

全国高等职业教育规划教材精品推荐

书 名	作 者	ISBN
音响技术及应用	黄永定	ISBN
彩色电视机原理与维修技术	黄永定	ISBN 978-7-111-17754-8
数字电视技术实训教程 第2版	刘修文	ISBN 978-7-111-36890-8
数字平板电视技术	朱胜泉	ISBN 978-7-111-33394-4
家用电器基础与维修技术 第3版	黄永定	ISBN 978-7-111-38631-5
家用电器维修技术	詹新生	ISBN 978-7-111-28831-2
电力电子技术 第2版	周渊深	ISBN 978-7-111-29255-5
电力电子技术	张静之	ISBN 978-7-111-31030-3
Verilog HDL 与 CPLD/FPGA 项目开发教程	聂章龙	ISBN 978-7-111-31365-6
自动化专业英语	徐存善	ISBN 978-7-111-31432-5
电子与通信工程专业英语	徐存善	ISBN 978-7-111-31355-7
电子信息技术专业英语 第2版	丁 宁	ISBN 978-7-111-37504-3
光纤通信技术	李方健	ISBN 978-7-111-31290-1
室内电气线路安装	张晓艳	ISBN 978-7-111-31366-3
高级维修电工实训教程	张静之	ISBN 978-7-111-34092-8
传感器技术与应用 第3版	金发庆	ISBN 978-7-111-37739-9
传感器技术及其工程应用	金发庆	ISBN 978-7-111-30269-8
单片机原理与控制技术 第2版	张志良	ISBN 978-7-111-08314-6
单片机学习指导及习题解答	张志良	ISBN 978-7-111-15551-5
单片机技术与应用	刘 松	ISBN 978-7-111-32301-3
单片机应用技术学程	徐江海	ISBN 978-7-111-33054-7
单片机原理及应用 (C51版)	赵全利	ISBN 978-7-111-38631-5
电机与电气控制 第2版	刘利宏	ISBN 978-7-111-33131-7
集成电路芯片制造实用技术	卢 静	ISBN 978-7-111-34458-2
集成电路制造工艺	林明祥	ISBN 978-7-111-17300-7
半导体器件物理	顾晓清	ISBN 978-7-111-18251-1
集成电路版图设计	曾庆贵	ISBN 978-7-111-22699-4
EDA基础与应用	于润伟	ISBN 978-7-111-28854-1
Protel 99 SE 印制电路板设计教程	郭 勇	ISBN 978-7-111-14466-3
Protel DXP 2004 SP2 印制电路板设计教程	郭 勇	ISBN 978-7-111-26608-2
Protel DXP 2004 SP2 印制电路板设计	朱小祥	ISBN 978-7-111-33152-0
SMT-表面组装技术	何丽梅	ISBN 978-7-111-19671-6
SMT基础与工艺	何丽梅	ISBN 978-7-111-35230-3
MATLAB应用技术	于润伟	ISBN 978-7-111-36131-2
MATLAB基础及应用 第3版	于润伟	ISBN 978-7-111-37424-4

图例说明: 网上提供电子课件下载 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 附赠光盘

ISBN 978-7-111-38631-5



9 787111 386315 >

地址:北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心: (010)88361066
销售一部: (010)68326294
销售二部: (010)88379649
读者购书热线: (010)88379203

邮政编码: 100037
网络服务
门户网: <http://www.cmpbook.com>
教材网: <http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

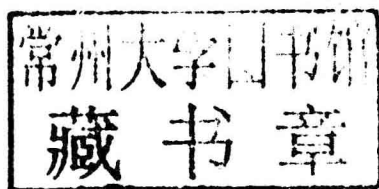
定价: 35.00元

全国高等职业教育规划教材

单片机原理及应用

(C51 版)

赵全利 张之枫 主 编
忽晓伟 周 伟 等编著
袁红斌 孙爱芬
刘瑞新 主 审



机械工业出版社

本书在介绍 51 系列及其兼容单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、内部功能、系统扩展的基础上, 详尽描述了单片机 C 语言的知识特点、功能应用及单片机应用系统的开发过程, 突显了 C51 程序在各章节的功能描述和应用项目编程。书中通过大量的例题和由浅入深的单片机应用项目实例, 引导读者逐步认识、熟知、实践和应用单片机。各章详细设计了可行性、易操作的实训项目, 以加强读者对单片机的实践能力; 书后配有相关思考与练习, 以巩固读者所学的知识。本书思路清晰、概念准确、层次结构分明、注重实践和知识的内在联系与规律, 便于自学。

