



教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会规划
工程应用型自动化专业系列教材

单片微型计算机原理 及接口技术

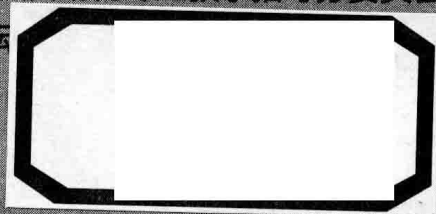
(第二版)

主 编 陈桂友
副主编 吴延荣 万 鹏

高等教育出版社



教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会规划
工程应用型自动



单片微型计算机原理 及接口技术

(第二版)

主 编 陈桂友
副主编 吴延荣 万 鹏
参 编 王 平 高正中 田新诚
蒋阅峰 丁 然 刘忠国
杨修文 刘 博 李国栋

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是教育部高等学校自动化类专业教学指导分委员会立项的“工程应用型自动化专业课程体系与教材建设”项目的成果。本书从介绍微型计算机的基本结构和工作原理入手,介绍了单片微型计算机(单片机)的构成、各个模块的结构原理和工作过程、接口原理、应用电路设计、汇编语言和C语言设计,内容选择了目前实际工程中常用的新技术、新器件,力图达到学以致用用的根本目的。

全书共分12章,第1章简要介绍微型计算机的发展历史及应用;第2章介绍微型计算机的基础知识;第3章介绍计算机系统模型机的构成及工作过程,并介绍基于8051内核的IAP15W4K58S4单片机的内部结构、引脚及典型系统构成;第4章介绍单片机的指令系统及汇编语言程序设计;第5章介绍单片机的C语言程序(简称C51程序)的基本语法、C51程序的语句和函数、预处理语句、C51程序框架以及C51程序设计与调试;第6章介绍中断的概念和单片机的中断系统;第7章介绍定时/计数器的结构原理及应用设计;第8章介绍数据通信技术;第9章是模拟量模块;第10章介绍了单片机内部集成的可编程计数器阵列(PCA)与脉宽调制(PWM)模块;第11章介绍人机交互接口;第12章介绍应用系统的设计实例,从硬件和软件两个方面介绍应用系统的设计。每章都有配套的习题,所举例题均经调试通过,很多程序均来自科研和实际工程应用系统。为了便于学习,开发了与教材配套的综合教学实验平台,该平台提供了20余种实验供学生选用学习,也为善于思考、乐于动手实践的学生提供了自学习实验手段。本书采用纸质教材与网络资源相融合的新形式。增加“扫一扫”功能,通过扫描二维码获取部分例题的源程序代码,方便读者自学。

本书深入浅出,层次分明,实例丰富,通俗易懂,突出实用,可操作性强,特别适合作为普通高校自动化类、计算机类、电子信息类、电气类及机械类相关专业的教学用书,还可作为高职高专以及培训班的教材使用。同时,也可作为从事单片机应用领域的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及接口技术/陈桂友主编. --
2版. --北京:高等教育出版社,2017.7
ISBN 978-7-04-047964-5

I. ①单… II. ①陈… III. ①单片微型计算机-理论
-高等学校-教材②单片微型计算机-接口技术-高等学
校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第151768号

策划编辑	欧阳丹	责任编辑	张江漫	封面设计	李卫清	版式设计	范晓红
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刁丽丽	责任印制	刘思涵		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	山东百润本色印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	30.25	版 次	2012年4月第1版
字 数	680千字		2017年7月第2版
购书热线	010-58581118	印 次	2017年7月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	56.00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 47964-00

