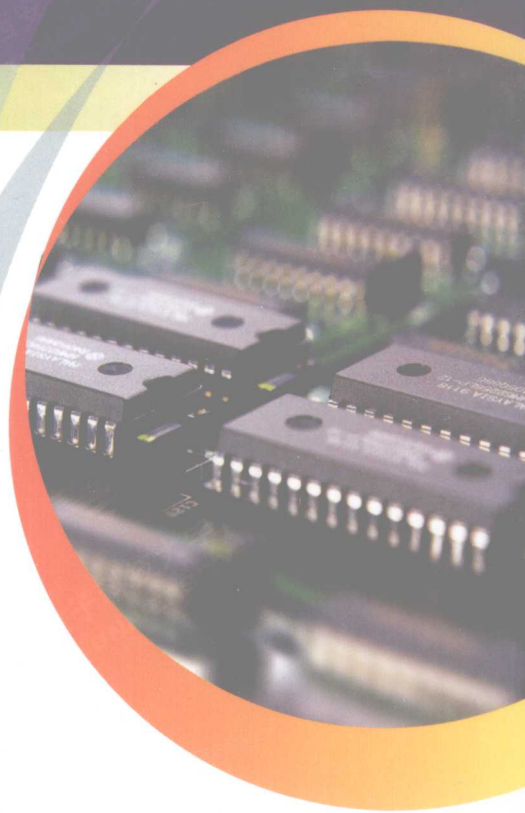




高等学校信息工程类专业规划教材

单片机原理与应用

主 编 倪云峰
副主编 何 蓉 詹训进



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

单片机原理与应用

主 编 倪云峰

副主编 何 蓉 詹训进

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书主要介绍 MCS-51 单片机的基本原理和应用技术,是按照教育部关于电子、电气类专业应用型人才培养计划课程的基本要求,并结合当前的发展状况而编写的。本书内容包括 MCS-51 单片机的结构、汇编指令、中断、定时/计数器、串行接口、单片机系统扩展、串行总线设计等。本书最后一章以常见的典型消费类产品和工业产品的设计为例详细介绍了一般系统的开发步骤和过程,并提供了部分源代码。

本书内容详实,浅显易懂,图文并茂,将理论教学与实例讲解相结合,将重点放在基础知识的学习和基本应用技能的培养上。除第 7 章外,每章后面均配有习题,以便于学生练习。

本书可作为高等学校、各类技术院校通信专业、自动化专业、计算机专业在校学生的教材,也可作为自学和从事单片机研发工作的工程技术人员的参考用书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用 / 倪云峰主编. — 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009. 6

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2233 - 0

I. 单… II. 倪… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 050114 号

策 划 戚文艳

责任编辑 许青青 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20.75

字 数 490 千字

印 数 1~4000 册

定 价 29.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2233 - 0/TP · 1138

XDUP 2525001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~“十一五”国家级规划教材~~~~~

计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00
计算机系统安全(第二版)(马建峰)	30.00
计算机网络(第三版)(蔡皖东)	27.00
计算机应用基础教程(第四版)(陈建铎)	
(for Windows XP/Office XP)	30.00
计算机应用基础(冉崇善)(高职)	
(Windows XP & Office 2003 版)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练	
与案例分析(高职)(冉崇善)	18.00
微型计算机原理(第二版)(王忠民)	27.00
微型计算机原理及接口技术(第二版)(裘雪红)	36.00
微型计算机组成与接口技术(第二版)(高职)	28.00
微机原理与接口技术(第二版)(龚尚福)	37.00
单片机原理及应用(第二版)(李建忠)	32.00
单片机应用技术(第二版)(高职)(刘守义)	30.00
Java程序设计(第二版)(高职)(陈圣国)	26.00
编译原理基础(第二版)(刘坚)	29.00
人工智能技术导论(第三版)(廉师友)	24.00
多媒体软件设计技术(第三版)(陈启安)	23.00
信息系统分析与设计(第二版)(卫红春)	25.00
信息系统分析与设计(第三版)(陈圣国)(高职)	20.00
传感器原理及工程应用(第三版)	28.00
数字图像处理(第二版)(何东健)	30.00
电路基础(第三版)(王松林)	39.00
模拟电子电路及技术基础(第二版)(孙肖子)	35.00
模拟电子技术(第三版)(江晓安)	25.00
数字电子技术(第三版)(江晓安)	23.00
数字电路与系统设计(第二版)(邓元庆)	35.00
数字信号处理(第三版)(高西全)	29.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00
现代通信原理与技术(第二版)(张辉)	39.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00
物理光学与应用光学(第二版)(石顺祥)	42.00