本书依据中国计算机学会高等教育学会最新审定的编写大纲编写, 既可作为高职高专电力、电子、自动化、通信、机电及计算机等专业的教学用书, 又可作为高等学校同类专业的教学参考用书。

本书配套授课电子课件及电子版程序代码及部分思考与练习答案, 读者可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 (C51 版)/赵全利, 张之枫主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 7

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-38631-5

I. ①单… II. ①赵… ②张… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 117509 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王 颖 版式设计: 霍永明

责任校对: 闫玥红 责任印制: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·423 千字

0001-3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-38631-5

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任	曹建林					
副 主 任	张中洲	张福强	董维佳	俞 宁	杨元挺	任德齐
	华永平	吴元凯	蒋蒙安	祖 炬	梁永生	
委 员	(按姓氏笔画排序)					
	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	邓 红	任艳君
	刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳	杨打生
	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文	季顺宁
	罗厚军	姚建永	钮文良	聂开俊	袁 勇	袁启昌
	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健	崔金辉	曹 毅
	章大钧	黄永定	曾晓宏	蔡建军	谭克清	
秘 书 长	胡毓坚					
副 秘 书 长	戴红霞					

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多个品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着计算机技术的高速发展和日趋强盛的社会需求,单片机的应用已经广泛深入到各个领域。单片机应用技术已经成为电子技术产业的核心。为了适应新形势下学习单片机的需要,编者从单片机应用开发的角度出发,在多年来高等(职业)教育单片机原理及应用课程教学经验、实践操作、应用项目开发及全国大学生电子(单片机)设计竞赛(获国家奖)辅导实践经验的基础上,结合当前单片机市场应用的特点,编写了本书,以利于广大读者循序渐进地学习单片机,并更加适应各类高职高专及高等院校的教学需要。

事实已经证明,以C51系列及兼容单片机组成的单片机应用系统,以其通用性强、价廉、设计灵活等特点而遍及各个领域,有着广泛和稳定增长的市场。

本书以单片机应用为主要目的,结合高等教育各专业的特点,以当前仍处于繁荣之势的C51系列及兼容单片机为对象,在介绍单片机基本工作原理及内部资源的基础上,突显了C51程序设计及项目实例的开发设计。

本书概念清楚,注重知识的内在联系与规律,采用归纳、类比的方法,系统地介绍了单片机的结构原理及应用系统的组成与设计方法。书中通过大量的例题和由浅入深的单片机应用项目实例,引导读者逐步认识、熟知、实践和应用单片机。各章详细设计了可行性、易操作的实训项目,以加强读者的单片机实践操作能力;书后配有相关思考与练习,以巩固读者所学的知识。

本书是依据中国计算机学会高等教育学会最新审定的编写大纲编写的,所有例题和源程序都经上机调试通过。建议授课学时为60课时。本书可作为高职高专相关专业“单片机原理与应用”课程的教学用书,也可作为高等学校同类专业的教学参考用书,同时还可供从事单片机技术开发、应用的工程技术人员阅读和参考。

本书由赵全利、张之枫主编,忽晓伟、周伟、袁红斌、孙爱芬等编著。参与本书编写的还有薛迪杰、马凯、刘云、董锐、陈利娟、周毅、陈军、宋国林、张会敏、曹会群、李会萍、范龙、李锐君、胡楠、王瑶、骆秋容。全书由刘瑞新教授主审,赵全利统稿。在本书编写过程中,得到郭志善和项仕标教授的指导,并提出许多建设性的意见,在此表示感谢。

本书电路图大部分为专用单片机电路设计及仿真软件实际制作图。受环境限制,书中部分原理图使用了一般符号表示。为此,附录中特附“非标准符号与国标的对照表”,以便于读者查阅。

