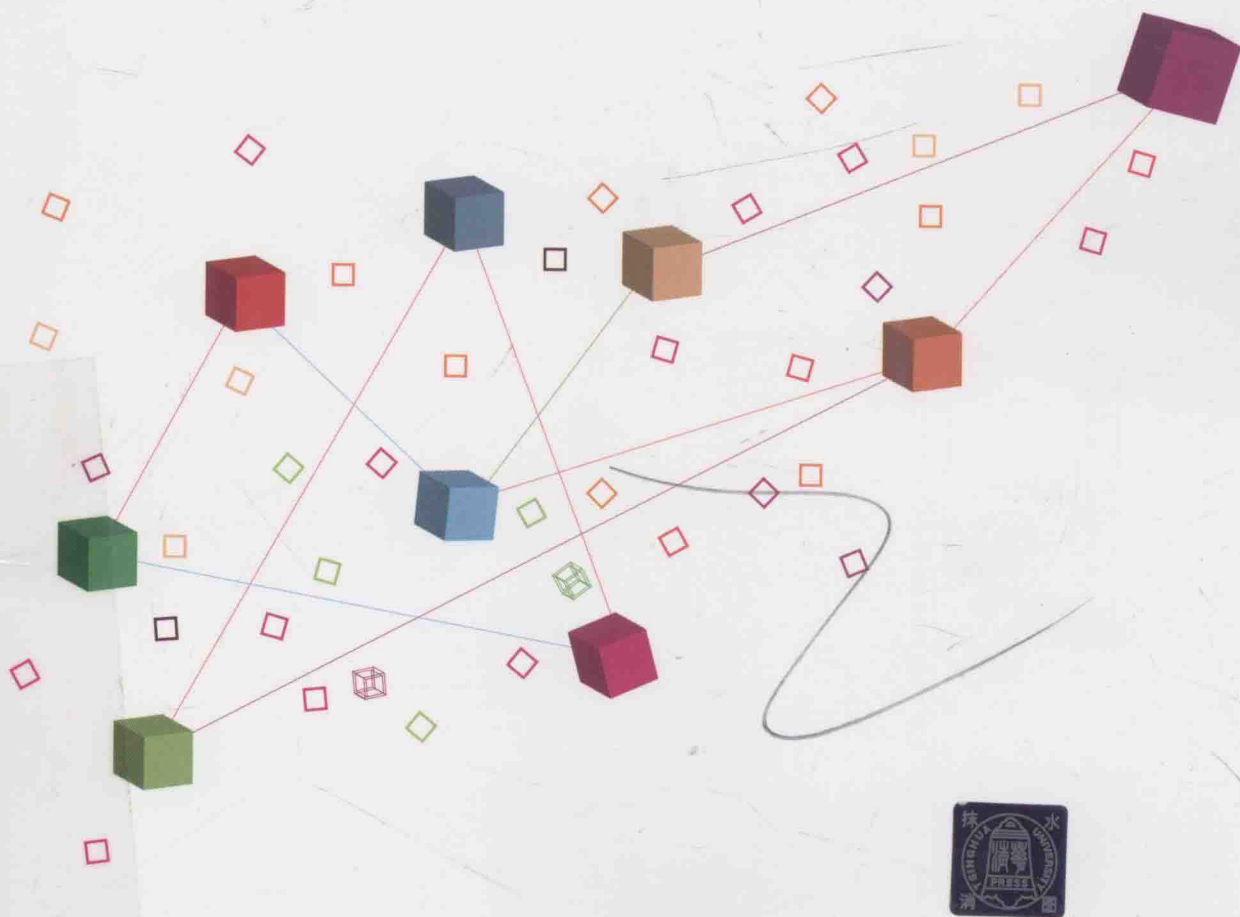


21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材

孟祥莲 主编 / 孙平 王嘉鹏 姜波 于剑光 副主编

# 嵌入式系统原理 及应用教程（第2版）



清华大学出版社

21 世纪高

划教材

# 嵌入式系统原理 及应用教程（第2版）

孟祥莲 主编 / 孙平 王嘉鹏 姜波 于剑光 副主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书全面、系统地描述了 ARM9 微处理器核的嵌入式系统体系结构,以 Samsung 公司的 S3C2440A 控制器为例,着重介绍 ARM9 微处理器的结构、开发工具、Linux 的程序设计及嵌入式 CDIO 工程实训等内容。