数控机床故障分析与维修(高职)(第二版) 25.00

液压与气动技术(第二版)(朱梅)(高职) 23.00

~~~~~计算机提高普及类~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)(高职)	22.00
计算机文化基础(高职)(游鑫)	27.00
计算机文化基础上机实训及案例(高职)	15.00
计算机科学与技术导论(吕辉)	22.00
计算机应用基础(高职)(赵钢)	29.00
计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00
《计算机应用基础——信息处理技术教程》	

习题集与上机指导(张郭军) 14.00

计算机组装与维修(中职)(董小莉) 23.00

微型机组装与维护实训教程(高职)(杨文诚) 22.00

~~~~~计算机网络类~~~~~

计算机网络技术基础教程(高职)(董武)	18.00
计算机网络管理(雷震甲)	20.00
网络设备配置与管理(李飞)	23.00
网络安全与管理实验教程(谢晓燕)	35.00
网络安全技术(高职)(廖兴)	19.00
网络信息安全技术(周明全)	17.00
动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
ASP动态网页制作基础教程(中职)(苏玉雄)	20.00
局域网组建实例教程(高职)(尹建璋)	20.00
Windows Server 2003组网技术(高职)(陈伟达)	30.00
组网技术(中职)(俞海英)	19.00
综合布线技术(高职)(王趾成)	18.00
计算机网络应用基础(武新华)	28.00
计算机网络基础及应用(高职)(向隅)	22.00

~~~~~计算机技术类~~~~~

计算机系统结构与组成(吕辉)	26.00
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
数据结构——使用 C++ 语言(第二版)(朱战立)	23.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00
数据结构教程——Java 语言描述(朱振元)	29.00
离散数学(武波)	24.00

软件工程(第二版)(邓良松)	22.00	微机装配调试与维护教程(王忠民)	25.00
软件技术基础(高职)(鲍有文)	23.00	《微机装配调试与维护教程》实训指导	22.00
软件技术基础(周大为)	30.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
嵌入式软件开发(高职)(张京)	23.00	C程序设计与实例教程(曾令明)	21.00
~~~计算机辅助技术及图形处理类~~~		程序设计与C语言(第二版)(马鸣远)	32.00
电子工程制图(第二版)(高职)(童幸生)	40.00	C语言程序设计课程与考试辅导(王晓丹)	25.00
电子工程制图(含习题集)(高职)(郑芙蓉)	35.00	Visual Basic.NET程序设计(高职)(马宏锋)	24.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	40.00	Visual C#.NET程序设计基础(高职)(曾文权)	39.00
电子线路CAD实用教程(潘永雄)(第三版)	27.00	Visual FoxPro数据库程序设计教程(康贤)	24.00
AutoCAD实用教程(高职)(丁爱萍)	24.00	数据库基础与Visual FoxPro9.0程序设计	31.00
中文版AutoCAD 2008精编基础教程(高职)	22.00	Oracle数据库实用技术(高职)(费雅洁)	26.00
电子CAD(Protel 99 SE)实训指导书(高职)	12.00	Delphi程序设计实训教程(高职)(占跃华)	24.00
计算机辅助电路设计Protel 2004(高职)	24.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	22.00
EDA技术及应用(第二版)(谭会生)	27.00	Visual C++基础教程(郭文平)	29.00
数字电路EDA设计(高职)(顾斌)	19.00	面向对象程序设计与VC++实践(揣锦华)	22.00
多媒体软件开发(高职)(含盘)(牟奇春)	35.00	面向对象程序设计与C++语言(第二版)	18.00
多媒体技术基础与应用(曾广雄)(高职)	20.00	面向对象程序设计——JAVA(第二版)	32.00
三维动画案例教程(含光盘)(高职)	25.00	Java程序设计教程(曾令明)	23.00
图形图像处理案例教程(含光盘)(中职)	23.00	JavaWeb程序设计基础教程(高职)(李绪成)	25.00
平面设计(高职)(李卓玲)	32.00	Access数据库应用技术(高职)(王趾成)	21.00
~~~~~操作系统类~~~~~		ASP.NET程序设计与开发(高职)(眭碧霞)	23.00
计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	19.00	XML案例教程(高职)(眭碧霞)	24.00
计算机操作系统(修订版)(汤子瀛)	24.00	JSP程序设计实用案例教程(高职)(翁健红)	22.00
计算机操作系统(第三版)(汤小丹)	30.00	Web应用开发技术:JSP(含光盘)	33.00
计算机操作系统原理——Linux实例分析	25.00	~~~~~电子、电气工程及自动化类~~~~~	
Linux网络操作系统应用教程(高职)(王和平)	25.00	电路(高贇)	26.00
Linux操作系统实用教程(高职)(梁广民)	20.00	电路分析基础(第三版)(张永瑞)	28.00
~~~~~微机与控制类~~~~~		电路基础(高职)(孔凡东)	13.00
微机接口技术及其应用(李育贤)	19.00	电子技术基础(中职)(蔡宪承)	24.00
单片机原理与应用实例教程(高职)(李珍)	15.00	模拟电子技术(高职)(郑学峰)	23.00
单片机原理与应用技术(黄惟公)	22.00	模拟电子技术(高职)(张凌云)	17.00
单片机原理与程序设计实验教程(于殿泓)	18.00	数字电子技术(高职)(江力)	22.00
单片机实验与实训指导(高职)(王曙霞)	19.00	数字电子技术(高职)(肖志锋)	13.00
单片机原理及接口技术(第二版)(余锡存)	19.00	数字电子技术(高职)(蒋卓勤)	15.00
新编单片机原理与应用(第二版)(潘永雄)	24.00	数字电子技术及应用(高职)(张双琦)	21.00
MCS-51单片机原理及嵌入式系统应用	26.00	高频电子技术(高职)(钟苏)	21.00
微机外围设备的使用与维护(高职)(王伟)	19.00	现代电子装联工艺基础(余国兴)	20.00
		微电子制造工艺技术(高职)(肖国玲)	18.00