计算机硬件技术发展速度很快,限于编者水平,书中难免有不足和遗漏之处,恳请老师、同学及读者朋友们提出宝贵意见和建议。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 单片机的基础知识	1
1.1 单片机简介	1
1.1.1 单片机的基本概念	1
1.1.2 单片机技术的发展历程和趋势	1
1.1.3 单片机系列产品的介绍	2
1.1.4 单片机的特点及应用	2
1.2 数制和编码	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 编码	7
1.3 单片机应用系统的组成	10
1.4 实训项目一 单片机实现流水灯仿真过程演示	12
1.5 思考与练习	17
第2章 MCS-51 单片机的基本结构	18
2.1 MCS-51 单片机的基本组成	18
2.1.1 8051 单片机的基本组成	18
2.1.2 AT89S51 单片机的引脚及功能	22
2.1.3 AT89S51 单片机并行口的结构和功能	23
2.2 存储器配置	25
2.2.1 AT89S51 单片机存储配置简介	25
2.2.2 程序存储器	26
2.2.3 数据存储器	27
2.2.4 特殊功能寄存器	29
2.3 CPU 时序与时钟电路	30
2.3.1 CPU 时序	30
2.3.2 时钟电路	32
2.4 复位电路	32
2.4.1 复位的概念	32
2.4.2 复位电路的设计	33
2.5 实训项目二 单片机的最小系统组成	34
2.6 思考与练习	35
第3章 MCS-51 单片机指令系统及汇编语言程序设计	36
3.1 指令系统简介及寻址方式	36

3.1.1	指令分类	36
3.1.2	指令格式	36
3.1.3	寻址方式	37
3.1.4	寻址空间及符号注释	40
3.2	指令系统及应用举例	41
3.2.1	数据传送指令	41
3.2.2	算术运算指令	44
3.2.3	逻辑操作指令	45
3.2.4	位操作指令	47
3.2.5	控制转移类指令	48
3.3	汇编语言程序设计	52
3.3.1	伪指令	52
3.3.2	汇编语言程序结构及实例	54
3.4	实训项目三 单片机指令系统及汇编语言程序设计练习	59
3.4.1	汇编指令程序段项目练习	59
3.4.2	汇编语言程序设计项目	61
3.5	思考与练习	64
第4章	单片机 C 语言程序设计基础	65
4.1	Keil C 简介与环境设置	65
4.2	C51 简介	66
4.2.1	C51 的扩展	66
4.2.2	存储区	67
4.2.3	存储模式	68
4.2.4	数据类型	68
4.3	C51 基础知识及表达式	70
4.3.1	C 语言的标识符和关键字	70
4.3.2	算术运算符与表达式	72
4.3.3	关系运算符与表达式	72
4.3.4	逻辑运算符与表达式	72
4.3.5	赋值运算符与表达式	73
4.3.6	自增和自减运算符与表达式	74
4.3.7	位运算符与表达式	74
4.3.8	条件运算符与表达式	76
4.4	C51 控制语句	76
4.4.1	条件语句	76
4.4.2	switch/case 语句	77
4.4.3	循环结构	78
4.5	数组	81
4.5.1	一维数组的定义、引用及初始化	81

4.5.2	一维数组应用	82
4.6	指针	83
4.6.1	指针和指针变量	83
4.6.2	指针变量的定义、赋值及引用	83
4.7	函数	85
4.8	C51 开发工具的使用	90
4.9	常用 Keil C 调试方法	95
4.9.1	程序复位	95
4.9.2	断点的设置和删除方法	95
4.9.3	查看和修改寄存器的内容	96
4.9.4	观察和修改变量	97
4.9.5	查看定时/计数器的方法	97
4.9.6	查看外部 I/O 状态	97
4.9.7	查看外部中断	98
4.10	C51 应用程序设计举例	98
4.10.1	输入	98
4.10.2	输出	102
4.11	实训项目四 C51 实现流水灯	103
4.12	思考与练习	105
第 5 章	MCS-51 单片机典型功能部件结构及应用	106
5.1	中断系统	106
5.1.1	中断的概念	106
5.1.2	MCS-51 中断系统结构及中断控制	107
5.1.3	MCS-51 中断响应过程	110
5.1.4	中断响应后中断请求的撤除	111
5.1.5	中断系统的应用及实例	112
5.2	MCS-51 单片机定时/计数器	114
5.2.1	定时/计数器概述	114
5.2.2	定时/计数器的控制	115
5.2.3	定时/计数器的工作模式	116
5.2.4	定时/计数器的应用举例	120
5.3	串行口	124
5.3.1	串行通信的基本概念	124
5.3.2	MCS-51 单片机串行口	128
5.3.3	串行口的应用	133
5.3.4	常用串行通信总线标准及接口电路	146
5.4	实训项目五 51 单片机外部中断及定时器中断	149
5.4.1	实训项目 输入口程序设计项目	149
5.4.2	实训项目 输出口程序设计项目	151