本书共分 5 部分:第 1 部分(第 1 章)为理论部分,着重介绍嵌入式系统的概念,包括嵌入式的特点、分类和应用;第 2 部分(第 2~6 章)为基础部分,着重介绍 ARM9 体系结构、指令系统、寻址方式、指令集,伪指令、汇编语言程序设计基础及与 C/C++ 的混合编程,S3C2440A 控制器的结构原理及外围电路的设计方法等;第 3 部分(第 7 章)为开发工具部分,着重介绍 ADS 1.2 集成开发环境及嵌入式 Linux 的软件开发环境的使用;第 4 部分(第 8~11 章)为操作系统部分,着重介绍 Linux 的程序设计;第 5 部分为第 2 版新增部分(第 12 章),增加了嵌入式 CDIO 工程实训环节。

本书采用理论与实践相结合的方法,立足于应用,具有有针对性、实用性及综合性强等特点。

本书不仅适用于高等院校计算机、物联网、电子、自动化等相关专业的本科教学,也适合于从事嵌入式系统研究与开发的技术人员及普通读者参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,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

嵌入式系统原理及应用教程/孟祥莲主编.—2 版.—北京:清华大学出版社,2017

(21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材)

ISBN 978-7-302-45939-2

I. ①嵌… II. ①孟… 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(2016)第 305767 号

责任编辑:付弘宇

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25 字 数:611 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版 2017 年 3 月第 2 版 印 次:2017 年 3 月第 1 次印刷

印 数:22001~24000

定 价:49.80 元

产品编号:066031-01

# 出版说明

嵌入式计算机技术是 21 世纪计算机技术两个重要发展方向之一,其应用领域相当广泛,包括工业控制、消费电子、网络通信、科学研究、军事国防、医疗卫生、航空航天等方方面面。我们今天所熟悉的电子产品几乎都可以找到嵌入式系统的影子,它从各个方面影响着我们的生活。

技术的发展和生产力的提高,离不开人才的培养。目前国内外各高等院校、职业学校和培训机构都涉足了嵌入式技术人才的培养工作,高校及其软件学院和专业的培训机构更是嵌入式领域高端人才培养的前沿阵地。国家有关部门针对专业人才需求大增的现状,也着手开发“国家级”嵌入式技术培训项目。2006 年 6 月底,国家信息技术紧缺人才培养工程(NITE)在北京正式启动,首批设定的 10 个紧缺专业中,嵌入式系统设计与软件开发、软件测试等 IT 课程一同名列其中。嵌入式开发因其广泛的应用领域和巨大的人才缺口,其培训也被列入商务部门实施服务外包人才培训“千百十工程”,并对符合条件的人才培训项目予以支持。

为了进一步提高国内嵌入式系统课程的教学水平和质量,培养适应社会经济发展需要的、兼具研究能力和工程能力的高质量专业技术人才,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社与国内多所重点大学共同对我国嵌入式系统软硬件开发人才培养的课程框架和知识体系,以及实践教学内容进行了深入的研究,并在该基础上形成了“嵌入式系统教学现状分析及核心课程体系研究”“微型计算机原理与应用技术课程群的研究”“嵌入式 Linux 课程群建设报告”等多项课程体系的研究报告。

本系列教材是在课程体系的研究基础上总结、完善而成,力求充分体现科学性、先进性、工程性,突出专业核心课程的教材,兼顾具有专业教学特点的相关基础课程教材,探索具有发展潜力的选修课程教材,满足高校多层次教学的需要。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

(1) 反映嵌入式系统学科的发展和专业教育的改革,适应社会对嵌入式人才的培养需求,教材内容坚持基本理论的扎实和清晰,反映基本理论和原理的综合应用,在其基础上强调工程实践环节,并及时反映教学体系的调整和教学内容的更新。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点。规划教材建设把重点放在专业核心(基础)课程的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现工程型和应用型的专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 支持一纲多本,合理配套。专业核心课和相关基础课的教材要配套,同一门课程可以有多个具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教

