



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程主讲教材

高等学校计算机科学与技术系列教材

嵌入式系统原理及应用开发技术(第2版)

桑楠 主编

雷航 崔金钟 杨霞 等编著



高等教育出版社

Higher Education Press

TP368.021/1=2

2008

普通高等教育

教材

国家精品课程主讲教材

高等学校计算机科学与技术系列教材

嵌入式系统原理及应用开发技术

(第2版)

桑楠 主编

雷航 崔金钟 杨霞 等编著

高等教育出版社

内容提要

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骨架,较为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、软硬件开发方法、相关开发工具、应用领域以及当前的一些前沿动态,为读者展示了较为完整的嵌入式系统领域概况。

本书没有累述计算机组成原理、程序设计语言、编译原理、操作系统、软件工程等技术的基本原理,而是依据嵌入式系统的特征,重点介绍上述技术原理的嵌入式应用特色,突出嵌入式系统软硬件依赖、实时、可靠等特性,从软件体系结构的角度出发,强调实时调度、Bootloader、BSP、嵌入式实时多任务系统设计、交叉开发与仿真开发等关键技术,并特别引入了基于FPGA的嵌入式应用设计、嵌入式GUI、嵌入式实时网络、嵌入式数据库、流媒体、功耗管理等近年来流行的新应用技术。

通过本书的学习,不但可以教会读者使用工具开发嵌入式软硬件,而且可以帮助读者从总体角度,选择适当的技术和方法,全面规划和设计嵌入式系统。

本书取材新颖、内容翔实、技术实用、系统性强,不仅可作为高等学校嵌入式应用技术课程的教材,还可供从事嵌入式产品开发的广大工程技术人员自学与参考。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理及应用开发技术 / 桑楠主编; 雷航, 崔金钟, 杨霞等编著. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2008.1

ISBN 978-7-04-022510-5

I. 嵌… II. ①桑… ②雷… ③崔… ④杨… III. 微型计算机—系统开发 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 195952 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京未来科学技术研究所
有限责任公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 25.75
字 数 580 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002 年 4 月第 1 版
2008 年 1 月第 2 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 32.00 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 22510-00

高等学校计算机科学与技术系列 教材编审委员会

主 任 李 未

副主任 傅育熙 王志英 齐治昌 陈 平 蒋宗礼 马殿富

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 戟 (国防科学技术大学)

宁 洪 (国防科学技术大学)

刘 强 (清华大学)

孙吉贵 (吉林大学)

庄越挺 (浙江大学)

何炎祥 (武汉大学)

何钦铭 (浙江大学)

张晨曦 (同济大学)

李宣东 (南京大学)

李晓明 (北京大学)

陈 钟 (北京大学)

陈道蓄 (南京大学)

周立柱 (清华大学)

周傲英 (华东师范大学)

孟祥旭 (山东大学)

岳丽华 (中国科学技术大学)

罗军舟 (东南大学)

姚淑珍 (北京航空航天大学)

胡事民 (清华大学)

骆 斌 (南京大学)

徐宝文 (东南大学)

黄虎杰 (哈尔滨工业大学)

蒋建伟 (上海交通大学)

廖明宏 (哈尔滨工业大学)

熊 璋 (北京航空航天大学)

樊晓桢 (西北工业大学)

序

计算机和通信技术的迅猛发展,不仅形成了融合度最高、潜力最大、增长最快的信息产业,而且成为推动全球经济快速增长和全面变革的关键因素。进入21世纪,我国的信息产业虽然已取得了长足的发展,但与发达国家相比,还有不小的差距。国家信息化的发展和信息产业国际竞争能力的提高,迫切需要高素质、创新型的计算机专业人才。

