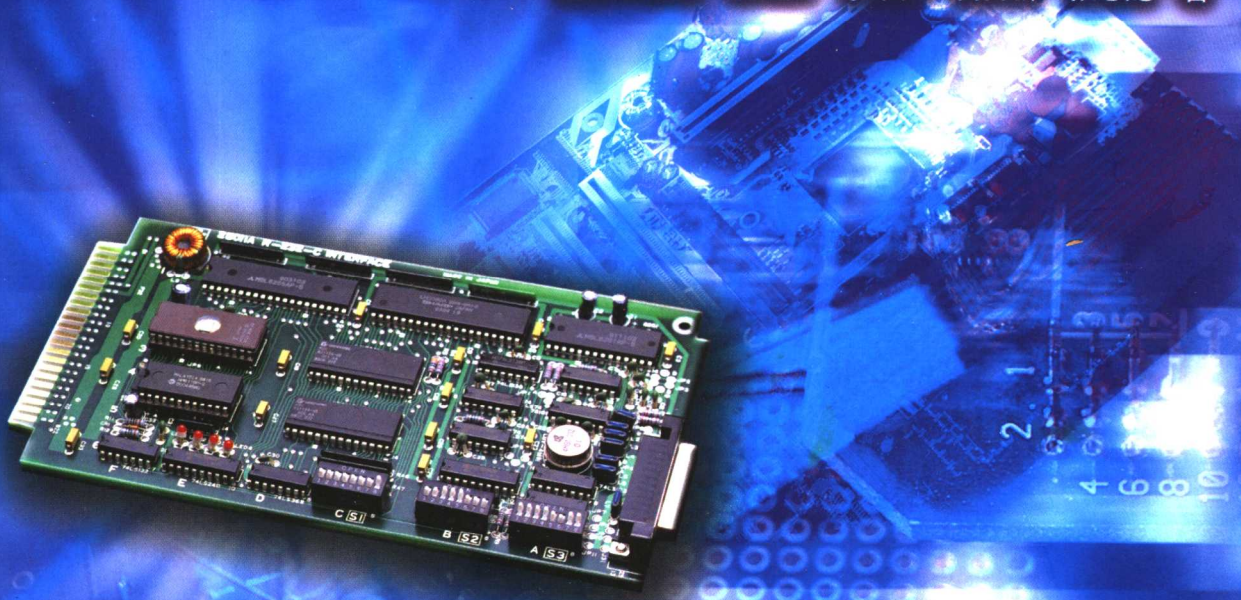


科技宝典 >>带您步入嵌入式系统殿堂

嵌入式系统导论

探矽工作室 胡继阳 李维仁 柯力群 张志龙 著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

嵌入式系统导论

探索工作室

胡继阳 李维仁 柯力群 张志龙 著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2004-5307 号

版 权 声 明

本书中文繁体字版由台湾学贯行销股份有限公司出版。本书简体字版经台湾学贯行销股份有限公司授权由中国铁道出版社出版, 任何单位或个人未经出版者书面允许不得以任何手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统导论/探矽工作室等著. —北京: 中国铁道出版社, 2005. 5

ISBN 7-113-06505-8

I. 嵌… II. 探… III. 微型计算机—系统设计 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 047163 号

书 名: 嵌入式系统导论

作 者: 探矽工作室 胡继阳 李维仁 柯力群 张志龙

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏

责任编辑: 苏 茜 黄园园 严 力

封面制作: 白 雪

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30.25 字数: 709 千

版 本: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN 7-113-06505-8/TP·1486

定 价: 46.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

出版说明

大约 20 年前，第一个微处理器的诞生大幅改变了人们的日常生活，从火星探测、计算机产业到家庭中的电视、电冰箱，无一不可看到嵌入式系统的存在；大约 10 年前因特网结合嵌入式系统的诞生，则又带领我们进入新的一个时代，各式各样的网络应用产品与办公应用产品占据了办公室的角落；而 2004 年开始又是另外一个转折点，结合强势宽带与先进的微处理器技术，嵌入式系统产品将要进入每个人的家庭生活。

