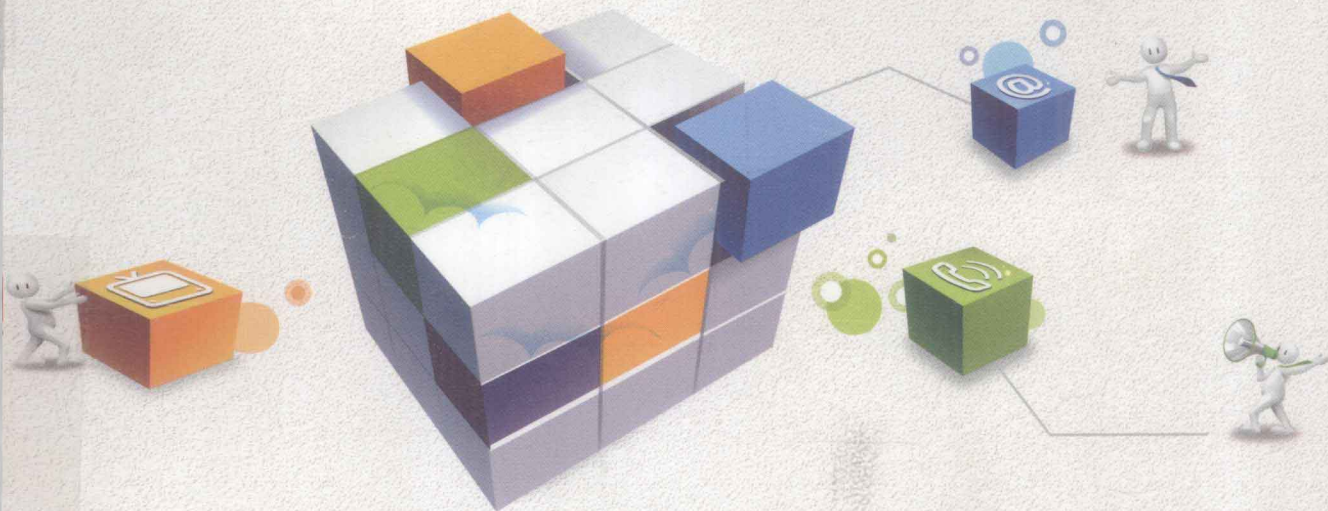


高等学校计算机类课程应用型人才培养规划教材

嵌入式系统与应用

Embedded System and Application

周鸣争 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校计算机类课程应用型人才培养规划教材

嵌入式系统与应用

周鸣争 主 编

谢永宁 李敬兆 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书以当前主流嵌入式系统技术为背景,以嵌入式系统原理为基础,以嵌入式系统开发体系为构架,针对嵌入式系统领域的最新发展趋势与嵌入式应用型人才知识结构的需求,结合编者多年的教学和科研经验,系统全面地介绍了嵌入式系统的基本概念、软硬件的基本体系结构、软硬件设计方法、相关开发工具及应用,同时配有相应的实验指导以方便读者开发实践。通过对本书的学习,不但可以使读者掌握使用工具开发嵌入式软硬件的方法,具备较为实用的技能,而且可以帮助读者从总体的角度系统掌握嵌入式系统基本知识,选择适当的技术与方法,全面规划和设计嵌入式系统。

本书可作为高等学校计算机及相关专业的“嵌入式系统与应用”课程教材,同时也可作为从事嵌入式产品开发的工程技术人员的自学与参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统与应用 / 周鸣争主编. — 北京: 中国铁道出版社, 2011.3
高等学校计算机类课程应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-113-12194-5

I. ①嵌… II. ①周… 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 (2010) 第 264124 号

书 名: 嵌入式系统与应用
作 者: 周鸣争 主编

策划编辑: 严晓舟
责任编辑: 周海燕
特邀编辑: 王 惠
封面设计: 付 巍
责任印制: 李 佳

编辑部电话: (010) 63583215
编辑助理: 包 宁
封面制作: 白 雪

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)
印 刷: 三河市兴达印务有限公司
版 次: 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 22 字数: 535 千
印 数: 3 000 册
书 号: ISBN 978-7-113-12194-5
定 价: 33.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换。

