

# 嵌入式系统 及应用



教育部高等学校自动化专业  
教学指导分委员会规划  
工程应用型自动化专业系列教材

李登峰 汪贵平



教育部高等学校自动化专业  
教学指导分委员会规划  
工程应用型自动化专业系列教材

# 嵌入式 及应用

Qianrushi Xitong ji Yingyong

李登峰 汪贵平



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

嵌入式系统是一门实践性很强的应用技术课程,随着嵌入式系统的发展和应 用,逐渐成为电子信息类、自动化类、电气类、计算机类和机械类专业的重要课程。本书主要介绍嵌入式系统的基础知识和开发应用基本方法,全书共分为9章,内容包括嵌入式系统概述、嵌入式微处理器体系结构、嵌入式系统硬件平台设计、ARM指令系统及汇编语言程序设计、嵌入式系统的BSP技术、嵌入式操作系统基础、嵌入式系统开发应用基础、WinCE设备驱动开发和嵌入式系统实验指导等。

本书注重基础知识的介绍,按照由浅入深的原则,依据嵌入式系统的开发规律,将嵌入式系统设计和开发的内容有机地结合在一起,内容编写上采用典型案例教学和实验相结合的模式,形成了嵌入式系统基础、设计、开发和应用一个比较完整的知识体系,使整本书的内容特别适合初学者自学和教学使用。

本书可作为高等学校电子信息类、自动化类、计算机类、电气类、机电类等专业的本科生、研究生的教材,也可作为嵌入式系统从业人员的培训教材,还可作为嵌入式系统开发工程技术人员的参考资料。

## 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统及应用/李登峰,汪贵平编.--北京:  
高等教育出版社,2013.1  
ISBN 978-7-04-036521-4

I. ①嵌… II. ①李… ②汪… III. ①微型计算机-系统设计-高等学校-教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第285149号

策划编辑 欧阳舟 责任编辑 欧阳舟 封面设计 张雨微 版式设计 于婕  
插图绘制 尹莉 责任校对 陈杨 责任印制 毛斯璐

---

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印 刷	北京中科印刷有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
开 本	787mm×1092mm 1/16		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印 张	37	版 次	2013年1月第1版
字 数	840千字	印 次	2013年1月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	57.00元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 36521-00

# 工程应用型自动化专业 课程体系研究与教材建设委员会

主任委员： 吴 澄(清华大学)

副主任委员：韩九强(西安交通大学)

萧德云(清华大学)

薛安克(杭州电子科技大学)

专家委员(按姓氏笔画)：

王 普(北京工业大学)

刘小河(北京信息科技大学)

吴晓蓓(南京理工大学)

赵光宙(浙江大学)

彭 瑜(上海工业自动化仪表研究院) 谢克明(太原理工大学)

韩力群(北京工商大学)

任德祥(上海宝钢集团)

吴重光(北京化工大学)

张德江(长春工业大学)

凌志浩(华东理工大学)

戴先中(东南大学)

委 员(按姓氏笔画)：

于微波(长春工业大学)

王 俊(合肥学院)

王再英(西安科技大学)

王建华(上海应用技术学院)

艾 红(北京信息科技大学)

张丽香(山西大学工程学院)

李现明(山东大学)

陈在平(天津理工大学)

周亚军(杭州电子科技大学)

胡向东(重庆邮电大学)

聂诗良(西南科技大学)

黄 坚(南京工程学院)

韩 颖(高等教育出版社)

孔亚广(杭州电子科技大学)

王万良(浙江工业大学)

王存旭(沈阳工程学院)

白 晶(北华大学)

许晓峰(沈阳工程学院)

李全利(哈尔滨理工大学)

汪贵平(长安大学)

陈桂友(山东大学)

罗 敏(湖北汽车工业学院)

徐昱琳(上海大学)

崔桂梅(内蒙古科技大学)

黄江平(华东交通大学)

薛为民(北京联合大学)

秘 书：韩 颖(兼)(高等教育出版社)