5.5 思考与练习	153
第6章 MCS-51 系统扩展技术	155
6.1 单片机系统扩展概述	155
6.2 程序存储器的扩展	157
6.2.1 常用的程序存储器	157
6.2.2 程序存储器的扩展	161
6.3 数据存储器的扩展	164
6.3.1 常用的数据存储器	164
6.3.2 数据存储器的扩展	165
6.4 I/O 端口的扩展	167
6.4.1 简单并行 I/O 口的扩展	167
6.4.2 8155 可编程多功能接口的扩展	169
6.5 实训项目六 8155 扩展键盘与显示	175
6.6 思考与练习	179
第7章 单片机典型 I/O 接口技术	180
7.1 键盘及接口电路	180
7.1.1 键盘的分类	180
7.1.2 键盘的工作原理	180
7.1.3 键盘结构及扫描子程序	181
7.1.4 键盘接口扩展设计	186
7.2 显示器及接口电路	187
7.2.1 LED 状态显示	187
7.2.2 LED 数码显示	189
7.2.3 七段 LED 数码管显示接口	191
7.2.4 LCD 液晶显示器接口	194
7.3 A/D、D/A 转换器与单片机的接口	199
7.3.1 D/A 转换器	200
7.3.2 A/D 转换器	204
7.4 实训项目七 键盘及 LED 显示器程序设计	210
7.5 思考与练习	212
第8章 单片机应用系统	213
8.1 单片机应用系统的开发过程	213
8.1.1 总体论证	213
8.1.2 总体设计	213
8.1.3 硬件设计	215
8.1.4 软件设计	215
8.1.5 联机调试	216
8.1.6 脱机运行	216
8.2 单片机应用系统的设计项目实例	216

8.2.1	项目 1	光电计数器	217
8.2.2	项目 2	交通灯管理系统	223
8.2.3	项目 3	电子点阵显示屏	228
8.2.4	项目 4	数字电压表	232
8.2.5	项目 5	智能循迹小车	235
8.2.6	项目 6	采用 DS12C887 时钟芯片及温度显示的 LCD 电子时钟	239
8.3	思考与练习		253
附录			254
附录 A	MCS-51 指令表		254
附录 B	ASCII (美国标准信息交换码) 码表		258
附录 C	常用 C51 库函数		258
附录 D	书中非标准符号与国标的对照表		261
参考文献			263

第 1 章 单片机的基础知识

本章主要介绍单片机及其相关的基础知识，包括单片机基本概念、特点、应用领域及单片机系列产品；与单片机相关的常用的数制及其不同数制相互间的转换及编码。在本章最后，介绍了单片机应用系统的组成，并通过一个简单的单片机实训项目，引导读者对单片机应用有一个初步的了解，以激发读者学习单片机的兴趣。

1.1 单片机简介

1.1.1 单片机的基本概念

在一块集成电路芯片上集成了由微处理器、存储器、输入接口、输出接口、定时器/计数器、中断等基本电路构成的单片微型计算机，简称为单片机（Single Chip Microcomputer）。

单片机有较强的控制功能，这主要取决于单片机结构上的设计，包括在单片机硬件、指令系统及 I/O 处理功能等方面都有独到之处。虽然单片机只是一个芯片，但无论从组成还是从其逻辑功能上来看，它都具有微机系统的含义。只需要对单片机外加所需的输入、输出设备及简单的接口电路，在其软件的支持下，就能够很方便地组成一个单片机应用系统。

1.1.2 单片机技术的发展历程和趋势

1976 年，Inter 公司推出了 MCS-48 系列 8 位单片机，该单片机以体积小、功能全、价格低等自身魅力得到了广泛的应用，成为单片机发展过程中的一个重要标志。

MCS-48 系统的成功应用，使单片机系列及单片机应用技术迅速发展，到目前为止，世界各地厂商已相继研制出大约 50 个系列、300 多个品种的单片机产品。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列（以下简称为 51 系列）机（8 位机）、Motorola 公司的 MC6801 系列机、Zilog 公司的 Z-8 系列机等。单片机的应用领域不断得到扩大，除了在工业控制、智能化仪器仪表、通信、家用电器等领域应用外，在智能化、高档电子玩具产品中也大量采用单片机作为核心控制部件。

