵌入式系统业务部项目经理)和 Shafeer Badharudeen 先生(Thiruvananthapuram 市 Infosys 技术有限公司移动与嵌入式系统业务部高级项目经理),他们为本书提出了宝贵的意见和建议。感谢我的工作小组和 Infosys 技术有限公司嵌入式系统小组的所有其他成员,他们推进了本书的撰写。还要感谢 Infosys 技术有限公司移动与嵌入式系统业务部的高级领导组——Rohit P、Srinivasa Rao M、Tadimeti Srinivasan、Darshan Shankavaram 和 Ramesh Adig——他们不断地鼓励我,帮助我。非常感谢 R Ravindra Kumar 先生(Thiruvananthapuram 市高级计算研发中心 CDAC 高级主任,CDAC 是 ER & DCI 的前身),他使我有机会参与 CDAC 硬件设计小组的工作;感谢 K G Sulochana 夫人(Thiruvananthapuram 市 CDAC 联席主任),她是我职业生涯的引路人,使我能够第一次负责嵌入式项目,并为我 CDAC 工作期间提供了很大的帮助与支持。我还要感谢 Biju C Oommen 先生(Thiruvananthapuram 市 CDAC 硬件设计小组主任助理),他给了我极大灵感,我从他那里学到了嵌入式技术的基本课程。还要感谢 S Krishna Kumar Rao 先生、Sanju Gopal 先生、Deepa R S 女士、Shaji N M 先生和 Suresh R Pillai 先生,他们为我在 CDAC 期间的研究活动提供了帮助。感谢 Praveen V L 先生,他为本书的图像设计提供了极大帮助。我还要衷心感谢我所有的朋友以及之前在 Thiruvananthapuram 市 CDAC 硬件设计小组的同事——没有他们的帮助与支持,本书是不可能完成的。最后感谢好友 Sreeja 博士,在我努力工作的过程中,他在精神上给予我很大的支持;还要感谢我的家庭成员,他们在我著本期间给予了极大的理解与支持。

特别感谢 S Krishnakumar Rao 先生(Thiruvananthapuram 市 CDAC 硬件设计小组副主任),他帮助收集了本书有关 VLSI 设计的章节;还要感谢 Shammeerudheen P T 先生,他帮助收集了本书有关使用 Orcad 布局工具设计 PCB 的章节。

我要特别感谢下列各界人士,对于与本书相关的产品开发、服务公司、半导体厂商以及产品信息网页,他们整理并提供了及时的反馈意见。

Angela Williams, Keil 软件公司

Natasha Wan、Jessen Wehrwein 和 Scott Wayne, AD 公司

Derek Chan, Atmel 亚洲分公司

Moe Rubenzahl, Maxim/Dallas 半导体公司

Mark Aldering 和 Theresa Warren, Xilinx 公司

Anders Edholm, Electrolux 公司

Vijayeta Karol, 印度 Siel 本田汽车有限公司

Mark David, 电子设计杂志

Vidur Naik, Adidas 印度分公司

Steven Kamin, Cadence 设计系统

Deepak Pingle 和 **Pralhad Joshi**, Advanced Micronic Devices Limited(AMDL)公司

Regina Kim, WIZnet 公司

Taranbir Singh Kochar, 西门子印度分公司

Crystal Whitcomb, Linksys 公司——Cisco 公司下属的子公司

Kulbhushan Seth, Casio 印度分公司

Jitesh Mathur 和 **Meggy Chan**, Philips 医疗系统

John Symonds, Burn 技术有限公司

Citron Chang, Advantech 器材公司

Michael Barr, Netrino Consultants Networks

Peggy Vezina, GM 传媒

David Mindell, MIT

Frank Miller, Pulsar.gs

Gautam Awasthi, Agilent 印度分公司

还要感谢为本书提出宝贵意见的审阅人员,他们是:

Bimal Raj Dutta

Bareilly 市 Shri Ram Murti Smarak 学院工程与技术系

Nilima Fulmare

Agra 市印度学院科学与技术系

P K Mukherjee

Varanasi 市 Banaras 印度大学科技学院

Kalyan Mahato

Kolkata 市管理学院工程与皮革工艺系

P Kabisatpathy

Bhubaneswar 市工程与技术学院

P K Dutta

Itanagar 市科学与技术大学东北地区分校

Prabhat Ranjan

Gandhinagar 市 Dhirubhai Ambani 学院信息与通信技术系(DAIICT)

Lyla B Das

Calicut 市 Calicut 国立技术学院

最后感谢 McGraw-Hill 出版社印度分部的出版小组,具体包括 Vibha Mahajan、Shalini Jha、Nilanjan Chakravarty、Surbhi Sunan、Dipika Dey、Anjali Razdan 以及 Baldev Raj,他们在书籍出版管理方面的高效与敬业态度给我留下了深刻印象。

Shibu K V

前言

青年学生与实践工程师普遍存在这样一个误解：嵌入式系统设计就是编写 C 代码。这样的理解是完全错误的，这里必须强调——嵌入式系统设计是指设计嵌入式硬件，并使用 C 语言或其他支持语言设计嵌入式固件，然后对硬件和固件进行系统集成，并对系统功能进行测试。

嵌入式系统设计是电子工程领域中一个非常专业的分支，该分支集合了电子学的技术优势与机械工程的专业设计技术，将前沿科技和高端产品引进到多个不同的领域，如消费类电子产品、无线电通信、汽车、零售行业以及银行业等。嵌入式系统是计算机硬件与软件的整合体，其中，软件编程用于开发专用的计算机系统，设计执行用户所需的一项或多项特定功能。

嵌入式产业在全球范围提供了大量的工作机会。嵌入式系统设计是一门艺术，需要有能力的人才迎接其设计挑战，并时刻关注产品设计的时间范围。嵌入式产业当今面临的最大挑战就是该领域缺乏拥有熟练技术的人员。虽然电子与计算机科技工程专业的大多数大学毕业生有天赋也有才能，但他们在嵌入式领域缺少正确的培训，往往对嵌入式系统缺乏必需的理解。此外，缺少合适的学习教材与读物也是造成上述危机的主要原因之一。尽管业界已经出版了许多介绍嵌入式技术的书籍，但这些书籍往往并未使用简明易懂的系统化方法向读者普及嵌入式系统基础知识；这些书籍更多是从深奥的专业领域入手，只适用于专业对口的实践工程师。

本书名为《嵌入式系统原理、设计及开发》，是一本入门书籍，向学生全面介绍了嵌入式系统，并且可以作为实践工程师与项目经理的技术指南，开创了此类书籍的先河。本书可以用作计算机科学与工程、信息技术、电气工程、电子学与通信工程、仪表与控制工程等专业的本科教程。也可以作为计算机科学/信息技术/电子学专业的理学学士/理学硕士/工学硕士、计算机应用硕士以及备考印度计算机等级考试(DOEACC)B 级的学生的重要参考资料。

本书介绍嵌入式系统的基础知识、嵌入式硬件与固件的设计与开发步骤(包括硬件与固件的系统集成)以及嵌入式系统开发生命周期管理知识。第 1 章~第 4 章介绍了嵌入式系统的基本知识。第 5 章~第 13 章介绍了有关嵌入式硬件与固件设计的进阶知识，对于嵌入式系统的实践工程师来说，这些知识是非常有帮助的。第 15 章说明了嵌入式系统设计的生命周期，该章的内容对实践工程师和项目经理都是有益的。每章开头列出学习目标，然后使用简明的文字说明以及大量的表格、图例、例题解答来阐明相应概念。每章的末尾列出重要的知识点，其中包括本章小结、重要术语、课后习题(多项选择题)以及复习题。为了方便学生在实验室也能进行相关的实验，本书还在相关章节提供了实验练习题。本书附录介绍了微控制器(具体包括 PIC 单片机与 AVR 单片机)与 ARM 处理器，列举了贴近实际的最新嵌入式设计案例，将使您受益匪浅。