Multisim电子电路仿真教程(高职)	22.00	信息论与编码(邓家先)	18.00
电工基础(中职)(薛鉴章)	18.00	密码学基础(范九伦)	16.00
电工基础(高职)(郭宗智)	19.00	通信原理(高职)(丁龙刚)	14.00
电子技能实训及制作(中职)(徐伟刚)	15.00	通信原理(黄葆华)	25.00
电工技能训练(中职)(林家祥)	24.00	通信电路(第二版)(沈伟慈)	21.00
电工技能实训基础(高职)(张仁醒)	14.00	通信系统原理教程(王兴亮)	31.00
电子测量技术(秦云)	30.00	通信系统与测量(梁俊)	34.00
电子测量技术(李希文)	28.00	扩频通信技术及应用(韦惠民)	26.00
电子测量仪器(高职)(吴生有)	14.00	通信线路工程(高职)	30.00
模式识别原理与应用(李弼程)	25.00	通信工程制图与概预算(高职)(杨光)	23.00
信号与系统(第三版)(陈生潭)	44.00	程控数字交换技术(刘振霞)	24.00
信号与系统实验(MATLAB)(党宏社)	14.00	光纤通信技术与设备(高职)(杜庆波)	23.00
信号与系统分析(和卫星)	33.00	光纤通信技术(高职)(田国栋)	21.00
数字信号处理实验(MATLAB版)	26.00	现代通信网概论(高职)(强世锦)	23.00
DSP原理与应用实验(姜阳)	18.00	电信网络分析与设计(阳莉)	17.00
电气工程导论(贾文超)	18.00	~~~~~仪器仪表及自动化类~~~~~	
电力系统的MATLAB/SIMULINK仿真及应用	29.00	现代测控技术(吕辉)	20.00
传感器应用技术(高职)(王煜东)	27.00	现代测试技术(何广军)	22.00
传感器原理及应用(郭爱芳)	24.00	光学设计(刘钧)	22.00
测试技术与传感器(罗志增)	19.00	工程光学(韩军)	36.00
传感器与信号调理技术(李希文)	29.00	测试技术基础(李孟源)	15.00
传感器技术(杨帆)	27.00	测试系统技术(郭军)	14.00
传感器及实用检测技术(高职)(程军)	23.00	电气控制技术(史军刚)	18.00
电子系统集成设计导论(李玉山)	33.00	可编程序控制器应用技术(张发玉)	22.00
现代能源与发电技术(邢运民)	28.00	图像检测与处理技术(于殿泓)	18.00
神经网络(含光盘)(侯媛彬)	26.00	自动检测技术(何金田)	26.00
电磁场与电磁波(曹祥玉)	22.00	自动显示技术与仪表(何金田)	26.00
电磁波——传输·辐射·传播(王一平)	26.00	电气控制基础与可编程控制器应用教程	24.00
电磁兼容原理与技术(何宏)	22.00	DSP在现代测控技术中的应用(陈晓龙)	28.00
微波与卫星通信(李白萍)	15.00	智能仪器工程设计(尚振东)	25.00
微波技术及应用(张瑜)	20.00	面向对象的测控系统软件设计(孟建军)	33.00
嵌入式实时操作系统 $\mu$ C/OS-II教程(吴永忠)	28.00	计量技术基础(李孟源)	14.00
音响技术(高职)(梁长垠)	25.00	~~~~~自动控制、机械类~~~~~	
现代音响与调音技术(第二版)(王兴亮)	21.00	自动控制理论(吴晓燕)	34.00
~~~~~通信理论与技术类~~~~~		自动控制原理(李素玲)	30.00
专用集成电路设计基础教程(来新泉)	20.00	自动控制原理(第二版)(薛安克)	24.00
现代编码技术(曾凡鑫)	29.00	自动控制原理及其应用(高职)(温希东)	15.00
信息论、编码与密码学(田丽华)	36.00	控制工程基础(王建平)	23.00

现代控制理论基础(舒欣梅)	14.00	数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	23.00
过程控制系统及工程(杨为民)	25.00	数控加工工艺学(任同)	29.00
控制系统仿真(党宏社)	21.00	数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00
模糊控制技术(席爱民)	24.00	数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00
工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00	数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00
工程力学(张光伟)	21.00	数控机床与编程(高职)(饶军)	24.00
工程力学(皮智谋)(高职)	12.00	数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00