在 8 位单片机的基础上，又推出超 8 位单片机，其功能进一步加强，同时 16 位单片机也相继产生，代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列以及 ATMEL 推出的 AVR 单片机。随着集成电路的发展，随之出现内核为 32 位的 ARM 处理器，并得到大范围的推广。

然而，在单片机家族的众多成员中，51 系列单片机以其优越的性能、成熟的技术及高可靠性和高性能价格比，迅速占领了工业测控和自动化工程应用的主要市场，成为国内单片机应用领域中的主流。应用领域大量需要的仍是性价比较高的 8 位单片机，世界各大单片机厂商都在 MCS-51 上投入了大量的资金和人力。目前，市场上的主流产品是 51 系列兼容机：由 STC 公司推出的高性价比的 STC89 系列单片机和 Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机。

目前，单片机正朝着高性能和多品种发展，51 系列单片机仍能满足绝大多数应用领域

的需要。可以肯定，以 51 系列为主流的兼容单片机，将在今后相当长的一段时期内仍然占据单片机应用的主导地位。

1.1.3 单片机系列产品的介绍

除了 Inter 公司的 51 系列单片机，当前各种系列单片机也得到普遍应用。单片机系列产品主要有以下几种。

1. PIC 单片机

PIC 单片机是 Microchip 公司的产品。该单片机的特点是：体积小、功耗低、精简指令集、抗干扰性好、可靠性高、有较强的模拟接口、代码保密性好、大部分芯片有其兼容的 Flash 程序存储器的芯片。

2. STC 单片机

STC 单片机是由深圳宏晶科技生产的 51 内核单片机。该单片机是新一代增强型产品，其特点是可实现在线编程（ISP）下载方式。STC 单片机软硬件完全兼容传统 8051，但其功能大大增强，速度较 8051 要快 8~12 倍，大部分产品内置 A/D 转换功能、多路脉冲宽度调制（PWM）、多串口，程序加密性好，抗干扰能力强。

3. EMC 单片机

EMC 单片机是中国台湾的产品。该产品大部分与 PIC 单片机兼容，并且资源比 PIC 多，价格低，但抗干扰能力较差。

4. ATMEL 公司的单片机

ATMEL 公司的 8 位单片机有 AT89、AT90 两个系列。AT89 系列是与 8051 系列单片机硬件兼容的 8 位单片机，内置 Flash，静态时钟模式；AT90 系列单片机是增强精简指令集计算机（RISC）结构、全静态工作方式、内载在线可编程 Flash 的单片机，也称为 AVR 单片机，AVR 还包括有 16 位单片机。

5. 51LPC 系列单片机（51 单片机）

51LPC 系列单片机是 Philips 公司的产品。该产品是基于 80C51 内核的单片机，嵌入了掉电检测、模拟以及片内 RC 振荡器等功能，这使 51LPC 在高集成度、低成本、低功耗的应用设计中可以满足多方面的性能要求。

6. TI 公司单片机（51 单片机）

德州仪器单片机产品主要有 TMS370 和 MSP430 两大系列。TMS370 系列单片机是 8 位互补金属氧化物半导体（CMOS）单片机，具有多种存储模式、多种外围接口模式，适用于复杂的实时控制场合；MSP430 系列单片机是一种超低功耗、功能集成度较高的 16 位低功耗单片机，特别适用于要求功耗低的场合。

7. 凌阳单片机

凌阳单片机是中国台湾的产品，有 8 位处理器及自主知识产权的 μnSP 内核 16 位单片机，目前推出其 32 位的 S+core 微处理器。该 16 位单片机有功能强、效率高的指令系统，低功耗、低电压，并且有较强的语音功能，内部有较大的 Flash 存储，抗干扰能力较好。

1.1.4 单片机的特点及应用

单片机以其自身的特点，已渗透入各个应用领域中。

单片机的主要特点是体积小、功耗低、价格低廉、使用方便、控制功能强，便于进行位运算且具有逻辑判断、定时计数等多种功能。

单片机的主要应用领域如下。

1) 智能仪器仪表。该仪表设备内嵌单片机且具有智能化的测量仪器。

2) 智能家用电器。目前各种家用电器普遍采用单片机取代传统的控制电路，如全自动洗衣机、电冰箱、空调、彩色电视机、微波炉、电风扇及高级电子玩具等。由于配上了单片机，所以其功能增强，深受用户的欢迎。

3) 实时工业控制。工业实时控制系统的快速发展很大程度上归功于单片机，如数控机床、工业生产线、可编程序顺序控制等。

4) 机电一体化。机电一体化是机械工业发展的方向，机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品。