高素质计算机专业人才的培养离不开高质量的计算机教育。我们的专业虽然机会多,处于非常有利的条件,但是我们同样面临着一件事,就是从规模发展向质量提高的转变。怎么提高质量?专业素质的教育和应用素质的训练非常重要。尤其是我国高等教育进入大众化发展阶段,社会对计算机专业人才呈现出了多样化的需求。而与此同时,计算机学科的发展已极大地突破了原有的学科体系框架,形成了在“计算机科学与技术”之下向多个专业方向发展的新格局。在这种背景下,教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会编制了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》(以下简称“专业规范”)。专业规范按照“培养规格分类”的指导思想,提出了三种类型、四个方向,即科学型(计算机科学方向),工程型(计算机工程方向、软件工程方向),应用型(信息技术方向)的计算机专业发展建议,体现了社会对不同人才类型的需求,对于指导我国计算机教学改革与建设,规范计算机教学工作,促进计算机教学质量的提高都具有重要的意义。

高水平的教材是一流教育质量的重要保证。为了配合专业规范的试行,便于广大高等学校教师按照新的专业规范组织实施教学,高等教育出版社在大力支持专业规范研究与起草工作的同时,还邀请规范起草小组的有关专家成立“高等学校计算机科学与技术系列教材编审委员会”,组织规划了结合计算机专业规范、面向全国高等学校计算机专业本科生的“高等学校计算机科学与技术系列教材”。令人高兴的是,一批有创新、改革精神,且有丰富教学经验的高等学校教师投身到新体系计算机专业教材的编写中来,他们用自己创造性的思维、辛勤的汗水诠释专业规范的思想,把新的课程体系和教学内容生动地传达给师生,并进行着有意义的教学实践。

“高等学校计算机科学与技术系列教材”以专业规范和CC2001-CC2005有关教程为依据,以强化基础、突出实践、注重创新为原则,体现了学科课程体系和教学内容改革的新成果。此外,这一系列教材还配有丰富的教学辅助资源,并与现代教育技术手段相结合,充分发挥网络平台的作用,使教材更有利于广大教师和学生使用。目前,这一系列教材有不少选题已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,希望这些教材的出版能够对新形势下我国高等学校计

算机专业课程改革与建设起到积极的推动作用，使我国高等学校的计算机专业教学质量再上一个台阶。



中国科学院院士
2006—2010 年教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会主任

二〇〇七年十一月

前 言

从 20 世纪 90 年代中期到现在,短短的十多年时间,嵌入式系统已经从一个不起眼的单词,发展成覆盖所有应用领域、家喻户晓的时髦话题。几乎所有电子产品,都贴上了嵌入式系统的标签,而实际的应用也恰好验证了这一点:手机、PDA、DVD、机顶盒、GPS、PLC、传统家电、医疗器械等,都是嵌入式产品。

但是,一个特别值得注意的问题是:虽然我国已经是嵌入式产品生产、应用和消费的大国,但国内工业界的技术水平、特别是设计水平相当落后,几乎停留在 8 位单片机时代;在已经开始广泛应用的 32 位嵌入式系统领域,知识产权几乎全为国外拥有,国内一直处于这一产业链的末端;再加上嵌入式产品开发周期越来越短,往往 3~6 个月就需要投入市场,因此传统的简单编程调试或者直接使用完整解决方案的开发方式已越来越不能适应现代社会的发展步伐。这就对嵌入式产品的开发人员提出了新的要求:能够使用工具缩短嵌入式产品的开发周期,能够自行规划、选型、设计并组织开发一个拥有自主知识产权的嵌入式新产品。也就是说,虽然从业者可能还是一个编程人员,但完全可以是一名系统分析师、构架师、设计者,或者团队或小组的负责人,可以从整体上考虑嵌入式产品的功能和性能。

本书的目标:

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,最基本的目标是为计算机专业本科生、研究生的嵌入式系统专业课程提供一本高质量的教材,在培养学生掌握嵌入式系统理论且具有应用开发能力的同时,重点培养学生的嵌入式系统设计能力。