本书主要特色如下:

- 给出了学习嵌入式系统的全新方法。本书将嵌入式系统看作一个整体,说明其定义、组成结构、注意事项以及嵌入式系统设计的完整过程与方法。
- 采用面向设计与面向开发的方法,详细说明 Keil Micro Vision(即嵌入式系统/集成开发环境)、ORCAD(PCB 设计软件工具)以及 PCB(Printed Circuit Board, 印刷电路板)制造技术。
- 列举实际应用,比如洗衣机、汽车、步进电机以及其他输入/输出设备接口电路。
- 基于嵌入式 C 语言的编程概念,深入研究基础知识,揭示更高级的概念。
- 全面描述 8051 微控制器架构以及汇编语言编程。
- 详细说明 RTOS 内部机理、多任务、任务管理、任务调度、任务通信与同步。对于各种任务调度策略都列举了大量的相关实例。
- 全面说明 MicroC/OS-II 与 VxWorks 的 RTOS 内核。
- 行文清晰易懂,着重强调实例与图表。
- 对于不是很熟悉嵌入式系统及其应用的实践工程师来说,本书是非常有用的参考。
- 丰富的教学特色,包括课后习题、实验练习题、例题解答以及复习题。

感兴趣的学生、教师以及专业人员可以进一步访问本书在互联网上的在线学习中心——<http://www.mhhe.com/shibu/es1e>; 注意,该网址末尾部分的字母 es 与字母 e 之间有一个数字。该网址提供了与本书相关的有价值的学习资料。

在线学习中心为教师提供了以下资料:

- 各章的 PowerPoint 幻灯片
- 有关嵌入式编程语言 C++/Java 的简要介绍
- 除了书中给出的学习案例以外,还新增了一个心跳监测系统的学习案例
- 各章的习题参考答案
- 小问题与小测验,包括填空题、判断题和多项选择题(共 25 道),以及附带答案的编程题(共 5 道,难度级别较高)
- 与各章内容相关的重要网址及文字材料的链接

在线学习中心为学生提供了以下资料:

- 各章的内容提要
- 有关嵌入式编程语言 C++/Java 的简要介绍
- 除了书中给出的学习案例以外,还新增了一个心跳监测系统的学习案例
- 本书课后习题与部分复习题的答案,以及各章实验练习题的提示
- 小问题与自测题,包括填空题、判断题和多项选择题(共 25 道),以及附带答案的编程题(共 5 道,难度级别容易/中等)
- 项目概念清单
- 与各章内容相关的重要网址及文字材料的链接

本书的编写完全是基于我在嵌入式硬件与固件设计领域多年工作的知识积累,以及在嵌入式系统生命周期管理方面掌握的专业技术。书中使用了一些摘自互联网的文字描述与图像,作者已经事先与相关作者或网站取得联系,并获得了版权许可。

关于器件的设计参考和数据手册(包括本书相关应用实例引用的参数),都是摘自下面的网

址。通过访问这些网址,读者可以获得相关设计文章的更新以及更多信息。此外,读者还可以从这些网站订购一些免费的样例,从而方便自己的设计。

www.intel.com	Intel 公司
www.maxim-ic.com	Maxim/Dallas 半导体公司
www.atmel.com	Atmel 公司
www.analog.com	AD 公司
www.microchip.com	Microchip 技术公司
www.ti.com	TI 公司
www.nxp.com	NXP 半导体公司
www.national.com	National 半导体公司
www.fairchildsemi.com	Fairchild 半导体公司
www.intersil.com	Intersil 公司
www.freescale.com	Freescale 半导体公司
www.xilinx.com	Xilinx 公司(提供可编程器件)
www.orcad.com	Cadence 系统公司(提供 Orcad 工具)
www.keil.com	Keil 公司(提供 Micro Vision 3 IDE)
www.embedded.com	在线嵌入式杂志
www.elecdesign.com	电子设计杂志