编审委员会

主 任：何新贵 教授、中国工程院院士 （北京大学）

副主任：（按姓氏笔画排序）

刘瑞挺 教授 （南开大学）
罗晓沛 教授 （中国科学院研究生院）
岳丽华 教授 （中国科技大学）
周广声 教授 （上海海事大学）
徐洁磐 教授 （南京大学）

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 浩 教授 （合肥工业大学）
王晓峰 教授 （上海海事大学）
史九林 教授 （南京大学）
白晓颖 教授 （清华大学）
刘 强 副教授 （清华大学）
许 勇 教授 （安徽师范大学）
孙志挥 教授 （东南大学）
李龙澍 教授 （安徽大学）
李银胜 副教授 （复旦大学）
李盛恩 教授 （山东建筑工程学院）
李敬兆 教授 （安徽理工大学）
杨吉江 教授 （清华大学）
何守才 教授 （上海第二工业大学）
余 粟 副教授 （上海工程技术大学）
张 莉 教授 （北京航空航天大学）
张 瑜 教授 （上海工程技术大学）
张燕平 教授 （安徽大学）
陈世福 教授 （南京大学）
陈涵生 研究员 （上海华东计算技术研究所）
迟洪钦 副教授 （上海师范大学）
林钧海 教授 （南京航空航天大学）
金志权 教授 （南京大学）
周鸣争 教授 （安徽工程科技学院）
周根林 教授级高工 （中电集团）
郑人杰 教授 （清华大学）
胡学钢 教授 （合肥工业大学）
徐永森 教授 （南京大学）
殷人昆 教授 （清华大学）
郭学俊 教授 （河海大学）
黄上腾 教授 （上海交通大学）
董继润 教授 （山东大学）
蔡瑞英 教授 （南京工业大学）

当前,世界格局深刻变化,科技进步日新月异,人才竞争日趋激烈。我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设以及生态文明建设全面推进,工业化、信息化、城镇化和国际化深入发展,人口、资源、环境压力日益加大,调整经济结构、转变发展方式的要求更加迫切。国际金融危机进一步凸显了提高国民素质、培养创新人才的重要性和紧迫性。我国未来发展关键靠人才,根本在教育。

高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术与文化、促进现代化建设的重大任务。近年来,我国的高等教育获得了前所未有的发展,大学数量从1950年的220余所已上升到2008年的2200余所。但目前高等教育与社会经济发展不相适应的问题越来越凸显,诸如学生适应社会以及就业和创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺等。2010年7月发布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》提出了高等教育要“建立动态调整机制,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”的要求。因此,新一轮高等教育类型结构调整成为必然,许多高校特别是地方本科院校面临转型、准确定位的问题。这些高校立足于自身发展和社会需要,选择了应用型发展道路。应用型本科教育虽早已存在,但近几年才开始大力发展,并根据社会对人才的需求,补充了新的教育理念,现已成为我国高等教育的一支重要力量。发展应用型本科教育,也成为中国高等教育改革与发展的重要方向。

应用型本科教育既不同于传统的研究型本科教育,又区别于高职高专教育。研究型本科培养的人才将承担国家基础型、原创型和前瞻型的科学研究,它应培养理论型、学术型和创新型的研究人才。高职高专教育培养的是面向具体行业岗位的高素质、技能型人才,通俗地说,就是高级技术“蓝领”。而应用型本科培养的是面向生产第一线的本科层次的应用型人才。由于长期受“精英”教育理念的支配,脱离实际、盲目攀比,高等教育普遍存在重视理论型和学术型人才培养的偏向,忽视或轻视应用型、实践型人才的培养。在教学内容和教学方法上过多地强调理论教育、学术教育而忽视实践能力的培养,造成我国“学术型”人才相对过剩,而应用型人才严重不足的被动局面。