学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源的配套。

(5) 依靠专家,择优落实。在制定教材规划时依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的、以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校嵌入式系统专业规划教材  
联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

# 前 言

“嵌入式无处不在”已成为现实。嵌入式系统应用的领域日益广阔,与网络通信、数字家庭、工业控制、国防军事、医疗系统、安防系统、能源系统、交通系统等行业的融合逐步加深,智能设备终端应用市场的快速发展对嵌入式系统提出了持续需求,使得嵌入式系统产业在前所未有的机遇下飞速发展。因此,系统开设嵌入式系列课程是非常必要的,这样就需要合适的配套教材。鉴于这种情况,笔者参考了大量国内外教材,结合应用型本科院校的特点,在原有第1版教材的基础上进行更新和修订,从而有了更具实践性和应用性的《嵌入式系统原理及应用教程(第2版)》。

本书着眼于“应用”,立足于“工程开发”,强调“工程训练”,具有以下特点。

## 1. 综合性

嵌入式系统是嵌入式硬件和嵌入式软件的综合体,硬件的设计服务于软件功能,软件的开发也必须考虑硬件资源的有限性。根据嵌入式系统的这一特点,本书采用“ARM9 微处理器+Linux 操作平台+应用程序设计+CDIO 工程实训”的教学体系。

## 2. 基础性

本书详细讲解了 ARM9 体系结构和编程方法,尤其是举例讲解了指令系统中的指令集及汇编语言与 C/C++ 混合编程的方法,以便读者掌握好底层嵌入式开发的技能。

## 3. 实用性

本书以 S3C2440A 芯片和 Linux 操作系统为例,举例介绍了开发环境的使用与调试方法,详细介绍了嵌入式软件的编程技术。例如介绍了 AC97 音频控制器设计实例。

## 4. 针对性

本书是笔者多年嵌入式教学的总结。主要是针对应用型本科学生实践性的特点,在介绍 ARM9 微处理器原理及结构的同时,注重各功能模块的应用介绍。

## 5. 工程性

本书在第1版教材的基础上,结合 CDIO 教学模式,增加了嵌入式 CDIO 实训项目,以提高学生的实践能力,增强学生的工程意识。

本书系统介绍嵌入式系统软硬件的组成、工作原理和设计方法。全书分为5部分,共12章,主要内容和篇章结构安排如下。

第1部分为理论部分,由第1章组成。介绍嵌入式系统的基本概念,包括嵌入式系统的定义、组成、特点、分类和应用领域。

第2部分为基础部分,由第2~6章组成。第2章重点讲解 ARM9 处理器的体系结构;第3章详细讲解基于 ARM 的嵌入式处理器指令系统;第4章讲解嵌入式系统的程序设计基础,包括汇编语言程序设计及与 C/C++ 语言的混合编程技术;第5、6章详细讲解 S3C2440A 芯片内部结构、外设及工作原理和应用方法,并辅以实例讲解。

第3部分为开发工具部分,由第7章组成,着重讲解 ADS1.2 集成开发环境及嵌入式 Linux 的开发环境的使用。

第4部分为操作系统部分,由第8~11章组成。第8章详细分析嵌入式系统的 Boot Loader,第9~11章以实例的方式讲解基于“S3C2440A 芯片+ Linux 操作平台”的设计方法。

第5部分为 CDIO 工程实训,由第12章组成,详细讲解了8个实训实例,学生还可以进行拓展训练。

本书由孟祥莲任主编,孙平、王嘉鹏、姜波、于剑光任副主编。

由于嵌入式技术发展迅速,加上笔者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,请读者不吝赐教,以便我们在再版的时候及时纠正补充。

本书的配套课件、代码等可以从清华大学出版社网站 [www.tup.com.cn](http://www.tup.com.cn) 下载,如在本书使用或课件下载中遇到问题,请联系 [fuh@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:fuh@tup.tsinghua.edu.cn)。