# 出版说明

为了适应高等工程教育改革,满足社会对工程应用型自动化专业人才的需要,在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士的领导下,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”专项研究课题,从全国高等院校遴选了既有工程研究实践背景、又有教材编写经验的专家教授,以及企业界知名特邀代表共40余人,对工程应用型自动化专业的课程体系、教学内容进行系统深入的调查、分析和研究,提出了工程应用型自动化专业课程体系结构和系列教材的三级目录。采用个人报名、专家推荐、“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审相结合的方式,组织编写出版一套工程应用特点明显、国内一流的工程应用型自动化专业系列教材。

工程应用型自动化专业系列教材力求达到理论与应用相统一、教学与实际相结合、工程应用特点明显、国内一流。通过对人才市场需求、专业培养定位、自动化技术发展动态的分析研究,提出从实际工程应用自动化系统出发,结合系统中涉及的单元技术与理论方法,聚类归纳工程应用型自动化专业的课程体系结构,凝练解决自动化应用系统问题的每门课程的内容与知识点,使学生能够学以致用,能够解决工程实际应用问题。经过40多位专家教授的辛勤劳作,第一批19本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版。为了满足不同应用背景、不同应用层次的工程需要,部分应用面广的同类教材有两种版本可供选用。

本系列教材主要内容覆盖自动化应用系统涉及的实用技术、理论与方法、器件与工具等内容。第一批教材包括针对自动化系统数据获取部分的机器视觉技术及应用、现代检测技术及应用等;系统驱动部分的电机与拖动、电力电子技术、电力拖动自动控制系统等;系统控制方法部分的自动控制原理、过程控制、运动控制等;控制器硬件设计部分的单片机原理、嵌入式系统、DSP原理、可编程控制器等;自动化系统部分的计算机控制、自动化系统集成、自动控制工程设计、自动化专业实践初步等;数据处理部分的控制工程数据库技术等。

本系列教材的主要特色在于注重课程体系的应用系统性和技术先进性,注重培养学生的自动化系统的集成组态设计能力和前瞻意识。课程体系按系统单元划分,教材章节按解决问题所需的知识安排,培养学生解决工程实际应用问题的针对性和有效性。在教材章节上尽可能引入相关新技术、新理论、新方法和新器件,培养学生利用新知识解决问题的思维方式和实际应用创新能力。

如何培养适应信息时代要求的工程师是我国高等工程教育改革的核心,也是本系列教材编写的主导思想。通过本系列教材的学习,使学生能够具备一个工程师进行自动化系统或相应系统设计开发以及选型集成的基本创新能力。本系列教材主要面向工程应用型自动化及相关专业

的大学生和研究生。我们希望本套工程应用型系列教材的出版,能够有力促进我国高等院校工程应用型自动化专业人才培养质量的提高,也能为广大科技工作者和工程技术人员提供参考和帮助。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持。欢迎提出宝贵批评意见和建议,请将您的建议反馈至 [hanying@hep.com.cn](mailto:hanying@hep.com.cn)。

工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会

2009年12月

# 序 一

自动化技术在我国现代化建设进程中具有重要地位。五十多年来,自动化技术对我国社会主义现代化建设的众多领域发挥了重要作用,产生了深远影响。最具代表性的两弹一星的成功发射、载人飞船的顺利返回、嫦娥探月的环绕飞行等充分体现了自动化技术在国家重大工程应用中的示范作用。自动化技术也有力地推动着我国整体工业的发展和改变着人们的生活方式,如集成制造系统的普及推广使机械加工制造自动化程度达到了更高的水平,服务机器人代替家政进入了家庭,改善了人们的生活环境,如此等等。

我国正在全面建设小康社会,走新型工业化道路,促进信息化与工业化的“两化”融合,实现工业、农业、国防和科学技术现代化。在此进程中,自动化技术起着不可替代的桥梁作用。这就迫切需要高等学校自动化专业办学机构和广大教师进行深入研究和探索,如何能够为各行各业输送大量具有工程实践能力和应用创新能力的工程应用型自动化专业高级技术人才。在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士领导下,针对我国高等教育发展快、规模大、社会各行各业对工程应用型自动化专业人才需求量大的特点,按照大众化高等教育阶段分类指导的思想和原则,抓住有利时机,成立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”,对工程应用型自动化专业的知识体系、课程体系、能力培养等进行了有益的探索,为工程应用型自动化专业人才培养、教材建设奠定了基础。