目前,虽然已经有大量的嵌入式系统相关书籍出版,但大多数侧重于单一嵌入式微处理器、嵌入式操作系统或开发工具的原理及应用,很少见到系统地介绍嵌入式系统基本原理、方法和应用技术,并综合考虑嵌入式系统硬件和软件两大主题的教材。因此,对于有必要完整学习相关原理、设计方法的大学本科和研究生而言,这些书籍不太适合作为教材。

本书的着眼点在于:将计算机组成原理、程序设计语言、编译原理、操作系统、软件工程等课程的基本原理融入嵌入式系统中,以嵌入式软件工程的思想为指导,通过突出嵌入式系统软硬件依赖、实时、可靠、低功耗等特性,在教会学生利用工具开发实际嵌入式软件程序的同时,帮助他们理解符合嵌入式系统特色的各种原理和方法,培养他们在嵌入式系统产品方案规划、体系架构选择、处理器和芯片选型、操作系统应用、总体及详细设计、可靠性测试评估等方面的综合能力,为将来的进一步发展奠定坚实的基础。

本书的内容安排:

本书共 11 章。第 1 章从无所不在的嵌入式系统应用示例导入, 重点介绍嵌入式系统的基本概念、特点和分类, 概述嵌入式系统软硬件基本体系结构、嵌入式应用开发所涉及的各类方法和工具, 以帮助读者建立完整的嵌入式系统及应用开发轮廓。第 2 章和第 3 章为嵌入式硬件部分, 介绍嵌入式硬件系统的相关知识, 包括嵌入式硬件系统构成; 嵌入式微处理器基本知识; 主流 32 位微处理器 ARM 的体系结构; 流水线、Cache、MMU、AMBA 总线接口、指令系统等组成单元的设计实现; 广泛使用的 S3C2410X ARM 微处理器的片内周边电路的设计实现; 基于嵌入式微处理器的外围基本电路的设计实现等。从第 4 章到第 10 章, 主要介绍嵌入式软件系统的各个方面。其中, 第 4 章从软件体系结构的基本概念出发, 着重讨论嵌入式软件开发过程中所采用的基本体系结构模型, 为培养嵌入式软件体系架构师提供指导。第 5 章详细探讨嵌入式操作系统的特点、体系结构和重要组成部分, 重点分析嵌入式实时调度的基本方法以及与应用密切相关的扩展组件, 其中包括特别重要的功耗管理, 为基于嵌入式操作系统的应用编程做了铺垫。第 6 章以嵌入式软件执行过程为指导, 强调系统引导和 BSP 在嵌入式软件体系中的重要性, 详述了其实现方法。第 7 章以嵌入式软件工程思想为指导, 全面介绍嵌入式软件的特点和设计方法, 重点突出能体现嵌入式软件特色的一些专用方法。第 8 章简要介绍适用于嵌入式软件开发的程序设计语言以及编程要点。第 9 章重点讨论最具嵌入式特色的软件交叉开发和仿真开发技术, 并分析介绍一些主流的开发环境和开发工具, 特别是 GNU 开发工具, 帮助读者较全面地了解嵌入式软件开发环境的各个方面。第 10 章讨论的是嵌入式软件开发过程中的要素——测试, 介绍嵌入式软件测试的基本方法和典型工具, 强调了可靠性测试的必要性和方法。最后的第 11 章, 为方便学生进一步学习嵌入式系统的知识, 专门介绍目前嵌入式系统领域的一些新动态和新成果, 包括 SoC 技术、高可信技术等。

总之, 本书为读者提供了嵌入式系统开发的完整体系结构和思路, 使读者能够较为容易地理解嵌入式系统开发的本质, 掌握基本开发技术。

其他:

本书主要用于高等学校嵌入式应用技术教学, 还可作为从事嵌入式产品开发的广大工程技术人员的技术参考。

本书由电子科技大学的桑楠组织编写, 并负责编写了第 1 章、第 4 章、第 7 章和第 9 章; 雷航负责编写第 10 章; 崔金钟负责编写第 2 章和第 3 章; 杨霞负责编写第 6 章和第 8 章; 詹瑾瑜负责编写第 11 章; 廖勇负责编写第 5 章; 吴琦参与了第 9 章的编写。

致谢:

本书编写过程中, 编写组成员阅读和消化了国内外大量的参考资料, 融入了电子科技大学嵌入式实时计算团队多年来的宝贵经验与技术积累, 使本书内容具有较强的先进性和实用价值。

在此对团队所有老师和研究生同学表示感谢。

嵌入式实时计算专家、博士生导师熊光泽教授为本书的编写作出了重要贡献。他不仅是嵌入式实时计算团队的奠基人，而且对本书的初稿进行了认真审阅，提出了宝贵的意见。在此表示衷心感谢。

哈尔滨工程大学张国印教授、集美大学李咏梅教授仔细审阅了本书，并提出了许多宝贵意见。在此一并表示感谢。

同时感谢电子科技大学计算机学院的领导和各位专家，特别是傅彦教授和吴跃教授。正是他们的帮助和支持，才为我们争取到了这个宝贵的机会。

特别感谢实时计算团队的雷剑、常政威、邓勇、陈实等博士生和研究生，他们为本书的编写收集整理了许多资料，并参与了校正整理工作。

最后，衷心感谢所有为本书的编写和出版提供了帮助的人们。

在本书的编写过程中，参考和引用了国内外同行撰写的大量书籍和论文，有些未在本书参考文献中列出，在此深表歉意，并感谢他们的工作为本书的贡献。

由于编者水平的局限，错漏难免，欢迎有关专家和读者赐教指正。

编 者

2007年9月

目 录

第 1 章 嵌入式系统概论1	
1.1 无所不在的嵌入式系统.....1	
1.1.1 采样控制系统.....2	
1.1.2 飞行控制系统.....3	
1.1.3 信息家电.....3	
1.1.4 实时信号处理系统.....4	
1.1.5 汽车电子产品.....5	
1.1.6 普适计算.....6	
1.1.7 仿真测试.....7	
1.2 嵌入式系统定义.....8	
1.2.1 计算机工业的分类.....8	
1.2.2 嵌入式系统.....8	
1.2.3 实时系统.....9	
1.2.4 嵌入式系统的实时性.....10	
1.3 嵌入式系统的特征.....10	
1.3.1 技术密集.....11	
1.3.2 专用紧凑.....11	
1.3.3 安全可靠.....12	
1.3.4 多种多样.....12	
1.3.5 及时响应.....12	
1.3.6 成本敏感.....13	
1.3.7 开发困难.....13	
1.3.8 不可垄断.....13	
1.3.9 其他.....14	
1.4 嵌入式系统的发展历程.....14	
1.5 嵌入式系统的分类.....17	
1.5.1 按微处理器位数划分.....17	
1.5.2 按应用类别划分.....17	
1.5.3 按系统的实时性划分.....17	
1.5.4 按工业界应用的复杂程度划分.....18	
1.6 嵌入式系统基本结构.....19	
1.6.1 嵌入式硬件组成.....19	
1.6.2 嵌入式软件组成.....20	
1.7 嵌入式系统的设计要求.....21	
1.8 嵌入式应用开发.....22	
1.8.1 嵌入式系统开发过程.....22	
1.8.2 嵌入式系统设计.....23	
1.8.3 嵌入式编程.....24	
1.8.4 嵌入式系统测试.....25	
1.8.5 嵌入式软件的重用.....26	
1.8.6 嵌入式软件开发平台.....26	
小结.....27	
习题.....28	
参考文献.....28	
第 2 章 ARM 嵌入式微处理器29	
2.1 嵌入式微处理器概述.....29	
2.1.1 嵌入式硬件系统基本架构.....29	
2.1.2 嵌入式微处理器的体系结构.....30	
2.1.3 嵌入式微处理器的分类.....32	
2.2 ARM 嵌入式微处理器体系结构.....34	
2.2.1 ARM920T 的基本结构.....34	
2.2.2 RISC 体系结构.....35	
2.2.3 AMBA 总线.....35	
2.2.4 工作状态.....36	
2.2.5 微处理器模式.....36	
2.2.6 寄存器结构.....37	