编者

2017年1月

# 第1版前言

“嵌入式无处不在”已成为现实。嵌入式系统应用的领域日益广阔,与网络通信、数字家庭、工业控制、国防军事、医疗系统、安防系统、能源系统、交通系统等行业融合正在加深,智能设备终端应用市场的快速发展对嵌入式系统提出了持续需求,使得嵌入式系统产业在前所未有的机遇下快速地发展。因此,系统地开设嵌入式系列课程是必要的,这样就需要合适的配套教材,鉴于这种情况,作者参考了大量国内外教材,结合应用型本科院校的特点,编写了《嵌入式系统原理及应用教程》一书。

全书着眼于“应用”、立足于“工程开发”,具有以下特点。

## 1. 综合性

嵌入式系统是嵌入式硬件和嵌入式软件的综合体,硬件的设计服务于软件功能,软件的开发也必须考虑硬件资源的有限性。根据嵌入式系统的这一特点,本书采用“ARM9 处理器+Linux 操作平台+应用程序设计”的介绍方法。

## 2. 基础性

本书详细地讲解了 ARM9 处理器的体系结构和编程方法,尤其是举例讲解了指令系统中的指令集及汇编语言与 C/C++ 混合编程的方法,以便读者掌握好底层嵌入式开发的技能。

## 3. 实用性

本书以 S3C2440A 芯片和 Linux 操作系统为例,举例介绍了开发环境的使用与调试方法,详细介绍了嵌入式软件的编程技术。例如介绍 AC97 音频控制器和触摸屏的设计实例。

## 4. 针对性

本书是编者几年嵌入式教学的总结。主要是针对应用型本科学生实践性强的特点,在介绍 ARM9 处理器的原理及结构的同时,注重了各功能模块的应用介绍。

本书系统地介绍了嵌入式系统软硬件的组成、工作原理和设计方法。全书分为 4 部分,共 11 章,主要内容和篇章结构安排如下。

第 1 部分为理论部分,由第 1 章组成。介绍嵌入式系统的基本概念,包括嵌入式系统的定义、组成、特点、分类和应用领域。

第 2 部分为基本部分,由第 2~6 章组成。第 2 章重点讲解 ARM9 处理器的体系结构;第 3 章详细讲解基于 ARM 的嵌入式处理器指令系统;第 4 章讲解其嵌入式系统的程序设计基础,包括汇编语言程序设计及与 C/C++ 语言的混合编程技术;第 5~6 章详细讲解 S3C2440A 芯片内部结构、内部外设及工作原理和应用方法,并辅以实例讲解。

第 3 部分为开发工具部分,由第 7 章组成。着重讲解 ADS1.2 集成开发环境及嵌入式 Linux 的软件开发环境的使用。

第 4 部分为操作系统部分,由第 8~11 章组成。第 8 章详细分析嵌入式系统的 Boot Loader;第 9~11 章以实例的方式讲解基于“S3C2440A 芯片+Linux 操作平台”的设计方法。



全书由孟祥莲主编并编写第3~6章,高洪志编写第1~2章,孙平编写第7~8章,朱国哈编写第9~11章。

由于嵌入式技术发展迅速,加上作者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,无论如何,请读者不吝赐教,以便我们在改版或再版的时候及时纠正补充。

作者

2010年8月

## 图书资源支持

感谢您一直以来对清华版图书的支持和爱护。为了配合本书的使用,本书提供配套的素材,有需求的用户请到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn>)上查询和下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本书的过程中遇到了什么问题,或者有相关图书出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

### 我们的联系方式:

地址:北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮编:100084

电话:010-62770175-4604

资源下载:<http://www.tup.com.cn>

电子邮件:[weijj@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:weijj@tup.tsinghua.edu.cn)

QQ: 883604(请写明您的单位和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注清华大学出版社公众号“书圈”。