理论力学(张功学)	26.00	数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00
材料力学(张功学)	27.00	机床电器与 PLC(高职)(李伟)	14.00
材料成型工艺基础(刘建华)	25.00	电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00
工程材料及应用(汪传生)	31.00	电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00
工程材料与应用(戈晓岚)	19.00	电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00
工程实践训练(周桂莲)	16.00	供配电技术(高职)(杨洋)	25.00
工程实践训练基础(周桂莲)	18.00	金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00
工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00	模具制造技术(高职)(刘航)	24.00
工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00	模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00	冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
现代设计方法(李思益)	21.00	塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
液压与气压传动(刘军营)	34.00	液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00	发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00	机动车辆保险与理赔实务(高职)	23.00
机械工程科技英语(程安宁)	15.00	汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
机械设计基础(郑甲红)	27.00	汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
机械设计基础(岳大鑫)	33.00	汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
机械设计(王宁侠)	36.00	汽车车身电气设备系统及附属电气设备(高职)	23.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00	汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00	汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
机械 CAD/CAM(葛友华)	20.00	汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
机械 CAD/CAM(欧长劲)	21.00	汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
机械 CAD/CAM 上机指导及练习教程(欧)	20.00	汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	22.00
画法几何与机械制图(叶琳)	35.00	汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
《画法几何与机械制图》习题集(邱龙辉)	22.00	汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00	汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00	汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00	现代汽车典型电控系统结构原理与故障诊断	25.00

欢迎来函索取本社书目和教材介绍! 通信地址: 西安市太白南路 2 号 西安电子科技大学出版社发行部
 邮政编码: 710071 邮购业务电话: (029)88201467 传真电话: (029)88213675。

前 言