2.2.7 存储系统	39	3.3.3 JTAG 电路以及调试方式	94
2.2.8 流水线结构	40	小结	96
2.2.9 中断和异常	41	思考题	96
2.3 ARM 指令系统	42	参考文献	97
2.3.1 ARM 指令集概述	42	第 4 章 嵌入式软件体系结构	98
2.3.2 ARM 指令寻址方式	44	4.1 软件体系结构的基本概念	98
2.3.3 ARM 指令集	46	4.2 软件体系结构的作用	99
2.3.4 Thumb 指令	58	4.2.1 系统设计计划	99
2.4 基于 ARM9 的 S3C2410X		4.2.2 抽象管理框架	99
微处理器	58	4.2.3 特点	100
2.4.1 存储控制器	59	4.3 软件体系结构的发展历程	100
2.4.2 NAND Flash 控制器	61	4.4 通用软件体系结构	101
2.4.3 时钟和电源管理	61	4.4.1 整体结构	101
2.4.4 I/O 端口	65	4.4.2 层次结构	102
2.4.5 PWM 定时器	66	4.4.3 客户机/服务器结构	103
2.4.6 通用异步收发器	69	4.5 轮询系统	104
2.4.7 中断控制器	71	4.5.1 程序结构	104
2.4.8 直接存储器存取	75	4.5.2 调度	104
2.4.9 LCD 控制器	76	4.5.3 典型系统	106
小结	77	4.6 前后台系统	107
思考题	77	4.6.1 前台系统的应用	107
参考文献	78	4.6.2 运行方式	107
第 3 章 基于 ARM 的嵌入式系统		4.6.3 系统性能	108
外围硬件设计	79	4.6.4 前后台交互	109
3.1 嵌入式微处理器系统硬件设计	80	4.6.5 典型系统	109
3.1.1 芯片选型原则	80	4.7 实时多任务系统	110
3.1.2 电源模块设计	81	4.7.1 相关概念	110
3.1.3 时钟模块设计	82	4.7.2 实时多任务系统与 RTOS	111
3.1.4 复位电路设计	83	4.7.3 实时多任务系统的体系结构	111
3.2 嵌入式存储器系统设计	84	4.7.4 系统性能	111
3.2.1 Flash 接口电路设计	84	4.7.5 典型系统	112
3.2.2 SDRAM 接口电路设计	88	4.8 多处理器系统	113
3.3 其他接口设计	91	4.8.1 多处理器系统的分类	113
3.3.1 UART 串行接口	91	4.8.2 多处理器系统的应用	114
3.3.2 USB 接口电路设计	93		