扫一扫

资源下载、样书申请  
新书推荐、技术交流

# 目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 嵌入式系统定义	1
1.1.1 嵌入式系统的概念	1
1.1.2 嵌入式系统的特点	2
1.2 嵌入式系统的组成	3
1.2.1 嵌入式系统硬件	3
1.2.2 嵌入式系统软件	4
1.2.3 嵌入式系统的开发系统和开发工具	4
1.3 嵌入式系统的应用	5
1.4 本章小结	6
1.5 习题 1	7
第 2 章 ARM 微处理器概述与编程模型	8
2.1 ARM 微处理器概述	8
2.1.1 ARM 微处理器的特点	8
2.1.2 ARM 微处理器系列	8
2.2 ARM 微处理器结构	14
2.2.1 RISC 体系结构	14
2.2.2 ARM 微处理器的寄存器结构	15
2.2.3 ARM 微处理器的指令结构	16
2.3 ARM 微处理器的工作状态	16
2.4 ARM 体系结构的存储器格式	16
2.4.1 指令长度及数据类型	17
2.4.2 存储管理单元	17
2.5 处理器模式	22
2.6 寄存器组织	22
2.6.1 ARM 状态下的寄存器组织	23
2.6.2 Thumb 状态下的寄存器组织	24
2.6.3 程序状态寄存器	26
2.7 异常	28
2.7.1 ARM 体系结构所支持的异常类型	28
2.7.2 异常优先级	29
2.7.3 异常的响应及返回	29

2.7.4	应用程序中的异常处理 .....	30
2.8	本章小结 .....	31
2.9	习题 2 .....	31
<b>第 3 章</b>	<b>ARM9 指令系统 .....</b>	<b>32</b>
3.1	ARM 处理器的寻址方式 .....	32
3.1.1	寄存器寻址 .....	32
3.1.2	立即寻址 .....	32
3.1.3	寄存器间接寻址 .....	32
3.1.4	变址寻址 .....	33
3.1.5	寄存器移位寻址 .....	33
3.1.6	多寄存器寻址 .....	35
3.1.7	堆栈寻址 .....	36
3.1.8	相对寻址 .....	36
3.2	ARM 指令集 .....	36
3.2.1	指令格式 .....	36
3.2.2	条件码 .....	37
3.2.3	ARM 存储器访问指令 .....	37
3.2.4	ARM 数据处理类指令 .....	42
3.2.5	ARM 分支指令 .....	48
3.2.6	ARM 协处理器指令 .....	50
3.2.7	ARM 软件中断指令 .....	51
3.3	Thumb 指令集 .....	52
3.4	本章小结 .....	54
3.5	习题 3 .....	54
<b>第 4 章</b>	<b>嵌入式程序设计基础 .....</b>	<b>56</b>
4.1	伪指令 .....	56
4.1.1	通用伪指令 .....	56
4.1.2	与 ARM 指令相关的伪指令 .....	64
4.1.3	与 Thumb 指令相关的伪指令 .....	66
4.2	汇编语言的语句格式 .....	67
4.2.1	书写格式 .....	67
4.2.2	汇编语言中表达式和运算符 .....	67
4.3	汇编程序应用 .....	71
4.3.1	汇编程序基本结构 .....	71
4.3.2	子程序调用 .....	71
4.4	汇编语言与 C/C++ 的混合编程 .....	72
4.4.1	在 C/C++ 程序中内嵌汇编指令的语法格式 .....	74

4.4.2 C/C++与汇编语言的混合编程应用 .....	74
4.5 本章小结 .....	78
4.6 习题4 .....	79
<b>第5章 嵌入式内部可编程模块 .....</b>	<b>80</b>
5.1 存储控制模块 .....	80
5.1.1 存储器控制器 .....	80
5.1.2 NAND Flash 控制器 .....	85
5.1.3 存储器实例 .....	91
5.2 GPIO .....	95
5.2.1 端口功能 .....	96
5.2.2 端口配置寄存器 .....	100
5.2.3 端口其他寄存器 .....	109
5.2.4 I/O 应用实例 .....	119
5.3 中断系统 .....	122
5.3.1 中断优先级 .....	124
5.3.2 中断控制寄存器 .....	125
5.3.3 中断编程实例 .....	132
5.4 定时部件 .....	133
5.4.1 看门狗定时器原理及实例 .....	133
5.4.2 RTC 部件 .....	134
5.4.3 Timer 部件 .....	140
5.4.4 定时部件应用实例 .....	147
5.5 UART .....	154
5.5.1 UART 的操作 .....	155
5.5.2 UART 接口寄存器 .....	158
5.5.3 UART 实例 .....	162
5.6 ADC 及触摸屏接口 .....	163
5.6.1 功能描述 .....	164
5.6.2 ADC 及触摸屏接口特殊寄存器 .....	165
5.6.3 A/D 转换实例 .....	167
5.7 本章小结 .....	169
5.8 习题5 .....	169
<b>第6章 嵌入式接口技术应用 .....</b>	<b>170</b>
6.1 LCD 显示器接口 .....	170
6.1.1 LCD 的控制器 .....	170
6.1.2 S3C2440A 芯片的 LCD 专用寄存器 .....	174
6.1.3 S3C2440A 芯片 LCD 寄存器的设置 .....	180