这几年国内高校的教师已经感受到这样的潮流，纷纷改变课程的设计，培养学生前瞻的设计观点，符合业界的创新需求，不过一直没有合适的经过系统整理的素材来加深学生的学习成果，为此中国铁道出版社从学贯行销股份有限公司引进了本书，满足了广大师生的需要。该书从基础理论、嵌入式操作系统到 SoC 软硬件设计均有提及，范围覆盖广泛，内容扎实而且不可多得，特此推荐给广大朋友。

本书由中国铁道出版社引进本书的中文简体字版版权，参与本书整稿工作的有陆正中、陆正武先生，以及编辑严力先生和其他对于本书一直默默付出的人，在此一并致谢。

中国铁道出版社

计算机图书中心

2005.4

序

嵌入式系统虽然由来已久，不过随着时代的变迁与科技的进步，不断地以不同的面貌展示在我们的眼前，由工厂、办公室、客厅的角落到身上的配件都存在它的踪迹，新的 21 世纪到来后，各式各样创新思维更让嵌入式系统披上一件美丽的外衣，像是外型功能多端的手持设备、居家生活必备的信息家电，已经不是过去一般传统的嵌入式技术所能够掌握的市场，也不是台式机能胜任的任务，而应该有更宏观的想法来诠释这个崭新的世界。

追求轻薄短小的设计概念，搭配高度集成的软硬件平台，加上人性化的应用，达到性能与成本最佳化比例的产品快速产出是我们不断追求的目标。在这样的背景之下，衍生出无止境的创意空间与服务商机。笔者尝试结合以往实践与理论的经验，通过人性化的笔触，尝试画出目前嵌入式系统技术的轮廓，引导读者洞悉其模糊地带，也希望通过本书为国内的学子广泛分析这方面的技术发展，延伸知识的触角以贯通嵌入式系统领域，迎接新世纪的到来。

本书的完成，要感谢本工作室的其他作者利瓦伊仁、张志龙与柯力群，也要感谢工作室的其他伙伴陈泽民、陈友士、林孟贤、胡岳伟的大力支持。

探矽工作室 首席

胡继阳

本书导读

这是一本讨论嵌入式系统基础的课本。嵌入式系统是一种结合微处理机或微控制器的系统电路与其专属的软件，以达到系统运行性能成本的最高比的一种系统，广泛地应用在人们生活中。通过本书，你可以学习到嵌入式系统的定义、应用范围、设计流程与方式、相关背景知识以及软件与硬件的设计方式。

本书分为 4 大部分：第一部分从第 1~9 章，是一般嵌入式系统的设计部分；第二部分从第 10~12 章，是引入软硬件同步设计所需要了解的知识，以设计复杂的嵌入式系统；第三部分从第 13~15 章，是案例讨论的部分；第四部分是附录 A~D，补充本书所提到的相关内容。

第一部分 嵌入式系统的设计

这个部分主要是介绍一般嵌入式系统的开发方式以及相关理论，一般嵌入式系统的设计会从产品定义开始着手，接着开始进行硬件设计，然后将软件或是操作系统移植到硬件上，并且开始进行应用程序的开发，最后经过测试与调试之后，开始销售或是使用。

第 1 章 嵌入式系统介绍

本章主要介绍嵌入式系统的定义、历史与种类，并且针对市场的需求，列举出着手开发嵌入式系统所需要具备的能力与困难挑战。嵌入式系统本身有着高度“量身定做”的特点，因此在不同应用领域会有截然不同的面貌，从传统应用在工厂、办公室或是家庭里的独立式设备，到通过网络相互连接合作的分布式设备，以及最近因为商务或是娱乐所兴起的信息家电，都是属于这个范畴的系统。因为有着独特的应用方式，也让嵌入式系统的设计具有一定设计门坎，在本章里将逐一介绍这些状况与困难所在。

第 2 章 嵌入式系统的未来战场——数字家庭

本章大胆预测嵌入式未来的应用潮流将会朝着“数字家庭”的应用前进。随着微处理机能力与软件设计愈发精良，嵌入式系统将来会是一个无所不在的系统，也会从原本主要应用在工业军事、精密设备或是办公室转而大量地在家庭里面出现。并且随着网络连接能力提升，让嵌入式系统彼此之间可以交换信息，自动随着人们的作息切换使用状态，以适应人们的生活。同时因为人们开始注重生活质量的缘故，许多专门为了娱乐而诞生的市场也顺势而起，在本章里面将会介绍相关的发展趋势与未来研究方向。