4.8.3 系统拓扑结构	114	5.7.4 嵌入式数据库	157
4.8.4 系统性能	115	5.7.5 流媒体支持	160
4.8.5 典型系统	115	5.7.6 功耗管理	165
小结	116	5.7.7 用户接口	168
思考题	116	5.8 典型的 RTOS	169
参考文献	117	5.8.1 VxWorks	170
第 5 章 嵌入式实时操作系统	118	5.8.2 QNX	171
5.1 什么是嵌入式操作系统	118	5.8.3 Windows CE	172
5.2 关键术语	119	5.8.4 Embedded Linux	173
5.3 RTOS 的特点	121	5.8.5 Symbian OS	174
5.3.1 及时性	121	5.8.6 TinyOS	175
5.3.2 可确定性	121	5.8.7 DeltaOS	176
5.3.3 并发性	122	5.9 RTOS 发展趋势	177
5.3.4 高可信性	122	小结	178
5.3.5 安全性	122	思考题	179
5.3.6 可嵌入性	122	参考文献	180
5.3.7 可剪裁性	123	第 6 章 板级支持包与系统引导	182
5.3.8 可扩展性	123	6.1 嵌入式软件运行过程	182
5.4 RTOS 的体系结构	123	6.2 板级支持包	183
5.4.1 整体结构	123	6.2.1 BSP 的概念	184
5.4.2 层次结构	124	6.2.2 BSP 中的驱动程序	184
5.4.3 微内核结构	125	6.2.3 BSP 和 BIOS 的区别	185
5.4.4 构件化结构	126	6.2.4 RTOS 的 BSP	186
5.4.5 其他体系结构	127	6.3 RTOS 的引导模式	188
5.5 RTOS 的分类	128	6.3.1 需要 Boot Loader 的引导 模式	188
5.6 实时内核	129	6.3.2 不需要 Boot Loader 的引导 模式	188
5.6.1 任务管理	129	6.3.3 操作系统引导实例	189
5.6.2 任务间的通信	138	6.4 Boot Loader	192
5.6.3 中断	139	6.4.1 Boot Loader 概念	192
5.6.4 时钟管理	141	6.4.2 Boot Loader 的开发	192
5.6.5 内存管理	142	小结	200
5.7 RTOS 扩展组件	143	思考题	200
5.7.1 嵌入式 GUI	143		
5.7.2 嵌入式网络	147		
5.7.3 嵌入式文件系统	154		

参考文献	200
第7章 嵌入式软件设计方法	201
7.1 嵌入式软件工程概述	201
7.1.1 嵌入式软件的生命周期	201
7.1.2 并发任务	203
7.1.3 信息隐藏	203
7.2 嵌入式软件的分类	204
7.3 嵌入式软件的特点	205
7.3.1 实时性	205
7.3.2 异步事件的并发处理	205
7.3.3 应用/操作系统一体化	205
7.3.4 应用可固化	206
7.3.5 实用性	206
7.3.6 适用性	206
7.3.7 鲁棒性	206
7.3.8 够用即可	206
7.3.9 安全性	207
7.4 嵌入式软件设计方法	207
7.4.1 嵌入式软件开发过程	207
7.4.2 常规设计方法	214
7.4.3 实时多任务设计方法	222
7.4.4 一些新的设计方法	237
7.5 嵌入式软件设计的一些基本原则	241
7.5.1 尽量简单	241
7.5.2 使用静态表	242
7.5.3 尽量减少动态性	244
7.5.4 恰当的任务数目	245
7.5.5 避免使用复杂算法	245
7.5.6 使用有限状态自动机辅助设计	246
7.5.7 面向对象设计	246
小结	247
思考题	247

参考文献	247
第8章 嵌入式软件编程	248
8.1 概述	248
8.2 嵌入式程序设计语言	249
8.3 汇编语言	250
8.3.1 GAS的基本风格	250
8.3.2 与AT&T的差异	253
8.4 C语言	254
8.4.1 gcc扩展	255
8.4.2 C51扩展	259
8.4.3 浮点运算支持	268
8.5 C语言与汇编语言混合编程	269
8.5.1 在线汇编	269
8.5.2 C语言与汇编语言的混合调用	271
8.6 嵌入式Java	273
8.6.1 Java发展概况	273
8.6.2 Java技术框架	274
8.6.3 嵌入式Java程序设计	276
8.6.4 嵌入式Java的相关问题	278
8.6.5 嵌入式Java的典型应用	279
8.7 编程规范	280
8.7.1 模块划分和文件组织	281
8.7.2 源文件	281
8.7.3 头文件	284
8.7.4 程序书写规范	284
8.7.5 数据类型	285
8.7.6 命名方法	286
8.7.7 表达式和基本语句	287
8.7.8 内存使用	288
小结	289
思考题	289
参考文献	289
第9章 嵌入式软件开发环境	291
9.1 概述	291