工程应用型自动化专业涉及面广、行业多,其人才培养模式与课程体系涉及的因素众多复杂,包括如何结合通识教育,拓宽应用口径、突出专业重心、强化实践教学、理论联系实际、提高应用创新能力等,其中构建既不照搬研究型、也不雷同技能训练型的工程应用型自动化专业课程体系,编写一套有利于促进面向不同行业、应对不同层次问题的工程应用型学生个性发展的一流教材尤为重要,着力培养学生由解决工程实际问题到提出新问题的探索思维方式,即运用知识的创新能力。“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在对工程应用型自动化专业课程体系研究的基础上,从全国遴选有工程应用背景、有教材编写经验的教授与专家,组织编写了这套工程应用型自动化专业系列教材,这对工程应用型自动化专业人才的创新能力培养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员,在本系列教材即将付印之际,我谨

向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意!

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材,并提出宝贵意见。

A handwritten signature in black ink, reading '吴启迪' (Wu Qindi).

2009年12月于北京

---

吴启迪:教育部原副部长,同济大学教授、博士生导师。



# 序 二

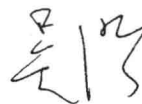
工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后,按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则,结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举,培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力,使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系,带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容,工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题,成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组,介入的高校达40多所,从全国遴选出40多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究,提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发,按自动化系统的组成,归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构;分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系,建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础,组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等20多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理,从控制方法到控制器设计,从系统集成到组态工具,从课程体系到三级目录起草,先后经过了6次全国会议的认真研讨,凝聚着40多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请,“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定,至此,第一批审定通过的19本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版,对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的改变、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系列教材从体系结构到每本教材的三

级目录组成,以至每本教材的具体内容都可能存在许多不当之处,恳请使用本系列教材的老师、学生及各界人士不吝批评指正。

教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



2009年12月于清华大学

---

吴澄:中国工程院院士,清华大学教授,博士生导师,教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员。

# 前 言

嵌入式系统的快速发展和应用领域的不断拓展,使我深深认识到在 51 单片机之后,嵌入式系统必将成为又一个极其重要的开发应用平台,必将成为电气信息和机电类专业的重要专业基础课程,也是今后本科生、研究生必须掌握的知识。于是,在 2007 年承担嵌入式系统及应用研究生课程教学任务时起,就有编写一本适合于入门者和教学用教材的设想。然而,面对嵌入式系统及应用所包含的浩瀚知识,深感自己知识的贫乏,也对嵌入式系统及应用教学中存在的问题感触颇深。尽管这几年关于嵌入式系统及应用方面的书籍出版了很多,但是能够真正作为教材使用的并不多,而能够促使初学者掌握嵌入式系统及应用方面系统化知识的书更是少之又少。因此,在 2010 年决定根据这几年教学经验和知识的积累开始编写本书,其目的就是想使初学者在尽可能短的时间内掌握嵌入式系统及应用的知识体系,并且通过书中案例的学习和实践环节提高读者在嵌入式系统设计和应用方面的能力,通过本书的学习使读者能够从容面对嵌入式系统设计、应用和开发任务。

嵌入式微处理器和嵌入式操作系统的种类繁多,相互组合又构成了各种形态的嵌入式系统平台,针对特定应用的嵌入式系统,又具有各自的特征。嵌入式系统的多样性和各种变化往往使初学者眼花缭乱,难以把握嵌入式系统的知识体系和要点。本书试图按照循序渐进的原则,沿着“嵌入式微处理器→硬件平台→BSP→嵌入式操作系统→开发应用基础→设备驱动开发”这样一条主线来构建嵌入式系统的知识体系,在通过具体案例介绍各部分知识的同时,也使读者明白变化无穷的嵌入式系统也有其自身规律和共性的方面,通过个别的案例学习也能触类旁通并且轻易了解其他嵌入式系统的基本原理和设计方法。