工程应用型自动化专业 课程体系研究与教材建设委员会

主任委员： 吴 澄（清华大学）
副主任委员： 韩九强（西安交通大学）
萧德云（清华大学）

薛安克（杭州电子科技大学）

专 家 委 员（按姓氏笔画）：

王 普（北京工业大学）
刘小河（北京信息科技大学）
吴晓蓓（南京理工大学）
赵光宙（浙江大学）
彭 瑜（上海工业自动化仪表研究院）
韩力群（北京工商大学）

任德祥（上海宝钢集团）
吴重光（北京化工大学）
张德江（长春工业大学）
凌志浩（华东理工大学）
谢克明（太原理工大学）
戴先中（东南大学）

委 员（按姓氏笔画）：

于微波（长春工业大学）
王 俊（合肥学院）
王再英（西安科技大学）
王建华（上海应用技术学院）
艾 红（北京信息科技大学）
张丽香（山西大学工程学院）
李现明（山东大学）
陈在平（天津理工大学）
周亚军（杭州电子科技大学）
胡向东（重庆邮电大学）
聂诗良（西南科技大学）
黄 坚（南京工程学院）
韩 颖（高等教育出版社）

孔亚广（杭州电子科技大学）
王万良（浙江工业大学）
王存旭（沈阳工程学院）
白 晶（北华大学）
许晓峰（沈阳工程学院）
李全利（哈尔滨理工大学）
汪贵平（长安大学）
陈桂友（山东大学）
罗 敏（湖北汽车工业学院）
徐昱琳（上海大学）
崔桂梅（内蒙古科技大学）
黄江平（华东交通大学）
薛为民（北京联合大学）

秘 书： 韩 颖（兼）（高等教育出版社）

出版说明

为了适应高等工程教育改革,满足社会对工程应用型自动化专业人才的需要,在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士的领导下,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”专项研究课题,从全国高等院校遴选了既有工程研究实践背景、又有教材编写经验的专家教授,以及企业界知名特邀代表共40余人,对工程应用型自动化专业的课程体系、教学内容进行系统深入的调查、分析和研究,提出了工程应用型自动化专业课程体系结构和系列教材的三级目录。采用个人报名、专家推荐、“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审相结合的方式,组织编写出版一套工程应用特点明显、国内一流的工程应用型自动化专业系列教材。

工程应用型自动化专业系列教材力求达到理论与应用相统一、教学与实际相结合、工程应用特点明显、国内一流。通过对人才市场需求、专业培养定位、自动化技术发展动态的分析研究,提出从实际工程应用自动化系统出发,结合系统中涉及的单元技术与理论方法,聚类归纳工程应用型自动化专业的课程体系结构,凝练解决自动化应用系统问题的每门课程的内容与知识点,使学生能够学以致用,能够解决工程实际应用问题。经过40多位专家教授的辛勤劳作,第一批18本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版。为了满足不同应用背景、不同应用层次的工程需要,部分应用面广的同类教材有两种版本可供选用。

本系列教材主要内容覆盖自动化应用系统涉及的实用技术、理论与方法、器件与工具等内容。第一批教材包括针对自动化系统数据获取部分的机器视觉技术及应用、现代检测技术及应用等;系统驱动部分的电机与拖动、电力电子技术、电力拖动自动控制系统等;系统控制方法部分的自动控制原理、过程控制、运动控制等;控制器硬件设计部分的单片机原理、嵌入式系统、DSP原理、可编程控制器等;自动化系统部分的计算机控制、自动化系统集成、自动控制工程设计、自动化专业实践初步等;数据处理部分的控制工程数据库技术等。

本系列教材的主要特色在于注重课程体系的应用系统性和技术先进性,注重培养学生的自动化系统的集成组态设计能力和前瞻意识。课程体系按系统单元划分,教材章节按解决问题所需的知识安排,培养学生解决工程实际应用问题的针对性和有效性。在教材章节上尽可能引入相关新技术、新理论、新方法和新器件,培养学生利用新知识解决问题的思维方式和实际应用创新能力。

如何培养适应信息时代要求的工程师是我国高等工程教育改革的核心,也是本系列教材编写的主导思想。通过本系列教材的学习,使学生能够具备一个工程师进行自动化系统或相应系

II 出版说明

系统设计开发以及选型集成的基本创新能力。本系列教材主要面向工程应用型自动化及相关专业的大学生和研究生。我们希望本套工程应用型系列教材的出版,能够有力促进我国高等院校工程应用型自动化专业人才培养质量的提高,也能为广大科技工作者和工程技术人员提供参考和帮助。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持。欢迎提出宝贵批评意见和建议,请将您的建议反馈至 hanying@hep.com.cn。