9.2 交叉开发技术	292	10.2 嵌入式软件测试	345
9.2.1 常用的交叉开发方法	292	10.2.1 嵌入式软件的测试阶段	346
9.2.2 交叉开发过程	297	10.2.2 嵌入式软件测试工具 分类	346
9.2.3 交叉开发环境	299	10.2.3 有限状态机测试模型	347
9.3 仿真开发技术	300	10.2.4 CodeTEST 测试工具	348
9.3.1 仿真开发的分类	301	10.3 软件可靠性测试	351
9.3.2 仿真开发过程	303	10.3.1 软件可靠性测试概述	351
9.3.3 仿真开发环境	304	10.3.2 软件可靠性测试的过程	352
9.3.4 仿真开发环境的特点	305	10.3.3 软件可靠性测试方法	353
9.4 开发环境提供的主要工具	306	10.4 嵌入式软件的可靠性测试 与评估	355
9.4.1 项目管理	306	10.4.1 嵌入式软件可靠性测试 特点	355
9.4.2 配置剪裁	306	10.4.2 嵌入式软件可靠性测试 方法	356
9.4.3 源码编辑	307	10.4.3 嵌入式实时软件可靠性 评估	358
9.4.4 目标代码编译生成	307	10.5 嵌入式系统可靠性评价	360
9.4.5 交叉调试	309	10.6 嵌入式系统可靠性相关技术 的进展	361
9.4.6 测试工具	313	小结	362
9.4.7 版本管理工具	315	思考题	362
9.5 GNU 的嵌入式开发环境	317	参考文献	362
9.5.1 gcc 编译器	317	第 11 章 前沿技术简介	364
9.5.2 make	321	11.1 SoC 技术	364
9.5.3 gdb 调试器	325	11.1.1 SoC 的产生	364
9.6 Wind River System 公司开发 的集成开发环境	332	11.1.2 SoC 的定义	365
9.7 仿真开发工具 ARMulator	335	11.1.3 IP 核的概念与分类	366
小结	336	11.1.4 SoC 设计特点	368
思考题	337	11.1.5 SoC 设计方法	369
参考文献	337	11.1.6 SoC 验证方法	374
第 10 章 嵌入式系统可靠性测试 与评估	339	11.1.7 SoPC 技术	379
10.1 软件测试与可靠性评估	339	11.1.8 SoC 的挑战和发展趋势	381
10.1.1 软件测试相关概念	339		
10.1.2 软件可靠性评估相关 概念	341		
10.1.3 软件测试与软件可靠性 评估的关系	345		

11.2 嵌入式高可信计算技术	383	11.2.5 现有的高可信保障技术	389
11.2.1 可信的起源与内涵	383	11.2.6 防危核与防危壳技术	391
11.2.2 可信性的基本特征属性	384	小结	393
11.2.3 导致可信性降低的主要 因素	385	思考题	393
11.2.4 防危性、可靠性与安全性 的概念及三者之间的异同	387	参考文献	394

第 1 章 嵌入式系统概论

20 世纪末,随着信息技术与网络技术的迅猛发展,计算机技术已经进入了后 PC (Post-PC) 机时代。大量的计算机系统从传统的办公管理 (OA)、科学计算、企业管理 (ERP) 等领域,逐渐渗透到人们日常生活的方方面面,成为当前最热门的计算机领域之一——嵌入式系统领域。

传统的计算机系统,如 PC 机,一般具有多种用途,可以实现多种功能。而嵌入式系统恰恰相反,它根据要求设计系统,通过精简压缩,使得该系统只完成某种特殊的功能。因此,嵌入式系统与传统计算机系统有较大差异。