应用型本科教育不是低层次的高等教育,而是高等教育大众化阶段的一种新型教育层次。计算机应用型本科的培养目标是:面对现代社会,培养掌握计算机学科领域的软硬件专业知识和专业技术,在生产、建设、管理、生活服务等第一线岗位,直接从事计算机应用系统的分析、设计、开发和维护等实际工作,维持生产、生活正常运转的应用型本科人才。计算机应用型本科人才有较强的技术思维能力和技术应用能力,是现代计算机软、硬件技术的应用者、实施者、实现者和组织者。应用型本科教育强调理论知识和实践知识并重,相应地其教材更强调“用、新、精、适”。所谓“用”,是指教材的“可用型”、“实用型”和“易用型”,即教材内容要反映本学科基本原理、思想、技术和方法在相关现实领域的典型应用,介绍应用的具体环境、条件、方法和效果,培养学生根据现实问题选择合适的科学思想、概念、理论、技术和方法去分析、解决实际问题的能力。所谓“新”,是指教材内容应及时反映本学科的最新发展和最新技术成就,以及这些新知识和新成就在行业、生产、管理、服务等方面的最新应用,从而有效地保证学生

“学以致用”。所谓“精”，不是一般意义的“少而精”。事实常常告诉我们“少”与“精”是有矛盾的，数量的减少并不能直接导致质量的提高。而且，“精”又是对“宽与厚”的直接“背叛”。因此，教材要做到“精”，教材的编写者对教材的内容，要在“用”和“新”的基础上再进行去伪存真的精练工作，精选学生终身受益的基础知识和基本技能，力求把含金量最高的知识传承给学生。“精”是最难掌握的原则，是对编写者能力和智慧的考验。所谓“适”，是指各部分内容的知识深度、难度和知识量要适合应用型本科的教育层次、适合培养目标的既定方向、适合应用型本科学生的理解程度和接受能力。教材文字叙述应贯彻启发式、深入浅出、理论联系实际、适合教学实践，使学生能够形成对专业知识的整体认识。以上四个方面不是孤立的，而是相互依存的，并具有某种优先顺序。“用”是教材建设的唯一目的和出发点，“用”是“新”、“精”、“适”的最后归宿。“精”是“用”和“新”的进一步升华。“适”是教材与计算机应用型本科培养目标符合度的检验，是教材与计算机应用型本科人才培养规格适应度的检验。

中国铁道出版社同高等学校计算机类课程应用型人才规划教材编审委员会经过近两年的前期调研，专门为应用型本科计算机专业学生策划出版了理论深入、内容充实、材料新颖、范围较广、叙述简洁、条理清晰的系列教材。本系列教材在以往教材的基础上大胆创新，在内容编排上努力将理论与实践相结合，尽可能反映计算机专业的最新发展；在内容表达上力求由浅入深、通俗易懂；编写的内容主要包括计算机专业基础课和计算机专业课；在内容和形式体例上力求科学、合理、严密和完整，具有较强的系统型和实用型。

本系列教材是针对应用型本科层次的计算机专业编写的，是作者在教学层次上采纳了众多教学理论和实践的经验及总结，不但适合计算机等专业本科生使用，也可供从事 IT 行业或有关科学研究工作的人员参考，适合对该新领域感兴趣的读者阅读。

在本系列教材出版过程中，得到了计算机界很多院士和专家的支持和指导，中国铁道出版社多位编辑为本系列教材的出版做出了很大贡献，本系列教材的完成不但依靠了全体作者的共同努力，同时也参考了许多中外有关研究者的文献和著作，在此一并致谢。

应用型本科是一个日新月异的领域，许多问题尚在发展和探讨之中，观点的不同、体系的差异在所难免，本系列教材如有不当之处，恳请专家及读者批评指正。

“高等学校计算机类课程应用型人才规划教材”编审委员会
2011 年 1 月

从 20 世纪 90 年代中期到现在,嵌入式系统在消费电子、航空航天、汽车电子、医疗保健、网络通信、工业控制等领域得到了广泛的应用,正以各种不同的形式改变着人们的生活、生产方式,已成为计算机应用技术领域的一个热点。

为了满足嵌入式系统开发与应用人才市场的需求,“嵌入式系统与应用”已成为高等学校计算机、信息及相关专业的一门重要的技术基础课程,它直接面向应用,在应用型人才培养的知识体系结构中有着十分重要的作用。根据教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会编制的《高等学校计算机科学与技术专业公共核心知识体系与课程》中嵌入式系统课程的教学要求,同时兼顾目前嵌入式系统应用开发的主流技术,结合我们近几年“嵌入式系统与应用”应用型人才培养的教学实践,以高等学校“嵌入式系统与应用”课程教学为对象,确定了本书的内容与结构。

