



国际数码及嵌入式机构指定认证教材

精通数码与嵌入式
产品技术丛书

零起点^学 单片机与CPLD/FPGA

杨 恒 等编著



CD-ROM
INCLUDED

配套多媒体教学课件



北京航空航天大学出版社

策划编辑: 王鑫光

封面设计: runsign



国际数码及嵌入式机构指定认证教材

零起点学单片机与CPLD/FPGA

本书系统地介绍了51系列单片机与CPLD/FPGA等嵌入式技术的发展历程、指令集及其软件系统,以51系列单片机以及ALTERA公司的CPLD/FPGA芯片为例,结合延时控制蜂鸣器、I²C、LED显示、键盘、LCD液晶、洗衣机控制系统、电机控制、电子闹钟系统等设计实例,由浅入深地讲述了应用单片机与CPLD/FPGA进行电子设计的方法,还介绍了单片机与CPLD/FPGA的接口与通信模块的设计实践。书中的电路图和源程序已经过实验验证,读者可以直接应用于自己的设计中。本书的特点是强调实用性和先进性,力求通俗易懂,同时又包含了作者的一些最新研发成果。本书适合计算机、电子、控制及信息等相关专业的大中专学生、职业学校学生及广大电子设计制作爱好者使用。



精通数码与嵌入式产品技术丛书

ISBN 978-7-81124-006-1



9 787811 240061 >

定价: 32.00元 (含光盘)

国际数码及嵌入式机构指定认证教材
精通数码与嵌入式产品技术丛书

零起点学单片机与 CPLD/ FPGA

杨 恒 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了 51 系列单片机与 CPLD/FPGA 等嵌入式技术的发展历程、指令集及其软件系统,以 51 系列单片机以及 Altera 公司的 CPLD/FPGA 芯片为例,结合延时控制蜂鸣器、F/C、LED 显示、键盘、LCD 液晶、洗衣机控制系统、电机控制和电子闹钟系统等设计实例,由浅入深地讲述了应用单片机与 CPLD/FPGA 进行电子设计的方法,并介绍了单片机与 CPLD/FPGA 的接口与通信模块的设计实践。书中的电路图和源程序已经过实验验证,读者可直接应用于自己的设计中。本书配光盘 1 张,内含本书部分章节的源代码、实验指导源代码以及部分工具软件。

本书的特点是强调实用性和先进性,力求通俗易懂,同时又包含了作者的一些最新研发成果。

本书适合计算机、电子、控制及信息等相关专业的大中专学生、职业学校学生及广大电子设计制作爱好者使用。

图书在版编目(CIP)数据

零起点学单片机与 CPLD/FPGA/杨恒等编著. —北京:

北京航空航天大学出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-81124-006-1

I. 零… II. 杨… III. 单片微型计算机—系统设计

IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 046709 号

© 2007, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书及其所附光盘内容。侵权必究。

零起点学单片机与 CPLD/FPGA

杨 恒 等编著

责任编辑 张学静 蒋 亮

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:576 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-006-1 定价:32.00 元(含光盘 1 张)

1. 如何加盟 IDETCO 大学计划?

请院校负责人与 IDETCO 大学计划中国总代理西安西雅图数码科技有限公司联系, 签订合作协议及合同书之后就可以实施 IDETCO 大学计划, 具体操作请参考 www.ieeetc.com。

2. 如何联系 IDETCO 大学计划实施者?

电话支持: 029 - 87607218/87669882, 13152196656

网站支持: WWW.IEEETC.COM

邮件支持: IDETCO@hotmail.com, edtyang@163.com

《精通数码与嵌入式产品技术丛书》

编委会

主 编 国际数码及嵌入式技术(教育)认证机构 杨恒博士

副主编

任 勇 清华大学电工电子中心 主任 博士生导师

许忠信 清华大学电工电子中心 副教授

李林森 上海交通大学信息技术学院 副教授

张 军 广东科学技术职业学院 讲师

冯明亮 西雅图数码科技有限公司 工程师

李 伟 西雅图数码科技有限公司 工程师

编 委

井新宇 包军卫 吴 震 王旭辉 王义航

黄庆忠 张义刚 屈庆友 王 鹏 王亚安

姚西让 夏 超 迟钦河

序

随着数码与嵌入式技术时代的来临,人类在获得更多机遇的同时,也不得不面对一次又一次的挑战。20年前,很多人还从未接触过移动电话;而今天,全球手机产量为5亿部,数码相机产量为7000万部,单片机等微处理器的产量已经超过100亿片……目前,这一趋势还在不断地增长。