第 3 章 嵌入式系统的系统设计

本章主要讨论系统设计流程与方法论，在进行项目开发的时候必须要考虑到许多的细节，并且在进入真正的开发流程时就必须事先设想周到，否则在产品开发阶段会不断地更改规格，拖延开发的进程，更可能造成产品调试上的困难与将来维护的困扰。虽然不可避免地，在设计过程会依据市场现况或是经费人力进行规格修改，如何取得一个平衡点则是系统设计必须要慎重考虑的重点，如何获取每一次设计的经验，让下一次的设计可以更为顺畅，都是本章所覆盖的讨论范围。

第4章 嵌入式系统微处理器

在嵌入式系统的发展历史中,微处理器无疑扮演着非常重要的角色。从早期4位、8位微处理器进步到现在的32位微处理器,以及顺应嵌入式系统多变化的需求所衍生出来的DSP或是SoC设计,都涵括在本章的内容中。本章特别介绍多款先进的微处理器架构以及其应用方式,让你在面对产品设计时能够有更多样的选择。

第5章 硬件周边设备

嵌入式系统除了微处理器之外,当然也少不了周边设备,包括内存、输入与输出设备、通信设备、扩充接口以及电源管理设备,通过这些不同的设备,使得嵌入式系统有着许多不同设计的面貌。本章主要介绍这些周边设备的基本运行方式,让你对于常见的周边设备能够有基本的认识。

第6章 软硬件接口

当硬件平台设计完成之后,嵌入式系统的灵魂软件控制这些硬件,依靠软件与硬件的接口互相搭配。本章介绍了硬件在设计时所定义的硬件接口,包含了指令集架构、数据路径、总线、寄存器等原理与运行方式,并详细介绍运算符与寄存器的操作流程,辅以总线的沟通机制,并且举出AMBA架构的硬件与软件沟通方式作为范例,让读者能够深入了解软硬件接口的搭配方式。

第7章 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统随着产品功能日益强大而变得更为复杂。由于嵌入式系统在许多应用中都特别强调实时性,因此在操作系统的设计上,必须全方面考虑如何达到实时性的要求,本章介绍了嵌入式操作系统的原理,包含进程与线程、调度机制、实时调度原理、内存管理、内部进程通信等,并且列举几种知名的嵌入式操作系统当作范例讨论,包含常见的VxWORKS、Nucleus Plus,以及新一代嵌入式操作系统WinCE与Symbian OS。

第8章 系统开发、仿真与调试

当了解了以上相关嵌入式系统的知识之后,接着就是进入系统开发的阶段。在本章中,你可以了解到一般系统开发的程序、跨平台编译环境的基本原理与使用方式,并且对嵌入式系统特有的开机程序以及硬件抽象层有初步的了解。由于嵌入式系统的开发环境相当特殊,可以分成开发平台与目标平台,因此除了需要特别的方式来进行程序开发编译与下载的操作之外,也需要特别的方式来验证仿真所开发的程序,并且通过特殊的工具进行调试的操作,这些内容也包括在本章的讨论范围里面。

第9章 性能评估、程序最佳化与测试

一旦接近完成开发的尾声之时,就必须针对产品的需求进行性能评估的工作,从性能评估的结果里找出性能瓶颈所在进行改善,同时也会依据系统不同的情况进行程序的最佳化操作,包括程序最佳化、空间最佳化以及省电的策略。当然在最后也必须要进行测试的操作,来验证系统的稳定性与功能是否符合当初所设计的规格,这些内容都会在本章进行讨论。

第二部分 软硬件同步设计

由于市场快速变迁,为了加速Time-To-Market的进程,现今的嵌入式系统已经向软硬件同步设计的趋势前进,在规格分析完成之后,就会通过不同的策略让软件与硬件同时进行开

发,最后进行集成。这种方式与传统嵌入式系统设计流程有着许多不同的地方,将会在这个部分进行讨论。

第 10 章 VLSI 设计与系统单芯片

由于嵌入式系统本身的多样化特性,各种新奇的创意不断涌现,集成多种不同的硅产品到一个系统单芯片已经是目前的设计趋势。本章从基本的 VLSI 概念介绍开始,包含几种常见的设计理念与流程,引导你进入系统单芯片设计的领域,介绍系统单芯片集成的基本方式以及平台式设计理念,并且列举了几种实际的开发平台作为范例。