工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会

2009年12月

序 一

自动化技术在我国现代化建设进程中具有重要地位。五十多年来,自动化技术对我国社会主义现代化建设的众多领域发挥了重要作用,产生了深远影响。最具代表性的两弹一星的成功发射、载人飞船的顺利返回、嫦娥探月的环绕飞行等充分体现了自动化技术在国家重大工程应用中的示范作用。自动化技术也有力地推动着我国整体工业的发展和改变着人们的生活方式,如集成制造系统的普及推广使机械加工制造自动化程度达到了更高的水平,服务机器人代替家政进入了家庭,改善了人们的生活环境,如此等等。

我国正在全面建设小康社会,走新型工业化道路,促进信息化与工业化的“两化”融合,实现工业、农业、国防和科学技术现代化。在此进程中,自动化技术起着不可替代的桥梁作用。这就迫切需要高等学校自动化专业办学机构和广大教师进行深入研究和探索,如何能够为各行各业输送大量具有工程实践能力和应用创新能力的工程应用型自动化专业高级技术人才。在“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”主任委员吴澄院士领导下,针对我国高等教育发展快、规模大、社会各行各业对工程应用型自动化专业人才需求量大的特点,按照大众化高等教育阶段分类指导的思想和原则,抓住有利时机,成立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”,对工程应用型自动化专业的知识体系、课程体系、能力培养等进行了有益的探索,为工程应用型自动化专业人才培养、教材建设奠定了基础。

工程应用型自动化专业涉及面广、行业多,其人才培养模式与课程体系涉及的因素众多复杂,包括如何结合通识教育,拓宽应用口径、突出专业重心、强化实践教育、理论联系实际、提高应用创新能力等,其中构建既不照搬研究型、也不雷同技能训练型的工程应用型自动化专业课程体系,编写一套有利于促进面向不同行业、应对不同层次问题的工程应用型学生个性发展的一流教材尤为重要,着力培养学生由解决工程实际问题到提出新问题的探索思维方式,即运用知识的创新能力。“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在对工程应用型自动化专业课程体系研究的基础上,从全国遴选有工程应用背景、有教材编写经验的教授与专家,组织编写了这套工程应用型自动化专业系列教材,这对工程应用型自动化专业人才的创新能力培

II 序一

养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员,在本系列教材即将付印之际,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意!

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材,并提出宝贵意见。

吴启迪

2009年12月于北京

序 二

工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后,按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则,结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举,培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力,使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系,带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容,工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此,设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题,成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组,介入的高校达40多所,从全国遴选出40多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究,提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发,按自动化系统的组成,归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构;分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系,建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础,组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等20多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理,从控制方法到控制器设计,从系统集成到组态工具,从课程体系到三级目录起草,先后经过了6次全国会议的认真研讨,凝聚着40多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请,“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定,至此,第一批审定通过的18本工程应用型自动化专业系列教材于2010年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版,对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的改变、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系列教材从体系结构到每本教材的

养具有重要意义。作为长期从事自动化专业高等教育和研究队伍中的一员，在本系列教材即将付印之际，我谨向参与本系列教材规划、组织、编写工作的各位老师致以崇高的敬意！

希望广大教师、学生和科技人员积极使用这套教材，并提出宝贵意见。

吴启迪

2009年12月于北京

序 二

工程应用型自动化专业系列教材是“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”在组织实施全国高等学校自动化专业系列教材之后，按照《自动化学科专业发展战略研究报告》分层次、多模式、多规格培养的指导思想 and 原则，结合《高等学校本科自动化指导性专业规范》实施的又一套工程应用特点明显、国内一流的自动化专业系列教材。该系列教材力求达到教学与实际相结合、理论与应用相统一、案例教学与知识传授并举，培养学生解决实际问题的能力和运用新知识的集成创新能力，使工程应用型自动化专业的学生能够真正成为解决实际工程应用问题的工程师。