本书的编写原则

理论与实践并重,基础与发展兼顾;在选材上力求实用、新颖;在叙述上力求简洁、易懂;在介绍嵌入式系统基本原理、方法和应用技术的同时,综合考虑嵌入式系统硬件与软件两大内容,涵盖了教指委“嵌入式系统”所规定的核心知识单元。通过突出嵌入式系统软硬件依赖性、实时性、可靠性、低功耗等特点,在使读者掌握利用工具开发实际嵌入式应用系统的同时,理解嵌入式应用系统的特色及各种开发原理与技术,为读者提供了嵌入式应用系统开发的完整体系结构和思路,使之具有嵌入式系统产品设计方案规划、硬件设计与软件开发等方面的综合能力。

本书的适用对象

本书适合作为计算机、电子、电气、通信等与控制相关的专业的“嵌入式系统与应用”课程教材,也可作为 IT 企业嵌入式工程师进行嵌入式开发的参考手册。

读者在学习本课程之前,必须了解计算机的基本工作原理,掌握汇编语言或 C 语言的程序设计方法,能够使用汇编语言或 C 语言进行应用程序的开发。本课程的前导课程应该包括:计算机概论、微机原理、数字电路、汇编语言程序设计和 C 语言程序设计。

本书的结构

本书共 9 章,各章的内容如下:

第 1 章介绍嵌入式系统的一些基本知识,包括嵌入式系统的概念、发展、特点、组成、分类、应用等,使读者初步建立起对嵌入式系统的全面认识,为今后的深入学习和研究打下基础。

第 2 章针对嵌入式系统开发的实际需求,在讲述嵌入式系统开发相关基本概念的基础上,系统介绍两种常用的嵌入式系统开发模式,重点描述嵌入式系统的设计步骤与方法,帮助读者进一步理解嵌入式系统的开发过程与设计原则,使之对嵌入式系统的开发有较为清楚的整体认识。

第 3 章介绍 ARM 微处理器的一些基本知识,包括 ARM 的版本、ARM 微处理器系列和 ARM 微处理器的体系结构,使读者了解 ARM 微处理器体系结构的特点、ARM 微处理器的结构和分类,并使读者初步了解基于 ARM9 的 S3C2410AX 微处理器。

第4章详细介绍 ARM 指令集和 Thumb 指令集,使读者了解 ARM 指令系统的功能,理解 ARM 指令在嵌入式系统中的地位和作用,应用 ARM 指令进行简单编程。

第5章主要介绍 ARM 开发平台 RealView MDK 的使用和程序设计的一些基本概念,如 ARM 汇编语言的伪指令、汇编语言的语句格式和汇编语言的程序结构等,同时介绍 C/C++和汇编语言的混合编程等内容。

第6章以三星公司的 S3C2410A 嵌入式处理器为例,详细介绍了最小系统的设计过程及典型外围接口电路的扩展方法。

第7章主要介绍 S3C2410A 的通信接口设计,包括 UART 接口、IIC 接口、SPI 接口、USB 接口及常用的网络接口。

第8章介绍基于 Linux 操作系统的嵌入式应用系统的开发过程和步骤,对开发环境的构建、Linux 系统的构建、设备驱动程序的开发等技术都进行了详细的讲述,使读者可以较全面地掌握基于 Linux 操作系统的嵌入式系统设计的方法和技术。

第9章介绍嵌入式应用系统的一般开发步骤,并且通过一个实例介绍嵌入式应用系统开发的全过程,帮助读者进一步理解嵌入式系统的开发过程与设计原则,使之对嵌入式系统的开发有更为清楚的整体认识。

本课程的教学建议

由于不同的专业对本课程的要求不同,所以在教学安排上,可以有选择性地学习相关内容,这里给出两种建议。

(1) 将本课程作为专业主干课程的,建议教学学时为 64 学时,学时安排如下:

第1章 嵌入式系统概述	2 学时
第2章 嵌入式系统的开发模式与方法	2 学时
第3章 ARM 微处理器体系结构	2 学时
第4章 ARM 指令系统	12 学时
第5章 ARM 应用软件开发环境	4 学时
第6章 应用接口设计	18 学时
第7章 通信接口设计	10 学时
第8章 基于嵌入式 Linux 的应用开发	12 学时
第9章 嵌入式应用系统的开发实例	2 学时