时代的竞争不只是资源的竞争,全球化人才的竞争和人才的争夺才是竞争的实质所在。

随着中国高等、职业及民办教育产业持续高速的投入与发展,教育规模空前宏大。例如,2004年全国共招收了460万正规本科生,其中在校大学生已达2000万人。2007年是我国高校毕业生继续大幅增加的一年,全国普通高校毕业生已超过400万人,就业形势更为严峻。因此,大批即将就业和待就业人员迫切需要能够掌握当前急需技能的培训教程。

相对严峻的就业形势的是:目前蓬勃发展的数码技术、手机及消费类电子服务及维护市场人才严重缺乏。手机、笔记本、汽车电子、数码相机等数码产品的设计、生产、批发、零售和售后服务需要大批经过严格训练的人才。根据对全国人才市场的评估,国内急需的数码、手机及嵌入式人才达数百万。新加坡、欧美等国家和香港地区需要大量数码、手机人才的输入,这给中国数码技术行业提供了向全球各地输送数码人才的机会。

本系列丛书就是顺应这一市场需求而推出的,包括:

《零起点学单片机与CPLD/FPGA》

《汽车电子实用技术指南》

《笔记本电脑原理与维修维护技术指南》

《数据库程序JAVA软件开发》

《动画与动漫开发》

.....

IDETCO的英文全称为International Digital & Embedded Technology Certificate Org.,中文全称为国际数码及嵌入式技术教育(认证)机构。2005年,IDE-TCO由一批来自世界各国的专家创立,美国密歇根大学教授Prof. Sven E Widmalm担任IDETCO认证委员会主席。IDETCO创立的目的是在全球范围发展科技职业教育,提供国际标准的从科技培训设备、教材到认证评估、职业推荐的教育体系。IDETCO的培训学习认证体系得到一批跨国公司和国际权威人事部门的认可。

21 世纪,当世界各国都将焦点集中在中国之时,IDETCO 也将为中国的高科技、数码与嵌入式的人才培养做出积极的贡献。

本系列丛书由 IDETCO 组织的优秀培训工程师编写。IDETCO 作为一家拥有核心技术和多部专有论著的机构,以引领中国数码科技进步和潮流为己任。即将出版的这套“精通数码与嵌入式产品技术”系列丛书,就是针对目前消费类电子的教材错误太多、内容陈旧、不成系统,且忽略了实用性和维修学习内在的规律性,不适合教学使用的现状而及时推出的。本系列丛书既适合于计算机、电子、控制及信息等相关专业的在校大学生学习,也可以作为专业人士和维修人员常备的工具书。此外,本系列丛书还被 IDETCO 资格认证考试指定为惟一教材。

本系列丛书将传达我们的培养理念:揭秘数码与嵌入式技术,培养具有实战经验与专业技能的实战型白领人才。

杨 恒

2007 年 4 月

前 言

近年来,新技术发展日新月异,市场转变迅速,传统的教材已经不能适应新时期的需求,甚至传统单片机课程已满足不了实际应用。即便是经典的 51 系列单片机也经过了许多变化,增加了许多外设模块控制。本书就特别针对这种情况精心进行内容安排,其中的指导思想就是面向实战,学以致用。

在实际工作中,经常用到大量的各种单片机作为微处理器(MPU)或微控制器(MCU)以及片上系统(SOPC)。尽管各种处理器种类繁多,但是其基本原理却是相通的。因此,掌握好单片机及 CPLD/FPGA 基本原理,对于以后在嵌入式技术方面的深入学习将起到指导性作用。