第 11 章 可编程逻辑系统

使得嵌入式系统达到软硬件同步设计的理念,可编程逻辑系统可以说是功臣之一。这是一种可以将数字系统实现在硬件电路上的设备,以达到快速建立系统原型的构想。通过硬件原型快速建立的帮助,让软件能够在真正的系统完成之前就可以进行验证的操作。虽然就目前可编程逻辑系统最后都会再变为 ASIC,成为量产的产品,不过针对数量较少或是更新频繁的系统来说,可编程逻辑系统还是非常好的选择,特别是目前可编程逻辑系统的价位与性能都逐渐逼近 ASIC 的情况下,未来潜力更是不可忽视。本章介绍了可编程逻辑系统的基本原理,并且举出一些范例让你了解开发的过程。

第 12 章 软硬件协同设计与验证

软硬件同步设计主要讨论如何以最短的开发时间、最低的成本来达到最佳的系统设计成果,在市场快速变迁的推力之下,这个概念逐渐取代以往顺序设计的流程。本章介绍有关软硬件协同设计的概念,包含规格制订、系统功能验证、架构设计、系统分割、模块组成、协同仿真与验证以及系统建立。并且讨论了系统软硬件分割的考虑与评估以及软硬件协同模拟种类,介绍了目前现有软硬件协同设计环境,逐步引领你进入这个领域。

第三部分 案例讨论

在这个部分里面将会介绍几个系统范例,从硬件平台范例、软件平台范例到应用平台范例。这些范例都是目前嵌入式系统流行的设计趋势,也让你通过这些案例来查找合适自己发挥的平台。

第 13 章 系统开发平台实例

本章主要介绍了 ARM Integrator 与 Altera SOPC Builder 这两种平台。ARM Integrator 开发平台是目前开发 ARM 相关产品的主要平台,也是由 ARM 公司本身所推出的标准平台,许多系统开发公司或是学校都是采用这种平台作为基础,本章介绍了 ARM Integrator 开发平台的基本使用方式,同时也适用于其他系统开发公司所推出的开发平台包。而 Altera SOPC Builder 则是另外一种非常容易上手的开发平台,同时具有很好的扩充性,通过这套开发平台,可以轻易达到软件与硬件同步开发的效果。

第 14 章 嵌入式 Linux 开发环境

Linux 有着开放源代码的自由软件特性,也具备了相当的软件平台开发优势,更是目前嵌入式系统热门的题目,加上目前的嵌入式微处理器大多会附上一个嵌入式 Linux 作为设计参考依据,也壮大了嵌入式 Linux 的声势。本章介绍了采用嵌入式 Linux 所应该具备的基本知识,并且针对 Linux 在桌上型系统与嵌入式系统之间的不同进行讨论,同时也针对实时

Linux 的原理进行说明。本章的最后，也举出几个知名的嵌入式 Linux 项目给你参考。

第 15 章 嵌入式 Java 技术

在应用程序的开发部分，许多厂商采用 Java 作为解决方案，让同一个应用程序可以在不同的系统运行，以减少应用程序开发的时间与成本。本章主要介绍了嵌入式系统里面所采用的 Java 技术，特别是在 J2ME 部分做了基础的介绍，并且以移动电话的应用程序开发作为范例。

第四部分 附录

附录主要补充本书尚未详细介绍的部分，对嵌入式系统或是本书的完整性有着重要影响。附录 A 是 Verilog 程序语法基本介绍，附录 B 针对 ARM 指令集进行介绍，附录 C 简略说明 UML 的使用，最后在附录 D 中列出本书所参考的网页、论文与书籍的数据来源。