本书共分为 9 章,第 1 章概述部分在介绍嵌入式系统的基本概念、特点、应用领域和发展状况的基础上,介绍了嵌入式系统的一般组成和开发过程;第 2 章以目前主流的 ARM 系列嵌入式微处理器为例,介绍了嵌入式微处理器的体系结构;第 3 章以 S3C2440A 芯片为核心,介绍了嵌入式系统硬件平台的设计;第 4 章以 ARM 指令系统为例,介绍了嵌入式微处理器的指令系统和汇编语言程序设计;第 5 章以 WinCE 的 BSP 为例,介绍了嵌入式系统的 BSP 技术和 BSP 的开发方法;第 6 章以 WinCE 嵌入式操作系统为例,介绍了嵌入式操作系统的基本结构和主要功能;第 7 章以 WinCE 嵌入式操作系统的应用程序开发为例,介绍了嵌入式应用程序开发的基本过程和开发方法;第 8 章以 WinCE 嵌入式操作系统的设备驱动程序开发为例,介绍了嵌入式设备驱动程序的基本结构和开发方法;第 9 章是与第 2~8 章内容相关的典型实验的指导书。

嵌入式系统及应用具有很强的实践性,本书编写时,强调基本概念、基本理论和基本方法的重要性,也关注读者在学习和实际应用中可能遇到的问题,尽可能引用经典的案例,使读者对书

中的重要知识点有更深入的理解,同时也为这些知识应用提供范例,使各章节内容的实用性得到加强,有利于培养读者理论联系实际的创新意识和创新思维能力。

本书参考学时为 60 学时,建议授课学时为 40 学时,实验学时为 20 学时,可以根据专业和培养计划的要求进行适当的调整。如要适当减少授课学时,第 8 章的内容可以不讲;如要减少实验学时,可以对实验指导书中的实验项目进行取舍。

本书由李登峰和汪贵平共同编著。李登峰编写了第 3、4、5、6、7、8 章,汪贵平编写第 1、2、9 章。张真、白云婷、胡捷、吴秀明、许锡顺、付杰、鲁庭勇等研究生完成了电子相册、温度控制等案例的设计和验证工作;制作了书中的插图;完成了部分例题和习题的验证工作;完成了本书初稿的阅读、校对和排版工作,并提出了不少宝贵意见。在编写过程中,作者得到了长安大学其他老师和研究生的关心和支持,在此一并向他们表示衷心的感谢。同时向引用文献资料的作者表示崇高的敬意和诚挚的感谢。

本书虽然经过长时间的反复修改和讨论,但由于嵌入式系统方面的内容非常广泛,作者水平有限,书中难免还存在一些错误或不妥之处,敬请读者进行批评指正。读者的意见和建议可以随时发送到 [dflif@chd.edu.cn](mailto:dflif@chd.edu.cn) 或 [gpwang@chd.edu.cn](mailto:gpwang@chd.edu.cn)。