本书编排形式

学习目标

每章开始都会列出学习目标,读者在掌握了该章内容之后,应该能够达到这些学习目标。

例题解答

例题解答出现在各章节合适的位置,有助于读者理解嵌入式硬件与固件设计的基本原理。

照片

重要概念、设计与架构的照片向读者直观展示了相应的实物。

图示说明

准确有效的图示说明向读者展示了嵌入式系统设计中的概念、设计问题及步骤。

小结与重要术语

小结重温该章各主题的要点,重要术语则列出了该章重要的术语说明。

课后习题与复习题

通过以多项选择的方式解答课后习题,读者可以评测自己的学习情况。通过解答复习题,学生可以进一步应用和结合该章的内容。

实验练习题

为了指导学生在实验室更好地开展实验，在相关章节的末尾给出了实验练习题。

研究案例

本书末尾给出了 5 个研究案例，展示了理论概念的应用。

各种微处理器和控制器系列的附录说明

附录简单介绍了 PIC 系列微控制器、AVR 系列微控制器以及 ARM 处理器。

目 录

第 I 部分 理解嵌入式系统的基本概念

第 1 章 嵌入式系统简介	3
1.1 嵌入式系统的含义	3
1.2 对比嵌入式系统与通用计算系统	4
1.3 嵌入式系统的发展历程	5
1.4 嵌入式系统的分类	6
1.4.1 基于时代的分类	6
1.4.2 基于复杂度和性能的分类	7
1.5 嵌入式系统的主要应用领域	8
1.6 嵌入式系统的用途	8
1.6.1 数据采集、数据存储与数据显示	9
1.6.2 数据通信	10
1.6.3 数据(信号)处理	10
1.6.4 监测	11
1.6.5 控制	11
1.6.6 专用用户界面	12
1.7 Adidas 公司推出的智能跑鞋——嵌入式技术与生活方式的创新结合	12
1.8 本章小结	13
1.9 重要术语	14
1.10 课后习题	14
1.11 复习题	15
第 2 章 典型的嵌入式系统	17
2.1 嵌入式系统的内核	19
2.1.1 通用处理器与专用处理器	19
2.1.2 专用集成电路	27
2.1.3 可编程逻辑器件	28
2.1.4 商用现货	30

2.2 存储器	30
2.2.1 程序存储器	31
2.2.2 读-写存储器/随机存取存储器	33
2.2.3 基于接口类型的存储器分类	35
2.2.4 存储器映射	35
2.2.5 嵌入式系统中的存储器选型	36
2.3 传感器与激励器	37
2.3.1 传感器	38
2.3.2 激励器	38
2.3.3 I/O 子系统	38
2.4 通信接口	48
2.4.1 板上通信接口	48
2.4.2 外部通信接口	54
2.5 嵌入式固件	62
2.6 系统其他元件	63
2.6.1 复位电路	63
2.6.2 欠压保护电路	64
2.6.3 振荡器	65
2.6.4 实时时钟	65
2.6.5 看门狗定时器	66
2.7 PCB 与无源元件	67
2.8 本章小结	67
2.9 重要术语	68
2.10 课后习题	71
2.11 复习题	73
2.12 实验练习题	75