随着微电子技术的高速发展,单片机以体积小、功能全、性价比高等诸多优点,在工业控制、家用电器、通信设备、信息处理、军事武器等各种领域得到了广泛的应用。目前,单片机开发技术已成为电子信息、电气、通信、自动化、机电一体化等专业的学生、相关专业技术人员必须掌握的技术之一。

本书以培养能力、突出实用为基本出发点,重点讲解基本概念、基本知识点,以够用、必需为宗旨,结合不同的实例,以实用技术为主线,详细介绍了单片机的原理和应用。

本书共分为7章,分三个方面介绍了MCS-51单片机的原理及应用:首先介绍单片机的基本结构和操作指令;其次介绍单片机中的特殊功能器件、中断、定时/计数器和串行口以及系统扩展的基本用法;最后以家用电器、工业控制单元和网络控制器为例介绍了单片机应用的开发过程,并给出了各典型案例的设计步骤及主要程序源代码。

倪云峰担任本书主编,何蓉和詹训进担任副主编。倪云峰负责编写第3、5、6章,以及全书的统稿工作;何蓉负责编写第4章和所有习题及附录;詹训进负责第1、2章的内容;第7章由倪云峰和他指导的研究生康海雷共同编写;张晓莉对第7章中的实例进行了审核,并制作了全书的电子课件进行。另外,由倪云峰老师指导的硕士研究生刘建、魏鹏伟等对书中的程序进行了验证,并对部分插图进行了校对。

本书在编写过程中得到了西安理工大学张毅坤教授,西安科技大学郝迎吉教授、吴延海教授,广东松山职业技术学院杨宇副教授等老师的指导和审阅,在此表示衷心的感谢!

由于计算机技术发展迅速,多媒体应用软件日益更新,加上作者水平有限,且时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2009年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 单片机的产生与发展	2
1.1.2 单片机的发展趋势	3
1.1.3 单片机的应用	4
1.2 单片机系列介绍	5
1.2.1 单片机的主要生产制造商及其特点	5
1.2.2 单片机的四个主要系列	6
本章小结	10
习题	10
第 2 章 MCS-51 系列单片机的基本结构	11
2.1 单片机的基本结构	11
2.1.1 单片机的内部结构及功能部件	12
2.1.2 单片机的外部引脚说明	13
2.2 中央处理器 CPU	15
2.2.1 运算部件	15
2.2.2 控制部件及振荡器	16
2.2.3 布尔(位)处理器	17
2.3 存储器	17
2.3.1 单片机存储器的分类及存储空间的配置	17
2.3.2 内部数据存储器	18
2.3.3 外部数据存储器	22
2.3.4 程序存储器	22
2.3.5 Flash 闪速存储器的编程	24
2.4 并行输入/输出接口	25
2.4.1 I/O 接口电路概述	25
2.4.2 P0 口	25
2.4.3 P1 口	26
2.4.4 P2 口	27
2.4.5 P3 口	27
2.5 I/O 接口电路的作用	28
2.5.1 接口与端口	29

2.5.2 I/O 接口的编址方式	30
2.6 输入/输出传送方式	30
2.6.1 无条件传送方式	30
2.6.2 查询传送方式	31
2.6.3 中断传送方式	31
2.7 CPU 时序与复位	32
2.7.1 基本概念	32
2.7.2 CPU 的时序	33
2.7.3 复位电路与复位状态	34
2.7.4 掉电与节电方式	34
本章小结	35
习题	36
第 3 章 指令系统及汇编语言程序设计	37
3.1 MCS-51 单片机汇编语言与指令格式	37
3.1.1 单片机的汇编语言	37
3.1.2 指令格式	38
3.1.3 指令中的常用符号	39
3.2 寻址方式	39
3.2.1 寄存器寻址	39
3.2.2 立即寻址	40
3.2.3 寄存器间接寻址	41
3.2.4 直接寻址	41
3.2.5 变址寻址	42
3.2.6 相对寻址	42
3.2.7 位寻址	43
3.3 MCS-51 单片机指令系统	43
3.3.1 数据传送类指令	44
3.3.2 算术运算类指令	50
3.3.3 逻辑运算及移位类指令	56
3.3.4 控制转移类指令	59
3.3.5 位操作指令	67
3.4 汇编语言及汇编语言程序设计	70
3.4.1 机器语言、汇编语言和高级语言	70
3.4.2 汇编程序与伪指令	71
3.5 基本程序设计方法	75
3.5.1 程序的基本结构	75
3.5.2 顺序结构程序设计	76
3.5.3 分支(选择)结构程序设计	77
3.5.4 循环结构程序设计	79

3.5.5 子程序结构程序设计	80
本章小结	82
习题	82
第4章 中断、定时/计数器与串行口	85
4.1 中断	85
4.1.1 中断的概念	85
4.1.2 MCS-51 单片机的中断系统	86
4.1.3 中断源及优先级	87