单片机除以上各方面应用之外，还广泛应用于办公自动化领域（如复印机）、汽车电路、通信系统（如手机）、计算机外围设备等，成为计算机发展和应用的一个重要方向。

单片机应用系统设计灵活，在系统硬件不变的情况下，可通过不同的程序实现不同的功能，因此，从根本上改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。过去必须由模拟电路、数字电路及继电器控制电路实现的大部分功能，现在已能用单片机并通过软件方法实现。随着软件技术的飞速发展，各种软件系列产品的大量涌现，可以极大地简化硬件电路。“软件就是仪器”已成为单片机应用技术发展的主要特点，这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术，称为微控制技术。微控制技术标志着一种全新概念的出现，是对传统控制技术的一次革命。随着单片机应用的推广普及，单片机技术无疑将是 21 世纪最为活跃的新一代电子应用技术。随着微控制技术（以软件代替硬件的高性能控制技术）的发展，单片机的应用必将导致传统控制技术发生巨大变革。

单片机应用系统是典型的嵌入式系统。单片机以较小的体积、现场运行环境的可靠性满足了许多对象的嵌入式应用要求。在嵌入式系统中，单片机是最重要，也是应用最多的智能核心器件。

将单片机系统嵌入到对象体系中后，单片机就成为对象体系的专用指挥中心。嵌入式系统的广泛应用和不断发展的美好前景，极大地影响着每个人的学习、工作、生活。嵌入式计算机系统就在人们身边，人们必须适应这一新形势的变化，改变传统的处理问题的方式，以求嵌入式系统给人类带来更加舒适的生活方式和工作环境。

1.2 数制和编码

单片机就是一个由超大规模数字集成电路组成的计算机。由于计算机只能识别二进制数据，为了便于理解、掌握计算机的工作原理及其存储数据、处理数据的方法，在这一节中简单介绍与计算机相关的数制与编码的基础知识。

1.2.1 数制

计算机科学技术的发展在不断地改变着世界，计算机具有的神奇般的功能以及它对人类社会所产生的重大影响，使一些人仍然把它看得十分神秘。其实，计算机只是一种以二进制

数据形式内部存储信息、以程序存储为基础、由程序自动控制的电子设备。

在计算机中，由于所采用的电子逻辑器件仅能存储和识别两种状态的特点，所以计算机内部的一切信息存储、处理和传送均采用二进制数的形式。可以说，二进制数是计算机硬件能直接识别并进行处理的惟一形式。

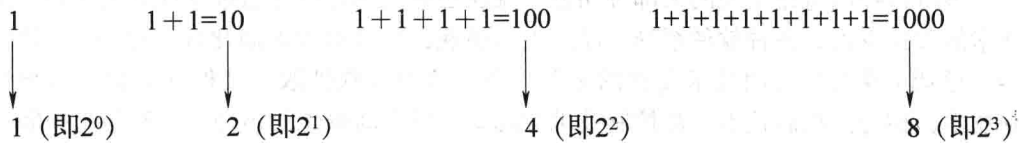
人们需要计算机所做的任何工作，都必须以计算机所能识别的指令形式转换为二进制数据送入计算机内存中。一条条有序指令的集合称为程序。计算机的工作过程也就是执行程序的过程，计算机所做的任何工作都是执行程序的结果。可以说，二进制数据存储信息和程序存储是计算机的基本工作机制。

数制就是计数方式。人们在日常生活中一般都是用十进制来计数的，而计算机内部使用的是二进制数据，在向计算机输入数据及计算机输出数据时，一般都是按十进制或者十六进制处理的。因此，计算机在处理数据时，必须进行各种数制之间的相互转换。

1. 二进制数

二进制数只有两个数字符号：0 和 1。计数时按“逢二进一”的原则进行计数，也称其基数为二。一般情况下，二进制数可表示为 $(110)_2$ $(110.11)_2$ $10110B$ 等。

根据位权表示法，每一位二进制数在其不同位置表示不同的值。例如：



对于 8 位二进制数（由低位 ~ 高位分别用 D0 ~ D7 表示），则各位所对应的权值为

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

对于任何二进制数，可按位权求和展开为与之相应的十进制数，则有

$$\begin{aligned}
 (10)_2 &= 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (2)_{10} \\
 (11)_2 &= 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (3)_{10} \\
 (101)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (5)_{10} \\
 (111)_2 &= 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (7)_{10} \\
 (1101)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (13)_{10} \\
 (10101)_2 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (21)_{10}
 \end{aligned}$$