第 3 章 嵌入式系统的特征与

质量属性

3.1 嵌入式系统的特征	77
--------------	----

3.1.1 面向特定应用和特定领域	77	5.1.7 功耗	99
3.1.2 反馈与实时性	78	5.1.8 成本	99
3.1.3 能够在恶劣环境中工作	78	5.2 选用 8051 微控制器的原因	99
3.1.4 分布式	78	5.3 基于 8051 的设计	100
3.1.5 尺寸小、重量轻	79	5.3.1 8051 的基本架构	100
3.1.6 低功耗、节能	79	5.3.2 存储器结构	100
3.2 嵌入式系统的质量属性	79	5.3.3 寄存器	107
3.2.1 工作模式下的质量属性	79	5.3.4 振荡器	110
3.2.2 非工作模式下的质量属性	81	5.3.5 端口	111
3.3 本章小结	84	5.3.6 中断	126
3.4 重要术语	84	5.3.7 8051 中断系统	128
3.5 课后习题	85	5.3.8 定时器	139
3.6 复习题	87	5.3.9 串口	147
第 4 章 嵌入式系统——面向特定应用与特定领域	89	5.3.10 复位电路	158
4.1 洗衣机——面向特定应用的嵌入式系统	89	5.3.11 省电节能模式	159
4.2 汽车——面向特定领域的嵌入式系统	91	5.4 8052 微控制器	164
4.2.1 汽车嵌入式系统工作的内部情况	91	5.5 8051/52 的衍生产品	164
4.2.2 汽车通信总线	92	5.5.1 Atmel 公司的 AT89C51RD2/ED2	164
4.2.3 汽车嵌入式市场上的主流厂商	93	5.5.2 Maxim 公司的 DS80C320/DS80C323	165
4.3 本章小结	95	5.6 本章小结	165
4.4 重要术语	95	5.7 重要术语	166
4.5 课后习题	96	5.8 课后习题	168
4.6 复习题	96	5.9 复习题	172
第 5 章 使用 8 位微控制器 8051 设计嵌入式系统	97	5.10 实验练习题	173
5.1 控制器选型时需要考虑的因素	98	第 6 章 基于 8051 微控制器的编程	175
5.1.1 功能集合	98	6.1 8051 支持的各种寻址模式	176
5.1.2 运行速度	98	6.1.1 直接寻址	176
5.1.3 代码存储空间	98	6.1.2 间接寻址	176
5.1.4 数据存储空间	98	6.1.3 寄存器寻址	177
5.1.5 开发环境支持	99	6.1.4 立即寻址	178
5.1.6 可用性	99	6.1.5 索引寻址	178
		6.2 8051 指令集	182
		6.2.1 数据传输指令	182
		6.2.2 算术运算指令	188
		6.2.3 逻辑指令	197

6.2.4 布尔运算指令	202	8.2.7 多路复用器	249
6.2.5 程序控制转移指令	205	8.2.8 多路输出选择器	250
6.3 本章小结	208	8.2.9 组合电路	250
6.4 重要术语	209	8.2.10 时序电路	252
6.5 课后习题	210	8.3 VLSI 与集成电路设计	257
6.6 复习题	216	8.4 电子设计自动化工具	263
6.7 实验练习题	216	8.5 OrCAD EDA 工具的用法	263
第 7 章 软硬件协同设计与		8.6 使用 OrCAD 的 Capture CIS	
程序建模	219	工具实现电路图设计	263
7.1 软硬件协同设计的基本概念	220	8.6.1 电路图绘制窗口	266
7.2 嵌入式设计的计算模型	221	8.6.2 电路图绘图工具	266
7.2.1 数据流程图模型	222	8.6.3 电路图绘制明细	270
7.2.2 控制数据流程图	222	8.6.4 创建元件编号	272
7.2.3 状态机模型	223	8.6.5 设计规则检查	273
7.2.4 顺序程序模型	226	8.6.6 创建材料清单	274
7.2.5 并发处理模型/通信处理		8.6.7 创建网表	275
模型	228	8.7 PCB 布局布线设计	278
7.2.6 面向对象模型	229	8.7.1 布局布线构建块	278
7.3 统一建模语言简介	230	8.7.2 使用 OrCAD 布局布线工具	
7.3.1 UML 构建块	230	完成布局布线设计	283
7.3.2 UML 工具	234	8.7.3 PCB 布局布线准则	298
7.4 软硬件权衡	234	8.8 印刷电路板制造	299
7.5 本章小结	235	8.8.1 各种类型的 PCB	299
7.6 重要术语	236	8.8.2 PCB 制造方法	301
7.7 课后习题	238	8.8.3 PCB 设计完成后, 电路板外形	
7.8 复习题	239	及其调试测试	302
7.9 实验练习题	239	8.9 本章小结	304
第 II 部分 嵌入式产品的设计与开发		8.10 重要术语	305
第 8 章 嵌入式硬件设计与开发	243	8.11 课后习题	307
8.1 模拟电子元件	244	8.12 复习题	310
8.2 数字电子元件	245	8.13 实验练习题	311
8.2.1 集电极开路与三态输出	245	第 9 章 嵌入式固件设计与开发	315
8.2.2 逻辑门	246	9.1 嵌入式固件设计方法	316
8.2.3 缓冲器	247	9.1.1 基于超循环的方法	317
8.2.4 锁存器	247	9.1.2 基于嵌入式操作系统的方法	318
8.2.5 译码器	248	9.2 嵌入式固件开发语言	319
8.2.6 编码器	248	9.2.1 基于汇编语言的开发	319