编者

2012 年 8 月

# 目 录

<b>第 1 章 嵌入式系统概述</b> .....	1	2.3.1 ARM 中断与异常类型	30
1.1 嵌入式系统简介 .....	1	2.3.2 中断与异常的响应和返回	31
1.1.1 嵌入式系统的基本概念 .....	1	2.3.3 中断与异常入口向量 .....	32
1.1.2 嵌入式系统的特点 .....	1	2.4 ARM 的寄存器组织 .....	32
1.1.3 嵌入式系统的发展 .....	2	2.4.1 通用寄存器 .....	33
1.1.4 嵌入式系统的应用领域 .....	3	2.4.2 程序状态寄存器 .....	33
1.2 嵌入式系统组成结构和开发		2.4.3 ARM 状态下的寄存器 .....	35
应用概述 .....	5	2.5 ARM 的协处理器接口 .....	36
1.2.1 嵌入式系统的组成结构 .....	5	2.5.1 CP14 协处理器 .....	36
1.2.2 嵌入式处理器 .....	7	2.5.2 CP15 协处理器 .....	38
1.2.3 嵌入式系统硬件平台 .....	8	2.6 ARM 的存储系统 .....	45
1.2.4 嵌入式操作系统 .....	10	2.6.1 ARM 存储格式 .....	45
1.2.5 嵌入式系统应用软件 .....	14	2.6.2 存储空间管理单元(MMU) .....	46
1.2.6 嵌入式系统应用开发 .....	15	2.7 S3C2440A 微处理器 .....	57
习题 .....	17	2.7.1 S3C2440A 的基本结构 .....	57
<b>第 2 章 嵌入式微处理器的体系结构</b> .....	18	2.7.2 S3C2440A 微处理器的内部	
2.1 ARM 处理器概述 .....	18	资源简介 .....	58
2.1.1 ARM 处理器体系结构版本 .....	18	2.7.3 S3C2440A 芯片的封装 .....	59
2.1.2 ARM 处理器家族 .....	19	习题 .....	59
2.1.3 ARM 产品命名规则 .....	22	<b>第 3 章 嵌入式系统硬件平台的设计</b> .....	61
2.2 ARM 内核结构 .....	24	3.1 嵌入式系统硬件平台的基本	
2.2.1 ARM7TDMI 主处理器		组成与设计方法 .....	61
的逻辑结构 .....	25	3.1.1 嵌入式系统硬件平台的基本	
2.2.2 ARM9TDMI 主处理器		组成 .....	61
的通用内核结构 .....	27	3.1.2 嵌入式系统硬件平台的设计	
2.2.3 ARM920T 内核 .....	28	方法 .....	63
2.2.4 ARM 启动方式 .....	29	3.1.3 S3C2440A 教学实验板	
2.2.5 ARM 处理器的运行模式 .....	29	简介 .....	63
2.3 ARM 中断与异常 .....	30	3.1.4 最小系统设计 .....	65

3.1.5	电源系统设计	65	3.7.3	串行接口电路设计	141
3.1.6	时钟电路设计	67	3.8	网络接口电路设计	143
3.1.7	复位电路设计	67	3.8.1	DM9000AE 芯片	144
3.1.8	细间距球栅阵列 JTAG 的内部 结构	68	3.8.2	网络接口电路设计	146
3.2	核心系统设计	72	3.9	SD 卡接口电路设计	147
3.2.1	S3C2440A 的存储控制器	72	3.9.1	SD 卡标准	147
3.2.2	NOR Flash 存储系统设计	82	3.9.2	S3C2440A 的 SD 卡控制器	149
3.2.3	SDRAM 接口电路设计	85	3.9.3	SD 卡接口电路设计	154
3.2.4	NAND FLASH 存储系统 设计	88	3.10	USB 接口电路设计	155
3.3	数字输入/输出控制接口设计	98	3.10.1	USB 总线技术	156
3.3.1	S3C2440A 的 GPIO 模块	98	3.10.2	S3C2440A 的 USB 控制器	160
3.3.2	外部中断输入	100	3.10.3	USB 接口电路设计	162
3.3.3	定时器接口	106	3.11	嵌入式硬件平台使用前的准备	163
3.3.4	数字输入/输出控制接口 设计	110	3.11.1	嵌入式硬件平台使用前 的知识准备	163
3.4	LCD 显示接口电路设计	111	3.11.2	嵌入式系统应用环境的 搭建	164
3.4.1	LCD 显示器的基本原理 和特点	111	3.11.3	嵌入式硬件平台的连接 与使用	167
3.4.2	S3C2440A 的 LCD 控制器	113	习题		173
3.4.3	LCD 接口电路设计	117	<b>第 4 章 ARM 指令系统及汇编语言程序 设计基础</b>		174
3.5	触摸屏接口电路设计	121	4.1	ARM 指令基础	174
3.5.1	S3C2440A 的 A/D 转换器	121	4.1.1	ARM 指令的编码与助记符	174
3.5.2	电阻式触摸屏的基本原理	125	4.1.2	ARM 指令寻址方式	176
3.5.3	电阻式触摸屏接口及 A/D 转换器接口电路设计	126	4.2	ARM 指令系统	180
3.6	音频接口电路设计	127	4.2.1	ARM 指令分类	180
3.6.1	S3C2440A 的 IIS 总线接口 控制器	127	4.2.2	数据处理指令	180
3.6.2	UDA1341 音频处理芯片	131	4.2.3	数据加载与存储指令	186
3.6.3	音频接口电路设计	133	4.2.4	分支指令	190
3.7	串行通信接口电路设计	134	4.2.5	程序状态寄存器访问指令	192
3.7.1	串行通信基础	134	4.2.6	协处理器指令	193
3.7.2	S3C2440A 的通用异步 收发器(UART)	136	4.2.7	异常中断产生指令	194
			4.2.8	ARM 指令与 Thumb 指令	195
			4.3	汇编语言程序基础	196
			4.3.1	汇编语言程序格式	196