4.1.4 中断响应的条件、过程和时间	90
4.1.5 外部中断的请求与撤除	92
4.1.6 中断程序举例	93
4.2 定时/计数器	94
4.2.1 定时/计数器的结构及工作原理	95
4.2.2 定时/计数器的控制与实现	96
4.2.3 定时/计数器的工作方式	97
4.2.4 定时/计数器的应用举例	99
4.3 串行接口	101
4.3.1 串行通信的基本知识	101
4.3.2 MCS-51 串行接口及其控制	103
4.3.3 串行口的工作方式	106
4.3.4 多处理机通信方式	108
4.3.5 串行口的应用举例	109
本章小结	114
习题	114
第5章 单片机系统的扩展	115
5.1 概述	115
5.2 系统总线扩展	115
5.2.1 并行总线扩展	116
5.2.2 串行总线扩展	117
5.2.3 编址技术	117
5.3 存储器的扩展	119
5.3.1 存储器扩展概述	119
5.3.2 程序存储器的扩展	119
5.3.3 数据存储器的扩展	121
5.3.4 全地址范围的存储器最大扩展系统	123
5.4 I/O 的扩展与应用	124
5.4.1 用 TTL 芯片扩展 I/O 口	124
5.4.2 用可编程芯片扩展 I/O 口	127
5.5 LED 数码显示器	134

5.5.1 LED 的结构与显示编码方式	134
5.5.2 LED 数码显示器的接口方法与显示电路	136
5.5.3 LED 数码显示器应用举例	138
5.6 键盘接口	140
5.6.1 键盘接口的工作原理	141
5.6.2 键盘接口电路	143
5.6.3 键盘扫描程序	143
5.6.4 键盘接口实例	144
5.7 A/D 转换器	147
5.7.1 A/D 转换器概述	148
5.7.2 典型 A/D 转换器芯片——ADC0809	148
5.7.3 MCS-51 单片机与 ADC0809 接口	149
5.7.4 A/D 转换器应用举例	152
5.675 串行 A/D 转换接口芯片 TLC1543	153
5.8 D/A 转换器	159
5.8.1 D/A 转换器的技术性能指标	159
5.8.2 典型 D/A 转换器芯片——DAC0832	160
5.8.3 MCS-51 单片机与 DAC0832 接口	161
5.8.4 串行 D/A 转换接口芯片 TLC5615	163
本章小结	167
习题	167
第 6 章 基于 MCS-51 的典型串行总线设计	171
6.1 概述	171
6.2 SPI 总线	171
6.2.1 SPI 总线的工作原理	172
6.2.2 SPI 总线的通信时序	172
6.2.3 硬件电路设计	173
6.2.4 软件设计	175
6.2.5 小结	176
6.3 RS-485 总线	176
6.3.1 RS-485 总线的工作原理	177
6.3.2 RS-485 总线的通信协议	178
6.3.3 硬件电路设计	179
6.3.4 软件设计	181
6.3.5 小结	188
6.4 I ² C 总线	189
6.4.1 I ² C 总线的工作原理	189
6.4.2 I ² C 总线的通信时序	190
6.4.3 硬件电路设计	191

6.4.4 软件设计	192
6.4.5 小结	197
本章小结	197
习题	197
第 7 章 应用系统设计与应用实例	198
7.1 应用系统设计流程	198
7.1.1 总体设计	199
7.1.2 硬件原理设计	199
7.1.3 印制电路板设计	200
7.1.4 软件设计	200
7.1.5 调试、运行与维护	201
7.1.6 C 语言与 WAVE 开发环境	202
7.2 家用电器典型实例——全自动洗衣机	204
7.2.1 洗衣机的工作原理及设计需求分析	205
7.2.2 方案设计	205
7.2.3 硬件原理图及分析	205
7.2.4 控制过程的软件程序实现	208
7.2.5 实例小结	212
7.3 工业应用实例——配电站综合自动化系统遥测终端单元	212
7.3.1 配电站综合自动化简介	212
7.3.2 综合自动化遥测单元功能需求	212
7.3.3 硬件原理设计	215
7.3.4 程序的设计与组织	220
7.3.5 程序的优化设计	222
7.3.6 各功能模块实现的程序源代码	226
7.3.7 实例小结	236
7.4 网络应用典型实例——单片机实现以太网接口	237
7.4.1 设计分析	237
7.4.2 以太网协议	237
7.4.3 以太网协议控制芯片	238
7.4.4 硬件电路设计	239
7.4.5 电路原理图及说明	242
7.4.6 软件设计	244
7.4.7 实例小结	262
附录	263
附录一 汇编指令集	263
附录二 实验指导	269
实验一 数据块搬移	269