9.2.2 基于高级语言的开发	326	10.10.1 功能性需求	496
9.2.3 汇编语言与高级语言 混合编程	328	10.10.2 非功能性需求	497
9.3 嵌入式 C 编程	331	10.11 本章小结	498
9.3.1 对比 C 语言与嵌入式 C 语言	331	10.12 重要术语	499
9.3.2 对比编译器与交叉编译器	331	10.13 课后习题	502
9.3.3 在嵌入式 C 编程中使用 C 语言	332	10.14 复习题	513
9.4 本章小结	387	10.15 实验练习题	517
9.5 重要术语	388		
9.6 课后习题	389	第 11 章 基于 VxWorks 与 MicroC/OS-II	
9.7 复习题	396	RTOS 的嵌入式系统设计	
9.8 实验练习题	398	简介	521
第 10 章 基于实时操作系统的嵌入式		11.1 VxWorks	522
系统设计	399	11.1.1 任务创建与管理	522
10.1 操作系统基础知识	400	11.1.2 任务调度	525
10.2 操作系统分类	404	11.1.3 内核服务	526
10.2.1 通用操作系统	404	11.1.4 任务间通信	526
10.2.2 实时操作系统	404	11.1.5 任务同步与互斥	531
10.3 任务、进程与线程	409	11.1.6 中断处理	535
10.3.1 进程	409	11.1.7 监控任务执行的看门狗	537
10.3.2 线程	411	11.1.8 定时与定时基准	537
10.4 多处理与多任务	420	11.1.9 VxWorks 开发环境	537
10.5 任务调度	422	11.2 MicroC/OS-II	538
10.5.1 非抢占式调度	424	11.2.1 任务创建与管理	538
10.5.2 抢占式调度	432	11.2.2 内核函数与初始化	543
10.6 结合使用线程、进程与 调度	442	11.2.3 任务调度	544
10.7 任务通信	446	11.2.4 任务间通信	545
10.7.1 存储器共享	447	11.2.5 互斥与任务同步	551
10.7.2 消息传递	453	11.2.6 定时与定时基准	562
10.7.3 远程过程调用与套接字	458	11.2.7 存储器管理	562
10.8 任务同步	462	11.2.8 中断处理	563
10.8.1 任务通信/同步问题	462	11.2.9 MicroC/OS-II 开发环境	565
10.8.2 任务同步技术	475	11.3 本章小结	565
10.9 设备驱动程序	493	11.4 重要术语	566
10.10 选择 RTOS 的方法	496	11.5 课后习题	567
		11.6 复习题	569
		11.7 实验练习题	571
		第 12 章 嵌入式硬件与固件的集成与	
		测试	575
		12.1 硬件与固件的集成	576