希望通过以上的介绍，能够让你了解本书所覆盖的范围，也希望本书能够让你对嵌入式系统有初步的认识。

目 录

第 1 章 嵌入式系统介绍	1
1-1 嵌入式系统的概述	2
1-1-1 嵌入式系统的发展历史	3
1-1-2 嵌入式系统的组成	5
1-1-3 嵌入式系统的应用趋势	6
1-2 嵌入式运算	8
1-2-1 使用嵌入式系统的因素	9
1-2-2 嵌入式系统的设计考虑	10
1-2-3 嵌入式系统的设计挑战	11
1-2-4 嵌入式系统设计能力	12
1-3 分布式嵌入式系统	13
1-3-1 具有网络能力的嵌入式系统	15
1-3-2 因特网能力的嵌入式系统	16
1-4 信息家电	16
1-4-1 信息家电的兴起	16
1-4-2 信息家电的产品	18
1-4-3 信息家电的功能	19
1-5 总结	20
学习评测	20
第 2 章 嵌入式系统的未来战场——数字家庭	23
2-1 无所不在运算	24
2-1-1 材料与制造科技	25
2-1-2 智能型软件设计	26
2-1-3 传感器技术	27
2-1-4 网络合作能力	28
2-2 蓝色家电	29
2-2-1 信息蓝色家电	29
2-2-2 娱乐蓝色家电	32
2-2-3 通信蓝色家电	34
2-2-4 家庭自动化产品	36
2-3 数字家庭的标准	37
2-3-1 标准统合的需求	38
2-3-2 数字家庭产品的技术	38

2-3-3 数字家庭的远景.....	42
2-4 总结.....	43
学习评测.....	43
第3章 嵌入式系统的系统设计	45
3-1 设计方法论.....	46
3-1-1 设计过程.....	46
3-1-2 设计流程的方法.....	48
3-2 需求分析.....	51
3-3 规格.....	52
3-4 系统分析与架构设计.....	56
3-4-1 方块图.....	56
3-4-2 CRC 卡片.....	57
3-5 设计硬件与软件组件.....	58
3-6 系统集成.....	59
3-7 质量保证.....	59
3-7-1 质量保证技术.....	59
3-7-2 确认规范.....	60
3-7-3 设计复审.....	62
3-7-4 衡量驱动质量保证.....	63
3-8 总结.....	64
学习评测.....	64
第4章 嵌入式系统微处理器	67
4-1 嵌入式系统微处理器的发展.....	68
4-1-1 8 位微处理器.....	69
4-1-2 16 位微处理器.....	70
4-1-3 32 位以上的微处理器.....	71
4-2 微处理器的基本架构.....	71
4-3 协同微处理器.....	72
4-4 精简指令集架构微处理器.....	72
4-4-1 CISC 与 RISC 架构的比较.....	73
4-4-2 ARM RISC 架构微处理器.....	73
4-4-3 ARM 架构程序模型.....	75
4-5 数字信号处理器.....	78
4-5-1 数字信号处理器简介.....	79
4-5-2 DSP 微处理器的应用.....	80
4-5-3 德州仪器公司 TMS320 DSP 微处理器.....	80
4-6 超长指令集微处理器.....	82
4-7 SoC 嵌入式系统微处理器.....	83

4-7-1 SoC 微处理器简介	83
4-7-2 SoC 微处理器的设计开发	84
4-7-3 快速的 SoC 微处理器设计与制造	85
4-8 高级集成型微处理器	86
4-8-1 RISC 结合 DSP 的 SoC 微处理器	86
4-8-2 Intel PCA 个人数字化嵌入式系统	87
4-9 总结	89
学习评测	90
第 5 章 硬件周边设备	91
5-1 输入/输出设备	92
5-1-1 输入设备	93
5-1-2 输出设备	95
5-2 输出与输入传输接口	96
5-2-1 链表协议	96
5-2-2 并列协议	101
5-2-3 无线协议	101
5-3 内存	103
5-3-1 只读存储器	104
5-3-2 掩模只读存储器	104
5-3-3 一次可编程只读存储器	105
5-3-4 可擦除式可编程只读存储器	106
5-3-5 电子消除式可编程只读存储器	108
5-3-6 随机存取内存	109
5-4 便携式嵌入式系统电源系统	110
5-4-1 便携式嵌入式系统电源的要求	111
5-4-2 智能型电池系统	111
5-5 扩充设备	112
5-5-1 PCMCIA 扩充设备	113
5-5-2 CF 扩充设备	113
5-5-3 SD 扩充设备	114
5-5-4 MS 扩充设备	114
5-6 总结	115
学习评测	115
第 6 章 软硬件接口	117
6-1 微处理器的软硬件接口	118
6-1-1 微处理器的组织与架构	118
6-1-2 微处理器指令集架构	121
6-1-3 微处理器的数据流路径 / 控制单元	124