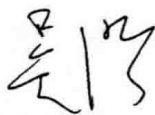
我国工程应用型自动化专业以往的课程体系与知识体系基本照搬研究型自动化专业课程体系，带有浓厚的“理论的应用、应用的理论”内容，工程应用特点不明显。这也正是规划工程应用型自动化专业系列教材所面临的主要问题。为此，设立了“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设”的专项研究课题，成立了以西安交通大学韩九强教授、杭州电子科技大学薛安克教授、清华大学萧德云教授负责的联合研究小组，介入的高校达 40 多所，从全国遴选出 40 多名有工程实际背景和教材编写经历的教授和企业界知名代表。通过对工程应用型自动化专业的课程体系的深入研究，提出从实际工程应用自动化系统涉及的技术与理论方法出发，按自动化系统的组成，归纳分类工程应用型自动化专业的课程体系结构；分应用层次和对象功能凝练解决自动化应用系统中工程问题的知识内容与教材体系，建立知识传授与创新能力培养相结合的课程体系结构。以此为基础，组织规划了涵盖自动化应用系统涉及的数据获取、系统驱动、控制方法、数据处理、控制器设计、系统集成等 20 多门课程内容的系列教材。从数据获取到数据处理，从控制方法到控制器设计，从系统集成到组态工具，从课程体系到三级目录起草，先后经过了 6 次全国会议的认真研讨，凝聚着 40 多位专家教授的辛劳。教材主编采取个人申请，“工程应用型自动化专业课程体系研究与教材建设委员会”匿名评审确定，至此，第一批审定通过的 18 本工程应用型自动化专业系列教材于 2010 年陆续出版问世。

工程应用型自动化专业系列教材的出版，对工程应用型自动化专业知识体系的更新、教学方式的改变、工程实践的强化将起到积极的推动作用。但本系列教材从体系结构到每本教材的

II 序二

三级目录组成，以至每本教材的具体内容都可能存在许多不当之处，恳请使用本系列教材的老师、学生及各界人士不吝批评指正。

教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员



2009年12月于清华大学

第二版前言

单片机（国际上惯称：MCU、微控制器）无疑是当今电子信息技术中最活跃的一个领域。IAP15W4K58S4 单片机是宏晶科技有限公司的典型单片机产品，采用了增强型 8051 内核，片内集成了 58KB Flash 程序存储器、4 096B RAM、5 个 16 位可自动重装载的定时/计数器（T0、T1、T2、T3 和 T4）、可编程时钟输出功能、至多 62 根 I/O 口线、4 个全双工异步串行口（UART）、1 个高速同步通信端口（SPI）、1 路比较器、8 通道高速 10 位 ADC、2 通道可编程计数器阵列单元、8 路 15 位 PWM、MAX810 专用复位电路和硬件看门狗等资源。另外，IAP15W4K58S4 单片机内部还集成了高精度 R/C 时钟，常温工作时，可以省去外部晶振电路。IAP15W4K58S4 单片机具有在系统可编程（ISP）功能和在线调试功能，可以省去价格较高的专门编程器和仿真器，开发环境的搭建非常容易。

根据高等工程教育对动手能力培养的要求，参考第一版使用过程中广大读者提出的宝贵建议，结合单片机学习平台，作者对教材进行修订。与第一版相比，第二版修正了部分概念描述，更加注重实验实践内容的编写，实验数量更多。具体体现在以下几个方面：