实验二 数制转换	270

实验三 无符号双字节快速乘法子程序	271
实验四 P1 口操作实验	273
实验五 工业顺序控制	274
实验六 数字电压表	278
实验七 数字秒表/定时器	282
实验八 急救车与交通灯	290
实验九 双机通信	294
附录三 共阳极显示七段码表	305
附录四 常用芯片引脚图	306
附录五 基于 CAN 总线的 RTU 通信协议	309
参考文献	322

第1章 绪 论

教学提示：单片机是在一块芯片上集成了中央处理单元(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存储器(RAM)和各种输入/输出(I/O)接口(定时/计数器、并行 I/O 接口或串行 I/O 接口以及 A/D 转换接口等)的微型计算机。一块单片机芯片就相当于一台微型计算机。它具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低廉、稳定可靠等优点，在家用电器、智能化仪器、通信、智能机器人、工业控制以及航空航天等领域广泛应用并发挥着十分重要的作用。

教学目标：本章主要介绍单片机的概念、发展概况、应用领域，并对常用单片机系列进行简单介绍。

1.1 概 述

在 20 世纪 60 年代末和 70 年代初，袖珍型计算器得到了普遍应用。作为研制计算器芯片的成果，1971 年 11 月，美国 Intel 公司首先推出了 4 位微处理器 Intel 4004，它实现了将 4 位并行运算的单片处理器、运算器和控制器的所有元件全部集成在一片 MOS 大规模集成电路芯片上，这是第一片微处理器。从此以后，微处理器开始迅速发展。在微处理器的发展过程中，人们试图在高度集成的微处理器芯片中增加存储器、I/O 接口电路、定时/计数器、串行通信接口、中断控制、系统时钟及系统总线，甚至 A/D、D/A 转换器等，以提高其功能，并赋予其专门的用途，比如数据采集、信号转换和通信控制等。由此产生了各种具有不同功能的微处理器，称为微控制器(Microcontroller)，亦称为单片机。

单片机不是仅完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上。单片机的产生是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。以单片机为核心的智能化产品将计算机技术、信息处理技术和电子测量与控制技术结合在一起，把智能赋予各种机械装置，对传统的产品结构和应用方式产生了根本性的变革。单片机微小的体积和低的成本使其可广泛地嵌入到玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中，成为现代电子系统中最重要的智能化工具。所以，了解单片机并掌握单片机技术对电子系统设计方面的应用具有非常重要的意义。

1.1.1 单片机的产生与发展

单片机一词最初源于“Single Chip Microcomputer”，简称 SCM。在单片机诞生时，SCM 是一个准确、流行的称谓，“单片机”一词准确地表达了这一概念。随着 SCM 在技术上、体系结构上，以及控制功能上的不断扩展和完善，单片机已不能用“单片微型计算机”来准确表达其内涵了。国际上逐渐采用“MCU”(MicroController Unit)来代替之，并形成了单片机界公认的、最终统一的名词。国内因为“单片机”一词已约定俗成，故而继续沿用至今。

单片机的发展和个人计算机中的 CPU 一样也经历了几代过程，大体分为 4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机的发展过程。1980 年 Intel 公司推出其高性能的 8 位单片机 8051，并且公布其内核技术后，引来世界许多著名的 IC 生产厂商纷纷加入单片机的研究队列并推出自己的单片机产品，如美国 AMD 公司、Atmel 公司、Winbond 公司、Philips 公司、Motorola 公司、Zilog 公司，韩国 LG 公司，日本 NEC 公司、西门子公司等。广泛的应用领域和巨大的市场空间使兼容系列的单片机已达数百种之多。虽然品种如此之多，但是这些产品都是和 8051 相兼容的，也就是说，MCS-51 内核实际上已经成为一个 8 位单片机的标准。因此下面以 Intel 公司的 8 位机为例来介绍单片机的发展状况。

1. 第一阶段(1976~1978)

第一阶段是单片机发展的初期阶段。该阶段的任务是探索计算机的单芯片集成。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表，其 CPU、存储器、定时/计数器、中断系统、I/O 端口、时钟以及指令系统都是按嵌入式系统要求专门设计的。除了 Intel 公司的 MCS-48 外，同时参与这一探索工作的公司还有 Motorola、Zilog 等，他们的研究都取得了令人满意的成果。