本教材在单片机选型方面,考虑到市场的现状,为不失一般性,仍采用 MCS-51 系列单片机进行讲解。在硬件设计中,对传统的芯片做了部分保留,增加了实用型外围新器件,同时创新地整合了 CPLD/FPGA,使用系统设计更灵活,实验更全面,可为嵌入式技术的入门打下坚实基础。软件方面所有的功能实现都有汇编源代码和 C 语言源代码相对应,方便理解程序和学习,并且更加注重程序的实用性,针对工业现场的恶劣环境采用适当的处理方法。

本书包含 13 章和 4 个附录。从逻辑上可以划分为以下 4 个部分:第一部分为第 1 章,主要从嵌入式技术及嵌入式系统发展过程中微处理器作用的角度进行综述;第二部分包括第 2~5 章,主要对单片机基础知识以及 CPLD/FPGA 器件开发过程的基础知识进行详细全面的讲解;第三部分包括第 6~9 章,主要对单片机及 CPLD/FPGA 进行深入的讲解,以及对 SeaMCU 综合实验系统的设计过程进行分析,针对高级应用层次以求读者能达到对单片机和 CPLD/FPGA 有更深入的理解,进而能应用于实际工作中;第四部分包含第 10~12 章,每章都围绕一个大型的实例,包括单片机系统以及单片机与 CPLD 综合应用,从硬件到软件进行深入剖析。附录主要包括单片机学习过程中需要的基础资料,以及 SeaMCU 综合实验系统的详细原理图及介绍。

由于作者水平有限,本书难免会存在缺点和错误,恳请读者批评指正。读者可以将建议或意见 E-mail 至 hyang999@sina.com,作者在此预致谢意。

杨 恒

2007 年 4 月

目 录

第1章 嵌入式系统概述

1.1 嵌入式系统简介	1
1.2 单片机简介	1
1.2.1 单片机发展历史	1
1.2.2 单片机在嵌入式系统中的地位	2
1.2.3 单片机的组成	3
1.2.4 单片机的产品类型介绍	4
1.2.5 单片机的发展与应用	4
1.3 单片机系统开发流程	5

第2章 AT89S51 单片机的硬件结构

2.1 单片机的内部结构	7
2.2 单片机的引脚功能	9
2.2.1 引脚功能介绍	10
2.2.2 引脚第二功能说明	11
2.3 单片机的中央处理器	11
2.3.1 运算器	11
2.3.2 控制器	12
2.4 单片机的存储器结构	13
2.4.1 程序存储器 ROM	14
2.4.2 数据存储器 RAM	14
2.5 单片机的 I/O 口	18
2.5.1 I/O 口的内部结构	18
2.5.2 I/O 口的读/写操作	20
2.6 单片机的时序与复位	20
2.6.1 时钟电路与时序	20
2.6.2 复位电路与复位	22
2.7 单片机的工作方式及工作原理	23
2.7.1 单片机的工作方式	23
2.7.2 单片机的工作原理	24

第3章 指令系统及汇编程序设计

3.1 单片机指令系统概述	28
---------------------	----

3.2 单片机寻址方式	29
3.2.1 立即寻址	30
3.2.2 直接寻址	30
3.2.3 寄存器寻址	30
3.2.4 寄存器间接寻址	31
3.2.5 相对寻址	31
3.2.6 变址寻址	32
3.2.7 位寻址	32
3.3 指令系统分类	33
3.3.1 数据传送类指令	34
3.3.2 算术运算类指令	37
3.3.3 逻辑运算类指令	42
3.3.4 控制转移类指令	44
3.3.5 位操作类指令	47
3.4 汇编语言的伪指令	48
3.4.1 ORG 设置起始地址命令	48
3.4.2 END 汇编终止命令	49
3.4.3 EQU 赋值命令	49
3.4.4 BIT 位定义命令	49
3.4.5 DB 定义字节命令	49
3.4.6 DW 定义数据字命令	50
3.4.7 DS 定义存储器命令	50
3.5 汇编语言程序设计及实用程序举例	50
3.5.1 顺序结构程序设计	51
3.5.2 分支结构程序设计	52
3.5.3 循环结构程序设计	52
3.5.4 子程序结构程序设计	53
3.5.5 实用程序举例	54
3.6 各类指令的中英文对照	56