4.3.2	汇编语言程序中常用的符号	197	5.3	WinCE 操作系统下的 BSP 开发	294
4.3.3	汇编语言程序中表达式和运算符	199	5.3.1	BSP 的开发流程	294
4.4	ARM 伪指令	200	5.3.2	克隆参考 BSP	295
4.4.1	数据定义伪指令	201	5.3.3	Boot Loader 设计与实现	295
4.4.2	符号定义伪指令	202	5.3.4	OAL 开发	296
4.4.3	汇编控制伪指令	204	5.3.5	为新的硬件编写设备驱动程序	296
4.4.4	信息报告伪指令	205	5.3.6	发布 BSP	296
4.4.5	其他常用的伪指令	207	习题		297
4.5	汇编语言程序设计基础	212	<b>第 6 章 嵌入式操作系统基础</b>		298
4.5.1	汇编语言程序设计的基本过程	212	6.1	操作系统的基本概念	298
4.5.2	简单汇编程序设计	213	6.1.1	操作系统概述	298
4.5.3	条件控制汇编程序设计	213	6.1.2	操作系统的发展	300
4.5.4	异常和中断编程	215	6.1.3	操作系统的基本特征和基本结构	302
4.5.5	模块化程序设计	226	6.1.4	操作系统的主要功能	306
4.5.6	汇编语言程序设计举例	232	6.1.5	操作系统的分类	308
4.6	汇编语言程序设计实践	239	6.2	嵌入式操作系统	310
4.6.1	汇编语言程序编译调试过程	239	6.2.1	嵌入式操作系统及其主要特点	310
4.6.2	汇编语言程序的编辑	240	6.2.2	常用的嵌入式操作系统简介	311
4.6.3	汇编语言程序的编译连接	244	6.2.3	嵌入式操作系统的分类	314
4.6.4	汇编语言程序的调试	255	6.2.4	典型嵌入式操作系统分析	314
4.6.5	目标代码的下载	265	6.2.5	嵌入式操作系统的发展趋势	319
习题		267	6.3	WinCE 嵌入式操作系统	319
<b>第 5 章 嵌入式系统的 BSP 技术</b>		269	6.3.1	WinCE 概述	319
5.1	嵌入式系统的 BSP 技术	269	6.3.2	WinCE 的体系结构	320
5.1.1	BSP 的基本概念	269	6.3.3	WinCE 的应用系统开发支持	324
5.1.2	BSP 的组成结构	269	6.3.4	WinCE 的系统 API 调用机制	325
5.1.3	BSP 的基本特点与功能	271	6.4	WinCE 的处理器管理	326
5.2	WinCE 5.0 的 BSP	272	6.4.1	WinCE 的进程	326
5.2.1	Boot Loader	272	6.4.2	WinCE 的线程	328
5.2.2	OAL	279			
5.2.3	设备驱动程序	284			
5.2.4	配置文件	284			