6-2	总线架构	129
6-2-1	总线类与协议	129
6-2-2	总线存取方式	131
6-3	直接内存访问	132
6-3-1	直接内存访问原理	132
6-3-2	直接内存访问设计	133
6-4	高速缓存单元	134
6-4-1	高速缓存的原理	134
6-4-2	增加高速缓存的命中率	136
6-5	内存管理单元	138
6-6	寄存器与周边	141
6-6-1	寄存器组件	141
6-6-2	驱动程序与寄存器	144
6-6-3	中断与异常	145
6-7	软硬件接口范例	147
6-7-1	AMBA 接口介绍	147
6-7-2	AMBA 接口范例	153
6-8	总结	156
	学习评测	157
第 7 章	嵌入式操作系统	159
7-1	嵌入式操作系统概论	160
7-2	进程与线程	164
7-2-1	进程、线程与工作	164
7-2-2	线程的状态	169
7-3	调度	173
7-4	实时系统调度算法	177
7-4-1	实时系统定义	177
7-4-2	固定式优先级调度法——比率单调调度法	178
7-4-3	动态优先级调度法	180
7-5	上下文切换	181
7-6	内部进程通信	185
7-7	内存管理	188
7-7-1	管理内存	188
7-7-2	内存分配	191
7-7-3	虚拟内存	192
7-7-4	内存回收	194
7-8	嵌入式操作系统范例	195
7-8-1	WinCE.Net	196

7-8-2	Symbian OS	198
7-8-3	VxWorks	201
7-8-4	Nucleus	203
7-9	总结	206
	学习评测	206
第 8 章	系统开发、仿真与调试	209
8-1	系统开发流程	210
8-1-1	编译器	211
8-1-2	汇编器	215
8-1-3	链接器	217
8-2	开机程序	222
8-3	硬件抽象层	225
8-3-1	硬件抽象层的定义与任务	225
8-3-2	硬件抽象层的设计	226
8-4	系统仿真	227
8-4-1	软件仿真	227
8-4-2	硬件仿真	230
8-5	系统调试	231
8-5-1	软件调试环境	233
8-5-2	硬件调试环境	234
8-6	总结	236
	学习评测	237
第 9 章	性能评测、程序最佳化与测试	239
9-1	性能评测	240
9-1-1	性能测量	240
9-1-2	分析程序执行时间	241
9-1-3	追踪程序执行	244
9-2	程序最佳化	246
9-2-1	循环最佳化	246
9-2-2	高速缓存最佳化	248
9-2-3	省电最佳化	250
9-2-4	程序空间最佳化	251
9-3	程序测试	252
9-3-1	明箱测试	253
9-3-2	黑箱测试	256
9-3-3	性能测试	257
9-4	总结	257
	学习评测	258

第 10 章 VLSI 设计与系统单芯片	261
10-1 芯片生产技术与 CMOS VLSI 设计	262
10-1-1 芯片生产技术概要	262
10-1-2 CMOS VLSI 设计	263
10-2 常见芯片应用种类与设计方法介绍	266
10-2-1 模拟电路、数字电路与混合信号电路分类	266
10-2-2 VLSI 设计方法介绍	267
10-2-3 VLSI 设计流程	271
10-3 系统单芯片技术	273
10-3-1 系统单芯片开发流程	274
10-3-2 SoC 系统架构设计	277
10-4 平台式设计流程及分类	278
10-5 总结	282
学习评测	283
第 11 章 可编程逻辑系统	285
11-1 IC 制造流程与分类	286
11-2 可编程逻辑设备	287
11-3 复杂可编程逻辑设备	289
11-3-1 CPLD 基本原理	289
11-3-2 CPLD 的硬件架构	291
11-4 现场可编程门数组	294
11-4-1 FPGA 的基本原理	294
11-4-2 FPGA 的硬件架构	296
11-5 CPLD/FPGA 电路开发流程	300
11-5-1 CPLD/FPGA 开发环境	300
11-5-2 设计输入	302
11-5-3 项目编辑	304
11-5-4 设备规划	304
11-6 CPLD/FPGA 的选择	305
11-7 总结	306
学习评测	306
第 12 章 软硬件协同设计与验证	309
12-1 软硬件协同设计的现况	310
12-1-1 软硬件协同设计的概念	311
12-1-2 软硬件协同设计流程	312
12-2 系统规范描述语言	314
12-3 系统模型的建立	315
12-3-1 系统模型的用途	315