例如，二进制数 10110111，按位权展开求和计算可得

$$\begin{aligned}
 (10110111)_2 &= 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\
 &= 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 2 + 0 \\
 &= (182)_{10}
 \end{aligned}$$

对于含有小数的二进制数，小数点右边第一位小数开始向右各位的权值分别为

$$\dots 2^{-1} \quad 2^{-2} \quad 2^{-3} \quad 2^{-4} \quad \dots$$

例如，二进制数 10110.101，按位权展开求和计算可得

$$\begin{aligned}
 (10111.111)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\
 &= 16 + 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 \\
 &= (23.875)_{10}
 \end{aligned}$$

必须指出，在计算机中，一个二进制数（如 8 位、16 位或 32 位）既可以表示数值，又可以表示一种符号的代码，还可以表示某种操作（即指令、机器码），计算机在程序运行时按程序的规则自动识别，这就是本节开始所述及的，一切信息都是以二进制数据进行存储的。

2. 十六进制数

十六进制数是学习和研究计算机中二进制数的一种比较方便的工具。计算机在信息输入和输出或书写相应程序或数据时，可采用简短的十六进制数表示相应的位数较长的二进制数。

十六进制数有 16 个数字符号，其中 0~9 与十进制相同，剩余 6 个为 A~F，分别表示十进制数的 10~15，见表 1-1。十六进制数的计数原则是逢“十六进一”，也称其基数为十六，整数部分各位的权值由低位到高位分别为 16^0 、 16^1 、 16^2 、 $16^3 \dots$ 。例如：

$$(15)_{16} = 1 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = (21)_{10}$$

$$(EDC)_{16} = 14 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = (3804)_{10}$$

为了便于区别不同进制的数据，一般情况下可在数据后跟一扩展名：

二进制数用“B”表示，如 100110B。

十六进制数用“H”表示，如 EDCH。

十进制数用“D”表示，如 34D 或 34。

表 1-1 十进制、二进制、十六进制对应数的转换关系表

十 进 制	二 进 制	十 六 进 制	十 进 制	二 进 制	十 六 进 制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

3. 不同数制之间的转换

前已述及，计算机中的数只能用二进制表示，十六进制数只适合人们读写方便的需要，在日常生活中使用的是十进制数。因此，计算机必须根据需要对各种进制数据进行转换。

(1) 二进制数转换为十进制数

对任意二进制数均可按权值展开，将其转化为十进制数。例如：

$$10110110B = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 182$$

$$10111.001B = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 23.125D$$

(2) 十进制数转换为二进制数

1) 方法1。十进制数转换为二进制数，可对整数部分和小数部分分别进行转换，然后合并。其中整数部分可采用“除2取余法”进行转换。小数部分可采用“乘2取整法”进行转换。

例如：采用“除2取余法”将37D转换为二进制数。

	余数	低位（第一次余数必为低位）
2 37	1	↓ 高位（直到商数等于0为止）
2 18	0	
2 9	1	
2 4	0	
2 2	0	
2 1	1	
0		

把所得余数由高到低排列出来可得

$$37 = 100101B$$

例如：采用“乘2取整法”将0.625转换为二进制数小数。

0.625		
× 2		
1.250	—— 取整数1	↓ 高位（第一次整数1必为二进制数小数权值最高位） ↓ 低位
× 2		
0.500	—— 取整数0	
× 2		
1.000	—— 取整数1	

把所得整数由高到低排列起来可得

$$0.625 = 0.101B$$

同理，把37.625转换为二进制数，只需要将以上转换合并起来，可得

$$37.625 = 100101.101B$$

2) 方法2。可将十进制数与二进制数位权从高位到低位进行比较，若十进制数大于或等于二进制某位权值，则该位取“1”，否则该位取“0”，采用按位分割法进行转换。

例如：将37.625转换为二进制数。

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1
0	0	1	0	0	1	0	1

将整数部分37与二进制各位权值从高位到低位进行比较， $37 > 32$ ，则该位取1，剩余 $37 - 32 = 5$ ，逐位比较，得00100101B。

将小数部分0.625按同样方法，得0.101B。

结果为 $37.625D = 100101.101B$ 。

(3) 二进制数与十六进制数的相互转换