(2) 将本课程作为非专业主干课程的,建议教学学时为 48 学时,学时安排如下:

第1章 嵌入式系统概述	2 学时
第2章 嵌入式系统的开发模式与方法	2 学时
第3章 ARM 微处理器体系结构	2 学时
第4章 ARM 指令系统	4 学时
第5章 ARM 应用软件开发环境	4 学时
第6章 应用接口设计	18 学时
第7章 通信接口设计	10 学时
第8章 基于嵌入式 Linux 的应用开发	4 学时
第9章 嵌入式应用系统的开发实例	2 学时

应用软件开发以 C 语言为主,教学过程中可以忽略汇编语言,第4章只简单介绍 ARM 指

令系统与 Thumb 指令系统的不同，不详细介绍 Thumb 指令系统。教学内容可以不考虑基于嵌入式 Linux 的应用开发，第 8 章也只作简单介绍。

“嵌入式系统与应用”是一门实践性很强的课程，除课堂教学外，还应辅以一定量的实验；为此，编者同时编写了一本相应的“嵌入式系统与应用实验教程”配套使用，建议实验 20~30 学时。

本书的编写工作

本书的第 1、2 章由周鸣争编写；第 3、5 章由谢永宁编写；第 4 章由李敬兆编写；第 6 章由郎璐红编写；第 7 章由谢永宁、吕立新编写；第 8 章由吕立新编写；第 9 章由谢永宁、鲍光喜编写；全书由周鸣争、谢永宁最后统稿，赵森严也参加了最后的统稿工作。

致谢

本书在编写的过程中得到了周耕林教授热心的指导与帮助，中国铁道出版社为本书的及时出版做了大量的工作，编者在此一并表示衷心的感谢。本书写作时参考了大量文献资料，在此也向这些文献资料的作者深表谢意。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免有不当和欠妥之处，敬请各位专家、读者批评指正。

编 者
2010 年 12 月

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 嵌入式系统的概念	1
1.1.1 嵌入式系统的发展历程	2
1.1.2 嵌入式系统的定义	4
1.1.3 嵌入式系统的主要特征	5
1.1.4 嵌入式系统与 PC 的区别	6
1.2 嵌入式系统的组成	6
1.2.1 嵌入式硬件组成	6
1.2.2 嵌入式软件组成	9
1.3 嵌入式系统的类型	13
1.3.1 缩减 PC 系统	13
1.3.2 高端嵌入式系统	13
1.3.3 单片机系统	14
1.4 嵌入式系统的应用领域与发展趋势	14
1.4.1 嵌入式系统的应用领域	14
1.4.2 嵌入式系统的发展趋势	15
本章小结	16
习题	16
第 2 章 嵌入式系统的开发模式与方法	17
2.1 嵌入式系统的相关知识	18
2.1.1 存储器管理单元	18
2.1.2 板级支持包	18
2.1.3 Bootloader 与 OSLoader	19
2.1.4 ICE 与 ICD	19
2.1.5 编译器与交叉编译器	20
2.1.6 JTAG	20
2.1.7 模拟器与仿真器	21
2.2 嵌入式系统的开发模式	22
2.2.1 面向硬件的开发模式	22
2.2.2 面向操作系统的开发模式	22
2.3 嵌入式系统的设计方法	23
2.3.1 嵌入式系统设计方法	23
2.3.2 嵌入式系统编程	26
2.3.3 嵌入式系统测试	27
2.3.4 嵌入式软件的复用	29