2. 第二阶段(1978~1982)

第二阶段是单片机的完善阶段。计算机的单芯片集成探索取得成功后，随后的任务就是要完善单片机的体系结构。这一阶段的典型代表是 Intel 公司将 MCS-48 向 MCS-51 过渡。Intel 公司在 MCS-48 的基础上推出了完善的、典型的单片机系列，奠定了单片机的基本体系结构。它主要体现在以下几个方面。

(1) 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

(2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

(3) 设置面向工控的位地址空间和位操作方式。

(4) 指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

3. 第三阶段(1982~1990)

第三阶段是微控制器的形成阶段。在该阶段，8 位单片机得到巩固与发展，16 位单片机逐渐推出。该阶段是单片机向微控制器发展的重要阶段。这一阶段单片机的主要技术发展是增强了满足测控对象要求的外围电路，如 A/D 转换、D/A 转换、高速 I/O 口、WDT(WatchDog Timer, 程序监视定时器)、DMA(高速数据传输)等，强化了智能控制的特征。在此阶段，Intel 公司推出了 MCS-96 系列单片机，将一些用于测控系统的模/数转换器(ADC)、程序运行监视器、脉宽调制器(Pulse Width Modulator, PWM)等纳入片中，体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用，许多电气厂商竞相使用 80C51 作为内核，

将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件以及可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

4. 第四阶段(1990 至今)

第四阶段是微控制器的全面发展阶段,即当前的单片机时代,其显著特点是百家争鸣、百花齐放、技术创新。单片机正在满足各个方面的需求,随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及一些小型、廉价的专用型单片机。

1.1.2 单片机的发展趋势

近十年来,单片机的发展出现了许多新的特点,单片机正朝多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储容量和加强 I/O 功能及结构兼容等方向发展。单片机的主要发展趋势如下所述。

1. 多功能

在单片机中尽可能多地把应用系统所需要的存储器、各种功能的 I/O 口都集成在一块芯片内,即外围器件内装化,如把 LED、LCD 或 VFD 显示驱动器集成在 8 位单片机中,把 ADC、DAC 乃至多路模拟开关和采样/保持器也集成在单片机芯片中,从而成为名副其实的单片机微机。

2. 高性能

为了提高速度和执行效率,在单片机中开始使用 RISC 体系结构、并行流水线操作和 DSP 等,使单片机的指令运行速度得到大大提高,其电磁兼容等性能明显优于同类型的微处理器。

3. 低电压和低功耗

单片机的应用场合多为便携式设备、嵌入式设备等小型系统,对体积要求尽可能得小,而且这些系统大多采用电池供电或系统本身有功耗限制,使得单片机也具有低电压工作性能和极小的功耗,因此目前单片机制造普遍采用 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺(具有高速度、高密度等特点)。CHMOS 工艺除具有 HMOS 的优点外,还具有 CMOS 工艺的低功耗特点。例如,采用 HMOS 工艺的 8051 的功耗为 630 mW(相对较高的功耗使得该产品已被市场淘汰),而 Philips 公司的 80C51、Atmel 公司的 AT89C51/S51 采用 CHMOS 工艺,其功耗仅为 120 mW。

4. 串行扩展总线

推行串行扩展总线可以显著减少引脚数量,简化系统结构。随着外围器件串行接口的发展,单片机的串行接口的普遍化、高速化使得并行扩展接口技术日渐衰退。目前推出了删去并行总线的非总线单片机微机,需要外扩器件(存储器、I/O 等)时,仅采用串行扩展总线,甚至用软件虚拟串行总线即可实现。

由于集成度的进一步提高,有的单片机的寻址能力已突破 64 KB 的限制,某些 8 位、16 位单片机其寻址能力已达到 1 MB 和 16 MB。片内 ROM 的容量可达 64 KB, RAM 的容量可达 2 KB。