1. 修正了第一版中的部分错误或者不当描述，使得概念更清晰。删除了一些不常用的概念原理介绍和非常陈旧的芯片介绍，如微操作信号产生控制器的原理、8255A 等。
2. 保持汇编语言和 C 语言并行介绍的方式。
3. 结合单片机学习平台进行案例设计，便于读者进行实验操作。
4. 加强了程序代码的仿真调试过程讲解，对于读者解决工程开发过程中遇到的问题具有重要的意义。
5. 由于采用单片机定时器工作方式 0 能够完全代替传统 8051 单片机定时器的所有工作方式，因此，在描述定时器的结构和工作原理时，彻底抛弃了其他工作方式的讲解，只讲述工作方式 0，大大简化了读者的学习。紧密结合 STC-ISP 下载软件中所提供的定时器时间常数计算工具，使得读者能够非常容易地使用定时器。在定时器 2 的特殊功能寄存器描述中，采用了比产品手册中更直观的讲解。
6. 加强了可编程计数器阵列模块和 PWM 模块的介绍，将它们单列为一章。
7. 串行通信一章的内容进行了大量修改。对 UART 的波特率计算描述进行了简化，并为读者展示如何使用 STC-ISP 软件中的工具进行串行口波特率的计算，从而形成串口初始化子函数。对 SPI 通信的案例进行了精心设计，可以在学习平台上进行实验。
8. 人机接口一章也结合学习平台进行了案例设计。

II 第二版前言

9. 教材中与学习平台相关的实例代码均经过作者的仿真调试,读者可将它们加入到自己的工程项目中。

与教材配套的扩展阅读链接、电子教案和书中的所有实例以及最后一章的应用系统设计的相关内容都可以从 <http://course.sdu.edu.cn/mcu.html> 网站上打开或下载。

本书深入浅出、层次分明、实例丰富、突出实用、可操作性强,特别适合作为普通高校计算机类、电子类、电气自动化及机械专业的教学用书,还可作为高职高专以及培训班的教材使用,同时,也可作为从事单片机应用领域的工程技术人员参考书。

本书第1章、第4章~第12章由陈桂友编写;第2章由吴延荣编写,第3章由万鹏编写。参加本书编写和程序调试工作的同志还有王平、高正中、田新诚、蒋阅峰、丁然、刘忠国、杨修文、刘博、李国栋等。云南大学王威廉教授和宏晶科技有限公司姚永平总经理对全书进行了认真审阅,提出了许多宝贵意见。感谢宏晶科技有限公司为第二版教材的编写提供了学习平台,感谢我的妻子和女儿对我编写本书的大力支持。在此,对所有提供帮助的人深表感谢!

若要和作者进一步交流,可发邮件到 chenguiyou@sdu.edu.cn 或者 chenguiyou@126.com。

由于时间仓促,并且作者水平有限,书中定有不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017年5月

第一版前言

单片机(国际上惯称:MCU,微控制器),无疑是当今电子信息技术中最活跃的一个领域。STC15F2K60S2单片机是宏晶科技有限公司的典型单片机产品,采用了增强型8051内核,片内集成了60KB Flash程序存储器、1KB数据Flash(EEPROM)、2048B RAM、3个16位可自动重载的定时/计数器(T0、T1和T2)、可编程时钟输出功能、至多42根I/O口线、2个全双工异步串行口(UART)、1个高速同步通信端口(SPI)、8通道10位ADC、3通道PWM/可编程计数器阵列/捕获/比较单元(PWM/PCA/CCU)、MAX810专用复位电路和硬件看门狗等资源。另外,STC15F2K60S2单片机内部还集成了高精度R/C时钟,常温工作时,可以省去外部晶振电路。STC15F2K60S2单片机具有在系统可编程(ISP)功能和在线调试功能,可以省去价格较高的专门编程器,开发环境的搭建非常容易。

STC15F2K60S2单片机的所有指令和标准的8051内核完全兼容,具有良好的兼容性和很强的数据处理能力,所以,对于讲解8051单片机的广大教师,可以充分发挥以前讲解单片机原理及应用课程的经验;对于具有8051单片机知识的读者,不存在转型困难的问题。

根据高等工程教育对动手能力培养的要求,本书注重实验实践内容的编写,实验数量多、涉及内容广泛,内容设计精巧,循序渐进,由浅入深,从最简单的课后练习到较复杂的大学生电子设计竞赛试题和实际工程项目均有涉及。介绍单片机编程语言时,汇编语言和C语言并重,汇编语言有助于理解单片机的工作机制,而C语言易于应用和掌握。