6.4.3 WinCE 的线程同步 .....	331	7.4.3 编译和运行 WinCE 应用程序 .....	382
6.4.4 WinCE 进程间的通信 .....	339	7.5 键盘、输入笔和菜单 .....	383
6.5 WinCE 的内存管理 .....	345	7.5.1 键盘 .....	383
6.5.1 WinCE 的内存管理 .....	346	7.5.2 输入笔和触摸屏 .....	385
6.5.2 WinCE 虚拟内存的分配与回收 .....	350	7.5.3 菜单 .....	386
6.5.3 WinCE 逻辑内存的分配与回收 .....	353	7.5.4 应用示例 .....	388
6.6 WinCE 的设备管理 .....	355	7.6 屏幕绘图 .....	391
6.6.1 WinCE 设备管理模式 .....	355	7.6.1 屏幕绘图基础 .....	392
6.6.2 WinCE 的注册表 .....	356	7.6.2 绘制位图 .....	395
6.6.3 WinCE 设备的管理 .....	358	7.6.3 线条与形状 .....	398
6.7 WinCE 的存储管理与文件系统 .....	361	7.6.4 写文本 .....	400
6.7.1 WinCE 的对象存储 .....	362	7.6.5 屏幕绘图示例 .....	403
6.7.2 WinCE 的存储管理器 .....	364	7.7 窗口、控件和对话框 .....	407
习题 .....	366	7.7.1 子窗口 .....	407
<b>第 7 章 嵌入式系统开发应用基础</b> .....	<b>368</b>	7.7.2 常用控件 .....	407
7.1 嵌入式系统开发概述 .....	368	7.7.3 对话框 .....	413
7.1.1 嵌入式系统开发考虑的要素 .....	368	7.7.4 应用示例 .....	414
7.1.2 嵌入式系统开发的特点 .....	371	7.8 综合实例 .....	419
7.1.3 嵌入式系统开发的基本流程 .....	372	7.9 控制类应用实例 .....	423
7.2 嵌入式软件开发环境建立 .....	374	7.9.1 简易温度控制系统 .....	423
7.2.1 嵌入式软件开发语言 .....	374	7.9.2 系统硬件介绍 .....	423
7.2.2 嵌入式软件开发工具 .....	375	7.9.3 系统软件介绍 .....	424
7.3 WinCE 内核的裁剪与定制 .....	378	7.9.4 小结 .....	425
7.3.1 添加 BSP .....	378	习题 .....	425
7.3.2 定制平台 .....	378	<b>第 8 章 WinCE 设备驱动开发</b> .....	<b>427</b>
7.3.3 生成操作系统镜像 .....	379	8.1 WinCE 设备驱动简介 .....	427
7.3.4 导出 SDK .....	379	8.1.1 驱动的概念 .....	427
7.4 编写第一个简单的 WinCE 应用程序 .....	381	8.1.2 驱动的种类 .....	427
7.4.1 WinCE 应用程序的特点 .....	381	8.2 WinCE 设备驱动程序开发 .....	430
7.4.2 编写第一个 WinCE 应用程序 .....	381	8.2.1 WinCE 设备驱动程序开发简介 .....	431
		8.2.2 设备管理器 .....	432
		8.2.3 中断处理 .....	433
		8.2.4 DMA 处理 .....	434
		8.2.5 电源管理 .....	436



8.3 流接口驱动程序开发 .....	440	9.1.4 ADC 实验 .....	502
8.3.1 流接口驱动简介 .....	440	9.1.5 LCD 显示实验 .....	505
8.3.2 驱动开发的步骤 .....	444	9.1.6 触摸屏控制实验 .....	512
8.3.3 流接口驱动的开发 .....	444	9.1.7 IIC 总线实验 .....	516
8.3.4 DS18B20 驱动开发 .....	456	9.2 ARM 中级实验部分 .....	523
8.3.5 驱动的动态加载 .....	461	9.2.1 Windows CE5.0 开发环境	
8.3.6 测试工具 CETK 简介 .....	465	的搭建 .....	523
8.4 串口驱动及其应用简介 .....	468	9.2.2 编译和烧写 WinCE 内核	
8.4.1 串口驱动程序 .....	468	实验 .....	527
8.4.2 串口操作 .....	479	9.2.3 EVC 上的 HelloWorld 实验 .....	532
8.4.3 串口应用 .....	484	9.2.4 简单的控件应用——简易	
习题 .....	490	计算器 .....	535
<b>第 9 章 嵌入式系统实验指导</b> .....	491	9.2.5 简单的绘图——产生波形 .....	540
9.1 嵌入式系统基础实验部分 .....	491	9.3 ARM 高级实验部分 .....	544
9.1.1 跑马灯实验 .....	491	9.3.1 流接口驱动实验 .....	544
9.1.2 中断实验 .....	496	<b>附录</b> .....	549
9.1.3 实时时钟实验 .....	499	<b>参考文献</b> .....	571