第4章 单片机内部资源及应用

4.1 单片机系统的中断系统	61
4.1.1 AT89S51 单片机的中断系统	61
4.1.2 中断控制	62
4.1.3 中断处理	65
4.1.4 中断的应用	68
4.2 单片机系统的定时器/计数器	69
4.2.1 定时器/计数器的结构	70
4.2.2 定时器/计数器的控制寄存器	70

定时器/计数器的四种工作方式	71
2.4 定时器/计数器的应用	77
4.3 单片机系统的串行通信	80
4.3.1 串行通信的基础知识	80
4.3.2 串行通信的控制寄存器	82
4.3.3 串行通信的工作方式	84
4.3.4 串行通信的应用	85
第 5 章 CPLD/FPGA 的组成结构与应用	
5.1 Altera 器件简介与选型	92
5.1.1 CPLD 系列器件简介	92
5.1.2 FPGA 系列器件简介	93
5.1.3 FPGA 器件的配置	94
5.2 CPLD/FPGA 的组成结构及区别	95
5.2.1 CPLD 的内部结构	96
5.2.2 FPGA 的内部结构	99
5.2.3 CPLD/FPGA 器件的区别	100
5.3 系统模型与基本电路的 VHDL 语言描述	102
5.3.1 VHDL 的描述风格	102
5.3.2 用 Quartus II 进行 CPLD/FPGA 开发的简单流程	105
5.3.3 组合逻辑电路的 VHDL 程序	106
5.3.4 时序逻辑电路的 VHDL 程序	111
5.3.5 分频器的设计	117
5.3.6 存储器电路的设计	124
5.3.7 有限状态机	130
第 6 章 AT89S51 单片机系统资源扩展	
6.1 单片机的总线与编址	135
6.1.1 地址总线	135
6.1.2 数据总线	136
6.1.3 控制总线	136
6.2 存储器的扩展	136
6.2.1 线选法	136
6.2.2 译码法	137
6.2.3 存储器扩展的一般方法	138
6.3 程序存储器的扩展	139
6.3.1 2764 的引脚	139
6.3.2 2764 的连接使用	139
6.4 数据存储器的扩展	140

6.5 单片机系统 I/O 接口的扩展	
6.5.1 简单 I/O 接口的扩展	
6.5.2 可编程 I/O 接口的扩展	142

第 7 章 单片机硬件软件综合系统开发

7.1 单片机最小系统的构建	148
7.1.1 单片机最小系统的概念	148
7.1.2 开始构建最小系统	149
7.2 单片机软件系统开发	151
7.2.1 认识开发工具——Keil C51	151
7.2.2 Keil μ Vision2 集成开发环境的快速入门	159
7.2.3 认识单片机的 C 语言	167
7.2.4 单片机 C 语言控制程序开发	170

第 8 章 基于 Quartus II 的 CPLD/FPGA 数字系统设计

8.1 Quartus II 软件支持的几种开发流程	174
8.1.1 图形用户界面设计流程	175
8.1.2 EDA 工具设计流程	176
8.1.3 命令行设计流程	176
8.2 Quartus II 开发 FPGA/CPLD 的设计过程	177
8.2.1 Quartus II 开发 FPGA/CPLD 的原理	177
8.2.2 Quartus II 的图形用户界面	178
8.2.3 Quartus II 开发 FPGA/CPLD 的流程概述	179
8.3 Quartus II 开发 FPGA/CPLD 的设计实例	181
8.3.1 创建工程	182
8.3.2 源文件输入	183
8.3.3 设计编译	196
8.3.4 分配引脚与芯片	200
8.3.5 仿真时序分析	202
8.3.6 下载配置	210
8.3.7 工程参数设置(可选项目)	213
8.4 基于 Quartus II 参数化宏单元的数字电路设计	214
8.4.1 乘法器的设计	214
8.4.2 锁相环电路的设计	219
8.5 基于 Quartus II 的接口驱动电路的设计	224
8.5.1 串行连接的七段数码管驱动程序	224
8.5.2 键盘扫描电路驱动程序	226
8.5.3 键盘防抖程序	229
8.6 Altera 系统级 SOPC 的开发	231