6.2	I <sup>2</sup> C 总线 .....	181
6.2.1	S3C2440A 的 I <sup>2</sup> C 接口 .....	181
6.2.2	I <sup>2</sup> C 总线接口特殊寄存器 .....	183
6.2.3	I <sup>2</sup> C 编程举例 .....	185
6.3	I <sup>2</sup> S 总线 .....	189
6.3.1	发送接收模式 .....	189
6.3.2	音频串行接口格式 .....	189
6.3.3	I <sup>2</sup> S 总线接口特殊寄存器 .....	190
6.3.4	I <sup>2</sup> S 编程实例 .....	192
6.4	AC97 控制器 .....	195
6.4.1	AC97 控制器操作 .....	196
6.4.2	AC97 控制器特殊寄存器 .....	198
6.4.3	AC97 应用实例 .....	200
6.5	本章小结 .....	204
6.6	习题 6 .....	204
<b>第 7 章 软件开发环境</b> .....		205
7.1	ADS1.2 集成开发环境 .....	205
7.1.1	使用 ADS 创建工程 .....	205
7.1.2	用 AXD 进行代码调试 .....	211
7.2	嵌入式 Linux 的交叉编译环境安装 .....	215
7.3	本章小结 .....	222
7.4	习题 7 .....	222
<b>第 8 章 嵌入式系统 Boot Loader 技术</b> .....		223
8.1	Boot Loader 的基本概念 .....	223
8.1.1	Boot Loader 的相关设备和机制 .....	223
8.1.2	Boot Loader 的启动过程 .....	224
8.1.3	Boot Loader 的操作模式 .....	224
8.1.4	Boot Loader 的总体设计 .....	225
8.2	Boot Loader(vivi)的代码分析 .....	232
8.3	本章小结 .....	240
8.4	习题 8 .....	241
<b>第 9 章 嵌入式 Linux 操作系统移植</b> .....		242
9.1	嵌入式 Linux 基本概念 .....	242
9.2	嵌入式 Linux 内核移植 .....	246
9.2.1	内核修改 .....	246
9.2.2	内核配置 .....	249

---

9.2.3 内核编译	261
9.3 建立 Linux 根文件系统	265
9.4 下载目标文件	269
9.5 本章小结	270
9.6 习题 9	270
<b>第 10 章 嵌入式 Linux 设备驱动程序开发</b>	<b>271</b>
10.1 嵌入式 Linux 驱动程序开发基础	271
10.1.1 嵌入式 Linux 设备驱动程序分类	271
10.1.2 最简单的内核模块	272
10.2 嵌入式 Linux 设备驱动重要技术	276
10.2.1 内存与 I/O 端口	276
10.2.2 同步机制	281
10.2.3 阻塞与非阻塞	289
10.2.4 时间问题	291
10.2.5 中断处理	296
10.3 字符设备驱动程序	297
10.3.1 字符设备驱动结构	297
10.3.2 字符设备驱动实例——LED 驱动	303
10.4 网络设备驱动程序	308
10.4.1 Linux 网络设备简介	308
10.4.2 网络驱动核心数据结构	310
10.4.3 网络驱动程序分析	314
10.5 设备驱动实例	325
10.5.1 ADC 设备驱动实例	325
10.5.2 PWM 设备驱动实例	327
10.5.3 触摸屏设备驱动实例	329
10.6 本章小结	337
10.7 习题 10	337
<b>第 11 章 嵌入式 Linux 应用程序设计</b>	<b>338</b>
11.1 嵌入式 Linux C 语言应用程序开发基础	338
11.1.1 编写源程序	338
11.1.2 交叉编译程序	341
11.1.3 调试程序	341
11.2 文件 I/O 编程	343
11.2.1 文件 I/O 操作例程	343
11.2.2 文件 I/O 操作 API	344
11.3 网络编程	349