12-3-2 常见系统模型语言介绍.....	316
12-4 软硬件分割.....	322
12-4-1 系统软硬件分割的考虑.....	322
12-4-2 通过计算机辅助工具进行软硬件分割.....	324
12-5 软硬件自动组合技术.....	325
12-6 软硬件协同模拟.....	326
12-6-1 软件程序的模拟环境.....	327
12-6-2 硬件电路的模拟环境.....	327
12-6-3 软硬件协同模拟.....	328
12-7 现有软硬件协同设计环境介绍.....	328
12-7-1 VisualSpec 介绍.....	328
12-7-2 System Studio 介绍.....	330
12-8 总结.....	333
学习评测.....	333
第 13 章 系统开发平台实例.....	335
13-1 如何选择开发平台.....	336
13-2 ARM Integrator 介绍.....	337
13-2-1 Integrator 主机板介绍.....	337
13-2-2 Integrator 核心模块介绍.....	339
13-2-3 Integrator 逻辑模块介绍.....	341
13-3 ARM Integrator 开发环境介绍.....	342
13-3-1 ARM Development Suite.....	342
13-3-2 ARM Firmware Suite.....	344
13-3-3 Multi-ICE.....	344
13-4 ARM Integrator 应用开发实例.....	344
13-4-1 逻辑模块硬件部分的编译.....	345
13-4-2 核心模块软件部分的编译与 CodeWarrior 介绍.....	347
13-5 Altera Excalibur SOPC 开发平台介绍.....	350
13-5-1 NIOS 可程序化 CPU.....	351
13-5-2 ARM 922T 介绍.....	351
13-5-3 Excalibur 开发工具包.....	352
13-6 Altera Excalibur 应用开发实例.....	354
13-6-1 Altera SOPC Builder 介绍.....	354
13-6-2 SOPC Builder 操作环境.....	354
13-6-3 SOPC 应用系统的开发.....	360
13-7 总结.....	364
学习评测.....	364
第 14 章 嵌入式 Linux 开发环境.....	367

14-1	Linux 系统的发展.....	368
14-1-1	桌上型 Linux 系统与嵌入式 Linux 系统	369
14-1-2	具有 MMU 与 non-MMU 系统.....	370
14-1-3	嵌入式 Linux 的产品	371
14-2	嵌入式 Linux 的发展环境.....	372
14-2-1	跨平台编译环境.....	373
14-2-2	开机流程	373
14-2-3	设置核心	374
14-2-4	外围设备驱动程序.....	375
14-2-5	文件系统	377
14-2-6	窗口系统	379
14-3	实时 Linux 系统.....	381
14-3-1	核心修改	382
14-3-2	应用程序修正	384
14-4	应用实例	384
14-4-1	Familiar 项目	385
14-4-2	PocketLinux 项目	387
14-5	总结.....	387
	学习评测.....	388
第 15 章	嵌入式 Java 技术.....	389
15-1	Java 的概念	390
15-1-1	Java 平台结构	390
15-1-2	Java 世界简介	392
15-1-3	Java Card 简介.....	396
15-1-4	Java Chip 简介.....	397
15-2	Java 2 微型版.....	399
15-2-1	Java 虚拟机与配置.....	399
15-2-2	CLDC 技术与框架.....	400
15-2-3	CDC 技术.....	409
15-3	总结.....	410
	学习评测.....	411
附录 A	Verilog 程序语法基本介绍.....	413
A-1	Verilog 介绍	414
A-2	Verilog 模块	414
A-3	Verilog Logic、Data Type、Number、Operator	416
A-4	Verilog Hierachy.....	418
A-5	Verilog structural style modeling	418
A-6	Verilog data flow style modeling	420