2 嵌入式系统与应用

2.3.5 嵌入式软件开发环境	29
本章小结	34
习题	34
第3章 ARM 微处理器体系结构	35
3.1 ARM 概述	36
3.2 ARM 的版本	36
3.3 ARM 微处理器系列	41
3.4 ARM 微处理器结构	44
3.4.1 ARM 微处理器的工作状态	44
3.4.2 ARM 微处理器的工作模式	44
3.4.3 ARM 微处理器的寄存器组织	45
3.4.4 ARM 微处理器的存储器格式	50
3.4.5 ARM 微处理器的异常中断	51
3.5 基于 ARM9 的 S3C2410AX 微处理器	55
本章小结	59
习题	59
第4章 ARM 指令系统	60
4.1 ARM 指令概述	61
4.1.1 ARM 指令的分类	61
4.1.2 ARM 指令的条件域	62
4.2 ARM 微处理器的寻址方式	63
4.2.1 立即数寻址	63
4.2.2 寄存器寻址	63
4.2.3 寄存器移位寻址	64
4.2.4 寄存器间接寻址	64
4.2.5 寄存器基址寻址	65
4.2.6 多寄存器寻址	65
4.2.7 相对寻址	66
4.2.8 堆栈寻址	66
4.2.9 块拷贝寻址	66
4.3 ARM 指令集	66
4.3.1 ARM 指令的基本格式	67
4.3.2 ARM 指令集的内容	68
4.4 Thumb 指令集	79
4.4.1 Thumb 指令集的内容	80
4.4.2 Thumb 指令集与 ARM 指令集的区别	88
本章小结	88
习题	89

第 5 章 ARM 应用软件开发环境	90
5.1 RealView MDK 集成开发环境	91
5.1.1 安装与启动	91
5.1.2 工程项目的管理	91
5.1.3 工程项目的配置	94
5.1.4 编译	95
5.1.5 仿真调试	95
5.2 汇编语言编程	97
5.2.1 汇编语言程序中常用的符号	97
5.2.2 汇编语言程序中的表达式和运算符	98
5.2.3 ARM 汇编器所支持的伪指令	100
5.2.4 汇编语言的程序结构	110
5.3 嵌入式 C 语言编程	113
5.4 汇编语言与 C/C++ 的混合编程	113
5.4.1 在 C/C++ 代码中嵌入汇编指令	114
5.4.2 在汇编程序和 C/C++ 程序之间进行变量的互访	117
5.4.3 汇编程序、C/C++ 程序间的相互调用	118
5.5 RealView MDK 环境下 ARM 程序开发举例	121
本章小结	123
习题	123
第 6 章 应用接口设计	124
6.1 嵌入式微处理器系统核心的硬件设计	125
6.1.1 芯片选择	125
6.1.2 时钟与电源管理	126
6.1.3 中断系统	133
6.2 存储器接口	141
6.2.1 S3C2410A 的存储器组织	141
6.2.2 S3C2410A 的 SDRAM 存储器接口	147
6.2.3 S3C2410A 的 Nand Flash 存储器接口	149
6.2.4 S3C2410A 的 Nor Flash 存储器接口	152
6.3 通用 I/O 接口	153
6.3.1 S3C2410A 的通用 I/O 接口	154
6.3.2 通用 I/O 接口相关的寄存器	154
6.3.3 通用 I/O 接口设计	163
6.3.4 通用 I/O 接口驱动程序	164
6.3.5 通用 I/O 接口的应用实例	164
6.4 键盘接口	165
6.4.1 矩阵式键盘接口	165
6.4.2 标准的计算机通用键盘接口	168
6.5 显示器接口	168

4 嵌入式系统与应用

6.5.1	LED 数码管显示接口	168
6.5.2	LCD 显示接口	169
6.6	触摸屏接口	180
6.6.1	触摸屏的工作原理	180
6.6.2	触摸屏的接口模式	181
6.6.3	触摸屏相关的寄存器	182
6.6.4	触摸屏的接口设计	184
6.6.5	触摸屏的驱动程序设计	185
6.6.6	触摸屏接口实例	185
6.7	A/D 接口	188
6.7.1	A/D 转换的基本原理	188
6.7.2	S3C2410A 的 A/D 转换控制器	189
6.7.3	A/D 接口电路	189
6.7.4	A/D 转换的程序设计	189
6.8	IIS 音频接口	190
6.8.1	IIS 总线格式	190
6.8.2	S3C2410A 内置的 IIS 控制器	191
6.8.3	IIS 控制相关的寄存器	192
6.8.4	IIS 接口电路	194
6.8.5	IIS 的接口程序设计	194
本章小结		198
习题		198
第 7 章 通信接口设计		200
7.1	UART 接口	200
7.1.1	UART 通信数据格式	201
7.1.2	S3C2410A 的 UART 接口	201
7.1.3	UART 相关的寄存器	202
7.1.4	UART 接口设计	206
7.1.5	UART 接口驱动程序	208
7.2	IIC 接口	210
7.2.1	IIC 通信数据格式	210
7.2.2	S3C2410A 的 IIC 接口	210
7.2.3	IIC 相关的寄存器	211
7.2.4	IIC 接口设计	212
7.2.5	IIC 接口驱动程序	213
7.3	SPI 接口	215
7.3.1	SPI 接口	215
7.3.2	S3C2410A 的 SPI 控制器	217
7.3.3	SPI 相关的寄存器	217
7.3.4	SPI 接口的初始化程序	219