8.6.1 SOPC 技术简介	231
8.6.2 SOPC Builder 简介	232
8.6.3 Nios II 嵌入式微处理器简介	233
8.6.4 基于 SOPC 开发的实例	234
第 9 章 SeaMCU 综合实验系统开发	
9.1 初识 SeaMCU 综合实验系统	248
9.2 核心模块介绍	249
9.2.1 电源模块	249
9.2.2 单片机主控部分	250
9.2.3 CPLD 扩展部分	252
9.3 功能扩展模块	253
9.3.1 I ² C 总线扩展模块	253
9.3.2 步进电机模块	256
9.4 人机交互接口	260
9.4.1 矩阵式键盘接口	260
9.4.2 字符型 LCD 显示器	262
9.5 模拟通道接口	273
9.5.1 A/D 数据采集模块	273
9.5.2 D/A 转换模块	276
9.5.3 数字温度采集模块	279
第 10 章 电子时钟系统设计	
10.1 系统设计目标	284
10.2 硬件系统设计	284
10.3 软件系统设计	284
第 11 章 计算器系统设计	
11.1 设计目标及硬件原理图设计	292
11.2 软件系统设计	293
第 12 章 单片机与 FPGA 之间的通信	
12.1 单片机控制 FPGA 启动相应的功能模块	299
12.2 单片机向 FPGA 发送命令字或数据	300
12.3 FPGA 向单片机传输命令字或数据	303
12.3.1 单片机通过 SPI 口从 FPGA 中取数据	303
12.3.2 FPGA 向单片机发送数据	305
12.4 单片机与 FPGA 之间互传大量数据	306
12.4.1 使用双端口 RAM	306

12.4.2 使用 FPGA 内部的 RAM 单元	306
12.5 单片机和 CPLD/FPGA 接口逻辑的设计	307
12.6 单片机和 CPLD 实现 RS-232 发送模块的设计	310
第 13 章 能力拓展	
13.1 硬件系统设计经验谈	317
13.1.1 电源、地线的处理	317
13.1.2 数字电路与模拟电路的共地处理	318
13.1.3 电磁兼容性设计	319
13.1.4 去耦电容的配置	319
13.1.5 印制电路板的尺寸与器件的布置	320
13.1.6 热设计	320
13.2 软件系统设计经验谈	321
13.2.1 信号和变量	321
13.2.2 buffer 类型和内部虚拟信号	322
13.2.3 不同进程间如何进行通信	325
13.2.4 组合逻辑与时序逻辑的综合	326
附录 A MCS-51 单片机指令速查表	329
附录 B ASCII 码字符表	333
附录 C SeaMCU5.0 单片机综合仿真实验系统	334
附录 D SeaMCU5.0 单片机开发系统原理图	337
参考文献	341
IDETCO 大学计划简介	342

第1章 嵌入式系统概述

近几年,嵌入式技术异军突起,这与计算机技术的兴起是紧密相关的。单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,是微型计算机的前身,也是现在微型计算机的一个重要分支,是嵌入式系统(Embedded System)领域的主力军。虽然单片机的问世到现在只有30多年的历史,但现在其应用范围非常广泛。本章就从单片机的基础知识开始,对单片机在嵌入式系统中的应用和发展前景加以介绍。

1.1 嵌入式系统简介

1. 嵌入式系统的定义

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,软件、硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

由以上定义可见,嵌入式系统包括硬件环境(嵌入式计算机)和运行于硬件基础上的软件系统,是区别于通用计算机的一种计算机系统。虽然没有通用计算机系统那样强大的处理功能,但它是针对某一应用场合要求而设计的效率最高、结构紧凑、性能价格比最高的专用计算机系统,因此,单片机在这个应用领域大有作为。