本书注重知识的延续性,将大学低年级学习的布尔代数、逻辑电路、微型计算机常用术语及技术等内容和单片机的知识融会贯通。如果读者已学习相关知识,可以跳过相应章节。介绍本书所有内容时,建议使用90~120学时。

教材的每一章都给出了相应的习题,便于教学。与教材配套的电子教案和书中的所有实例以及最后一章的应用系统设计相关内容都可以从<http://www.mcu001.com>网站上下载。

本书深入浅出,层次分明,实例丰富,突出实用,可操作性强,特别适合作为普通高校计算机类、电子类、电气自动化及机械专业的教学用书,还可作为高职高专以及培训班的教材使用,同时,也可作为从事单片机应用领域的工程技术人员参考书。

参加本书编写和程序调试工作的同志还有赵林、王平、蒋阅峰、廖莉、丁然、隋慧斌、李国栋、高振强、向洮等。云南大学王威廉教授和宏晶科技有限公司姚永平总经理对全书进行了认真审阅,提出了许多宝贵意见。在本书的编写过程中,孙同景教授提出了很多很好的建议。

II 第一版前言

本书在山东大学自动化 08 级进行了试用,在试用过程中,许多同学从学生学习的角度出发,提出了很多修正建议。感谢我的妻子和女儿对我编写本书的大力支持。在此,对所有提供帮助的人深表感谢!

由于时间仓促,并且作者水平有限,书中定有不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

目 录

第1章 微型计算机概述..... 1	3.2 IAP15W4K58S4 单片机的内部结构..... 40
1.1 微型计算机发展概况..... 1	3.3 IAP15W4K58S4 单片机存储器..... 43
1.1.1 微处理器和微型计算机..... 1	3.4 单片机的引脚..... 51
1.1.2 微型计算机的基本构成..... 2	3.4.1 单片机的引脚及功能..... 51
1.1.3 单片微型计算机简介..... 4	3.4.2 单片机的输入/输出引脚..... 54
1.1.4 微型计算机的软件系统..... 6	3.5 单片机应用系统的典型构成..... 64
1.2 微型计算机的应用..... 8	习题..... 70
习题..... 9	第4章 指令系统及汇编语言程序设计..... 71
第2章 微型计算机的基础知识..... 10	4.1 编程语言简介..... 71
2.1 微型计算机中的数制及其编码..... 10	4.2 指令和伪指令..... 73
2.1.1 微型计算机中的数制..... 10	4.2.1 指令格式..... 73
2.1.2 不同数制之间的转换..... 10	4.2.2 寻址方式..... 76
2.1.3 数值数据的编码及其运算..... 12	4.2.3 伪指令..... 81
2.1.4 非数值数据的编码..... 19	4.3 汇编语言程序调试..... 85
2.2 布尔代数和常见逻辑电路..... 22	4.3.1 Keil μ Vision 集成开发环境简介..... 86
2.2.1 布尔代数..... 22	4.3.2 Keil μ Vision 集成开发环境中调试汇编语言程序的方法..... 86
2.2.2 基本逻辑运算和逻辑门电路..... 23	4.4 利用 STC-ISP 工具将程序下载到单片机中验证程序..... 102
2.2.3 常用组合逻辑电路..... 25	4.4.1 STC-ISP 下载程序的运行过程..... 102
2.3 微型计算机的常用技术术语和技术..... 29	4.4.2 使用 STC-ISP 工具下载程序的步骤..... 103
2.3.1 常用单位及术语..... 29	4.5 各类指令详解..... 104
2.3.2 常见技术..... 31	4.5.1 数据传送类指令..... 104
习题..... 34	4.5.2 逻辑操作类指令..... 109
第3章 IAP15W4K58S4 单片机的硬件结构..... 36	4.5.3 算术运算类指令..... 113
3.1 模型机的结构及工作过程..... 36	4.5.4 位操作指令..... 119
3.1.1 模型机的结构简介..... 36	
3.1.2 模型机的工作过程..... 38	