7.4	USB 接口	220
7.4.1	USB 接口	220
7.4.2	S3C2410A 的 USB 控制器	220
7.4.3	USB 接口设计	220
7.4.4	USB 接口编程	221
7.5	常用网络接口	221
7.5.1	以太网技术协议	221
7.5.2	以太网接口控制器	221
7.5.3	以太网接口电路	222
7.5.4	以太网接口编程	222
本章小结		224
习题		224
第 8 章	基于嵌入式 Linux 的应用开发	225
8.1	嵌入式 Linux 内核组成与启动过程	226
8.1.1	嵌入式 Linux 内核组成	226
8.1.2	嵌入式 Linux 的启动过程	227
8.2	嵌入式 Linux 的开发步骤	228
8.3	嵌入式 Linux 开发环境的构建	229
8.3.1	嵌入式 Linux 交叉开发环境	229
8.3.2	安装 Linux 操作系统	231
8.3.3	配置开发工具	236
8.3.4	交叉编译环境的建立	238
8.4	嵌入式系统的 Bootloader 技术	242
8.4.1	嵌入式软件运行过程	242
8.4.2	Bootloader 的开发过程	243
8.4.3	常用的 Bootloader	246
8.4.4	Bootloader 的移植	247
8.5	嵌入式 Linux 系统的构建	250
8.5.1	嵌入式 Linux 内核的构建	250
8.5.2	嵌入式 Linux 根文件系统的构建	255
8.5.3	基于嵌入式 Linux 的应用系统开发	258
8.6	Linux 系统下设备驱动程序的开发	265
8.6.1	Linux 下设备驱动程序简介	265
8.6.2	设备驱动程序的结构	267
8.6.3	设备驱动程序的开发	269
8.6.4	Linux 设备驱动开发实例	275
8.7	Linux 用户图形接口 GUI	277
8.7.1	嵌入式系统的 GUI	277
8.7.2	Qt/Embedded 基础	280
8.7.3	Qt/Embedded 开发环境	282

8.7.4 Qt/Embedded 开发实例.....	289
本章小结	292
习题	292
第9章 嵌入式应用系统的开发实例	294
9.1 嵌入式应用系统的开发步骤.....	294
9.1.1 方案论证	294
9.1.2 硬件系统设计	295
9.1.3 应用软件设计	295
9.1.4 软硬件调试	296
9.1.5 程序下载	296
9.2 基于 ARM 和 GPRS 的无线抄表终端（开发实例 1）	296
9.2.1 方案论证	297
9.2.2 硬件系统设计	298
9.2.3 应用软件设计	298
9.2.4 实验与测试	300
9.2.5 程序下载	302
9.3 基于嵌入式 Linux 的视频监控系统（开发实例 2）	302
9.3.1 方案论证	302
9.3.2 硬件系统设计	302
9.3.3 Linux 系统制作.....	303
9.3.4 应用软件设计	306
9.3.5 系统测试	308
本章小结	308
附录 A S3C2410A 方框图	309
附录 B S3C2410A 引脚图	310
附录 C S3C2410A 引脚功能	311
附录 D S3C2410A 的 IO 引脚功能	314
附录 E S3C2410A 专用寄存器	319
附录 F S3C2410A 启动代码的配置	330
参考文献	335