本章作为全书的起始,从无所不在的嵌入式系统开始,分别介绍嵌入式系统的典型应用、概念、特点、发展历程、基本结构以及应用开发过程,尽可能让读者理解嵌入式系统的全面概况。

1.1 无所不在的嵌入式系统

比尔·盖茨曾经预言,随着后 PC 机时代的到来,PC 机将无处不在。这里所说的 PC 机应该理解为随处可见的计算机。

21 世纪的今天,嵌入式系统的迅猛发展验证了比尔·盖茨的预言。20 世纪 90 年代后期,人类在经历了桌面系统的空前繁荣之后,由于信息家电、移动通信、手持信息设备以及汽车电子等的发展需要,嵌入式系统得到了迅猛发展,在工业、军事、通信、运输、金融、医疗、气象、农业等众多领域发挥了举足轻重的作用。今天,嵌入式系统带来的工业年产值已远远超过了 1 万亿美元。这些应用中除使用各种类型的嵌入式处理器外,还大量使用了各种各样的 PC 机,从而以嵌入式应用覆盖面印证了 PC 机的无处不在。

如果说 PC 机时代计算机还只是办公室和白领阶层的必备工具,那么嵌入式系统则已经成为人们生活中必不可少的组成部分。从洗衣机、电视机等家用电器,到电子手表、手机、MP3 播放器,以及电梯、汽车、飞机、卫星、数字仪器等,无不属于嵌入式系统的应用领域,如图 1.1 所示。

下面简单介绍几个典型的嵌入式应用案例。

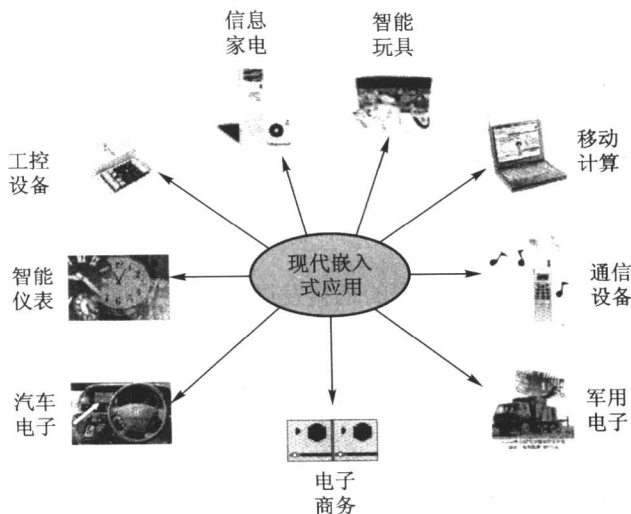


图 1.1 嵌入式应用领域

1.1.1 采样控制系统

自动控制系统是工业控制领域中最典型的嵌入式系统，其基本工作原理如图 1.2 所示。

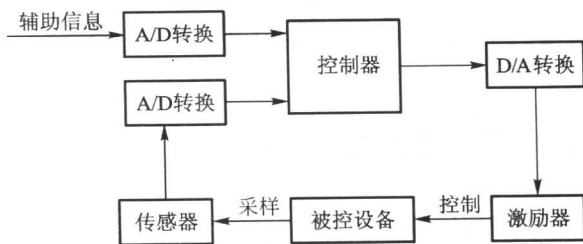


图 1.2 简单的采样控制系统

① 整个自动控制系统由被控设备、传感器、激励器、A/D 转换、D/A 转换、控制程序（控制器）等组成。

② 传感器负责采集被控设备当前状态（模拟量），经 A/D 转换变成数字信号提交控制器，这个过程称为采样。

③ 控制器根据设备当前状态和其他辅助信息，决定被控设备的下一步行为，并产生相应的控制命令。

④ 控制命令经 D/A 转换变成模拟量，由激励器输出给被控设备，驱动设备运行。

一般情况下，控制器是隐藏在被控设备中的，通过传感器和激励器与设备实时交互：采样