2. 嵌入式系统的特点

- 极其关注成本。
- 通常在极端环境下运行。
- 对系统功耗要求严格,多为低功耗系统。
- 对实时性、稳定性有严格要求,运行故障造成的后果比普通计算机更为严重。
- 可以灵活采用多种处理器和软件结构。
- 需要专用的开发工具和方法设计,通常包含专用调试电路。
- 出于成本考虑,嵌入式系统可用资源相对较少,有专用的嵌入式操作系统。

1.2 单片机简介

什么是单片机?要了解单片机,首先要对单片机的发展历史及其家族体系有所了解。本节从此入手对单片机的发展加以介绍。

1.2.1 单片机发展历史

1971年,美国Intel公司研发并制造了第一个微处理器芯片140004。这款芯片就是世界

上第一个微处理器芯片,以它为核心组成的 MCS-48 计算机是世界上第一台微型计算机。这也是现在微型计算机的前身。就单片机而言,可分为以下几个发展阶段。

第一阶段(1974~1976年):这是单片机发展的初级阶段。这一阶段单片机的结构和功能都非常简单,单片机内部只包含 8 位 CPU、64 字节的 RAM(随机读/写存储器,用于存放数据)、2 个并行 I/O 接口(用于输入和输出)。由于当时工艺的限制,还需要另接一个芯片,内含 ROM(只读存储器,用于存放程序代码)、定时器/计数器和并行 I/O 接口,才能构成一台完整的单片微型计算机,因此,这还不算真正意义上的单片机。

第二阶段(1976~1980年):低性能单片机阶段。虽然这一阶段性能仍比较低,但是随着大规模集成电路制造水平和工艺的进步,以 Intel 公司 MCS-48 系列单片机为代表的这一代单片机的推出,促进了单片机技术的迅猛发展和进步。

第三阶段(1980~1983年):高性能单片机阶段。虽然这一阶段 CPU 仍然是 8 位,但是运算速度已经提高到了 12 MHz,芯片内 ROM 数量最多达到 8 KB,并开始普遍使用 E²PROM,寻址范围达到了 64 KB,芯片内的 RAM 数量最少也达到了 128 字节,I/O 引线的数量也达到了 32 位,有的片内还带有 A/D 转换器接口。这一个阶段的典型代表是 Intel 公司于 1980 年推出的 MCS-51 系列单片机,这款单片机可以称为单片机历史上的一个里程碑,现在大多数 8 位单片机都是基于 MCS-51 的核和构架。

第四阶段(1983年至今):暂且称为新一代单片机阶段。这一阶段单片机的最重要标志是单片机的含义已经发生了根本改变,即指 Single Chip Microcontroller。这一阶段单片机技术的发展主要体现在内部资源的增加和实时处理功能的加强方面,增加了多通道 10 位 A/D 转换器、高速 I/O 部件 HSIO、脉冲调制输出装置 PWM、外围传送服务功能等,CPU 的位数达到了 16 位、32 位。因此,这一阶段为 16 位机阶段。

纵观单片机的发展历程,单片机已经由纯粹的单片微型机发展到增加一定接口、适用于一般控制应用的单片微控制器,为适应不同用户各种各样的专门应用,在普遍的微处理器(MPU)内核之外又增加了相应功能的外设驱动器,单片机又发展为嵌入式微控制器(MCU)。

1.2.2 单片机在嵌入式系统中的地位

嵌入式处理器芯片市场极其庞大。据统计,每年只有 10%~20% 的计算机芯片是为台式 PC 或膝上电脑而设计的。嵌入式系统设计制造的 CPU 每年大概有 10~20 亿片。每年又有 1 万个新的嵌入式系统计划产生,而且越来越多的系统需要复杂的嵌入式操作系统,其中单片机占到很大的份额。

全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 多种,流行体系结构有 30 几个系列,其中 8051 体系的品种占有多半。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器,越来越多的公司有自己的处理器设计部门。

根据处理器芯片的内核不同可以分为如下几大主流类型:

① **单片机:**一般泛指处理器市场上的 8 位和 16 位单片机,由于它的性价比高,常应用于底层控制场合。其主流产品有 51 单片机、PIC 单片机、AVR 单片机、Freescale 单片机以及 TI 单片机。市场以 8051 核的单片机种类最多,在单片机历史上扮演着很重要的角色。本书就重