11.3.1	网络通信基础及例程 .....	349
11.3.2	网络通信 API .....	352
11.4	应用实例 .....	358
11.4.1	ADC 应用实例 .....	358
11.4.2	PWM 蜂鸣器控制应用实例 .....	358
11.4.3	触摸屏应用实例 .....	360
11.5	本章小结 .....	362
11.6	习题 11 .....	362
<b>第 12 章</b>	<b>嵌入式 CDIO 实训项目 .....</b>	<b>363</b>
实训 1	ARM 汇编基础训练 1 .....	363
实训 2	ARM 汇编基础训练 2 .....	364
实训 3	GPIO 输入输出实训 .....	365
实训 4	GPIO 定时器中断应用实训 .....	367
实训 5	直流电机应用实训 .....	368
实训 6	温度采集应用实训 .....	370
实训 7	红外通信应用实训 .....	374
实训 8	CAN 总线应用实训 .....	375
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>385</b>



# 第 1 章 嵌入式系统概述

嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的,并被各个领域广泛地应用。目前,各种各样的嵌入式系统大量应用到各个领域,从航天到运输,从军事到工业,从科学研发到日常生活,从网络通信设备到智能仪器、日常消费电子设备,到处有嵌入式系统的存在。随着嵌入式技术的发展,嵌入式系统将更广泛地应用于人类生活的方方面面。它是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的基于硅片的专用集成系统。嵌入式系统拥有巨大的市场空间,而目前产业界对嵌入式系统人才需求的空间也非常大。

## 1.1 嵌入式系统定义

### 1.1.1 嵌入式系统的概念

嵌入式系统(embedded systems)是指:“嵌入到对象体系中的、用于执行独立功能的专用计算机系统”。定义为以应用为中心,以微电子技术、控制技术、计算机技术和通信技术为基础,强调硬件软件的协同性与整合性,软件硬件可剪裁的,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗和应用环境等有严格要求的专用计算机系统。

嵌入式系统的嵌入式本质就是将一个计算机嵌入到一个对象体系中去。

嵌入式系统主要由嵌入式处理器、支撑硬件和嵌入式软件组成。其中嵌入式处理器通常是单片机或微控制器,支撑硬件主要包括定时器、微控制器、存储器、传感器等,嵌入式软件则包括支撑硬件的驱动程序、操作系统、应用软件系统等。它是集计算机软硬件于一体的可独立工作的“器件”,共同实现诸如实时控制、监视、管理、移动计算、数据处理等各种自动化处理任务。

最简单的嵌入式系统仅有执行单一功能的控制能力,在唯一的 ROM(只读存储器)中仅有实现单一功能的控制程序,无微型操作系统。复杂的嵌入式系统,例如个人数字助理(PDA)、手持电脑(HPC)等,具有与 PC 几乎一样的功能。实质上与 PC 的区别仅仅是将微型操作系统与应用软件嵌入在 ROM、RAM 或 Flash 存储器中,而不是存储于磁盘等载体中。很多复杂的嵌入式系统又是由若干小型嵌入式系统组成的。

从广义上讲,凡是带有微处理器的专用硬件系统都可以称为嵌入式系统,如各类单片机和 DSP 系统。这些系统在完成较为单一的专业功能时具有简捷高效的特点。但它们的软件的能力有限。因此,推荐使用由嵌入式微处理器构成独立系统,具有自己的操作系统,具有特定功能,用于特定场合的嵌入式系统。所以,一个嵌入式系统就是一个硬件和软件的集合体,它包括硬件和软件两部分。其中硬件包括嵌入式处理器、控制器、数字信号处理器(DSP)、存储及外设器件、输入输出(I/O)。由于应用领域不同,应用程序千差万别。

按照上述嵌入式系统的定义,只要满足定义中三要素的计算机系统,都可称为嵌入式系