第 1 章 嵌入式系统概述

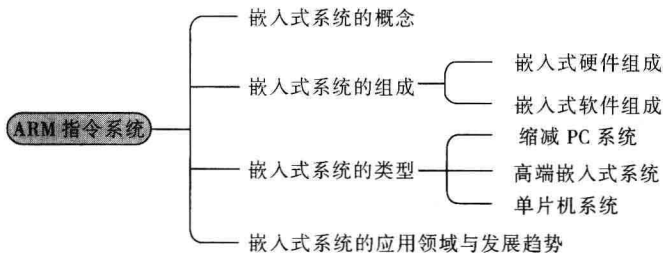
本章导读

本章重点介绍嵌入式系统的一些基本知识，包括嵌入式系统的概念、发展、特点、组成、分类、应用等。

本章内容要点

- 嵌入式系统的概念；
- 嵌入式系统的组成；
- 嵌入式系统的类型；
- 嵌入式系统的应用领域与发展趋势。

内容结构



学习目标

本章内容一般只要求作认识性了解，通过学习，学生应该能够：

- 初步建立对嵌入式系统的全面认识；
- 为今后的深入学习和研究打下基础。

1.1 嵌入式系统的概念

20 世纪末，随着信息技术与网络技术的迅速发展，计算机技术已经进入后 PC 时代。大量的计算机应用系统从传统的办公管理、科学计算、企业管理等领域，逐渐渗透到人们日常生活的方方面面，形成当前最热门的嵌入式系统领域。

2 嵌入式系统与应用

1.1.1 嵌入式系统的发展历程

嵌入式系统从出现至今已有 40 多年的历史,其发展轨迹呈现出硬件和软件交替发展的双螺旋式。

20 世纪 60 年代初,以晶体管、磁心存储为基础的计算机已开始应用于航天、航空、工业控制等领域,可以看成是嵌入式系统的雏形。

20 世纪 60 年代末出现的阿波罗导航系统被认为是首个现代嵌入式系统,就这个年代使用的嵌入式系统而言,基本上不考虑成本因素,价格昂贵。

20 世纪 70 年代,随着微处理器的出现,嵌入式系统才出现了历史性的变化。1971 年,出现了第一款微处理器——Intel 4004,1976 年 Intel 公司推出了 8048 微处理器。Motorola 公司同时推出了 68HC05 微处理器,Zilog 公司推出了 Z80 系列,20 世纪 80 年代初,Intel 公司又进一步完善了 8048 微处理器,在它的基础上研制成功了 8051 单片机,使得嵌入式系统的应用更为广泛和灵活。

随着硬件实时性要求的提高,嵌入式系统的软件规模也不断扩大,逐渐形成了实时多任务嵌入式操作系统(RTOS),并开始成为嵌入式系统的主流。1981 年,Ready System 发展了世界上第一个商业嵌入式实时内核(VTRX32),它包含许多传统操作系统的特征,包括任务管理、任务间通信、同步与相互排斥、中断支持、内存管理等功能。随后,出现了 Integrated System Incorporation (ISI) 的 PSOS、IMG 的 VxWorks、QNX 的 QNX 等,还出现了 Palm OS、Windows CE、嵌入式 Linux、Lynx、uCOS、Nucleus,以及 Hopen、Delta OS 等嵌入式操作系统。嵌入式操作系统的应用使得嵌入式应用软件的开发周期大大缩短了,提高了开发效率。

嵌入式系统产品已经在全球形成了一个巨大产业,根据美国 EMF(电子市场分析)报告,全球嵌入式系统市场产值达几十万亿美元以上。



小知识

实时多任务操作系统(RTOS):

RTOS 是一个嵌入在目标代码中的软件,用户的其他应用程序都建立在 RTOS 之上。不但如此,RTOS 还是一个可靠性和可信性很高的实时内核,将 CPU 时间、中断、I/O、定时器等资源都包装起来,留给用户一个标准的 API,并根据各个任务的优先级,合理地在不同任务之间分配 CPU 时间。

嵌入式系统的发展大致经历了以下 4 个阶段。

1. 无操作系统阶段

其系统硬件是以单芯片为核心的可编程控制的形式,具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能。这类系统大部分应用于一些专业性强的工业控制系统中,一般没有操作系统的支持,而是通过汇编语言编程对系统进行直接控制,运行结束后再清除内存。这些装置虽然已经初步具备了嵌入式的应用特点,但仅仅只是使用 8 位的 CPU 芯片来执行一些单线程的程序,因此严格地说还谈不上“系统”的概念。这一阶段系统的主要特点是:系统结构和功能相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简单,价格低,以前在国内工业领域应用较为普遍,但是已经远远不能适应高效的、需要大容量存储的现代工业控制和新兴信息家电等领域的需求。