



面向21世纪高职高专电类系列规划教材

单片机原理及应用

北京希望电子出版社 总策划

韩全立 余 华 主 编

刘焕平 蔡建萍 副主编



科学出版社

www.sciencep.com



面向21世纪高职高专电类系列规划教材

单片机原理及应用

北京希望电子出版社 总策划

韩全立 余 华 主 编

刘焕平 蔡建萍 副主编

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是面向 21 世纪高职高专电类系列规划教材。本书结合职业教育的特点,首先介绍了单片机的基础知识,并以 MCS-51 系列单片机为核心,系统介绍了单片机的基本结构、指令系统与汇编语言程序设计、中断及定时、串行通信、系统扩展技术、控制系统设计技术等。本书力求紧密结合职业技术教育的特点,注重理论联系实际,特别对单片机控制系统的组成、接口技术等作了详细的介绍,重在突出实用性,加强实践能力的培养。本书结构合理、条理清晰、通俗易懂,列举了大量的应用实例,并在每章末配有习题,便于教学与自学。

本书可作为高职高专电类及机电类等专业的教材,也可作为其他相近专业及有关工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/韩全立,余华主编. —北京:科学出版社, 2006.12

(面向 21 世纪高职高专电类系列规划教材)

ISBN 7-03-018118-2

I. 单... II. ①韩... ②余... III. 单片微型计算机—高等学校:技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 119064 号

责任编辑:刘振敏

/ 责任校对:马 君

责任印刷:媛 明

/ 封面设计:刘孝琼

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京媛明印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 12 月第 一 版

开本:787×1092 1/16

2006 年 12 月第 一 次印刷

印张:13

印数:1—3000

字数:296 400

定价:20.00 元

面向 21 世纪高职高专电类系列规划教材编委会

主 任：沈复兴 北京师范大学信息科学学院院长

副主任：杜建根 河南工业职业技术学院副院长

刘小芹 湖北武汉职业技术学院副院长

刘南平 天津职业大学电子信息工程学院副院长

李晓明 江苏扬州工业职业技术学院副院长

唐汝元 湖南张家界航空职业技术学院副院长

陆卫民 中国科学出版集团北京希望电子出版社社长

委 员：（按姓氏笔画为序）

及德增	尹立贤	申 勇	全卫强	刘 松	刘明伟
孙胜利	朱运利	朱国军	何 萍	余 华	宋嘉玉
张大彪	张惠明	李节阳	汪临伟	沈艳辉	肖伸平
唐春霞	黄新民	韩全立			

秘 书：李节阳

总 序

一本好书，是人生前进的阶梯；一套好教材，就是教学成功的保证。为满足培养应用型人才的需要，我们成立了本编委会。在明确高职高专应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下，我们组织编写了本套规划教材。

为了使本套教材能够达成目标，编委会做了大量的前期调研工作，在广泛了解各高职高专的教学现状、学生水平、培养目标的情况下，认真探讨了课程设置，研究了课程体系。为了编写出符合教学需求的好教材，我们除了聘请一批有关方面的知名专家、教授作为本套教材的主审和编委外，还组织了一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的管理实践能力的学术带头人和骨干教师来承担具体编写工作，从而编写出特色鲜明、适用性强的教材，以真正满足目前高职高专应用型人才培养的需要。教材编写采用整体规划、分步实施、在实践中检验提高的方式，分期分批地启动编写计划。编写大纲以及教材编写方式的确定均经过编委会多次认真讨论，以确保该套教材的高质量和实用性。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 以服务教学为最高宗旨，认真做好教学内容的取舍、教学方法的选取、教学成果的检验工作。本套教材在教学过程中的有益反馈，都将及时体现在后续版本。

(2) 充分考虑高职高专的人才培养目标，充分吸取已有教材的优点，并注意有所创新。在阐述好基本理论的基础上，突出务实；努力做到内容新颖，科学规范，结构严谨，理论联系实际。

(3) 教材中注意结合当前的具体问题做出分析，使学生能比较熟练地应用所学知识解决实际问题；从而努力做到既注重培养学生分析问题的能力，更注重培养学生解决问题的能力。

(4) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进；举一反三，突出重点；语言简练，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据具体教学计划适当取舍内容。

(5) 大部分教材配有电子教案，从而更好地服务教学。

为编写本套教材，作者们付出了艰辛的劳动，编委会的各位专家进行了悉心的指导和认真的审定。丛书中参考、借鉴了国内外同类的优秀教材和专著，在此一并表示感谢。

我们衷心希望更多的优秀教师参与到教材建设中来，真诚希望广大教师、学生与读者朋友在使用本丛书过程中提出宝贵意见和建议。

若有投稿或建议，请发电子邮件到 textbook@bhp.com.cn。谢谢！

面向 21 世纪高职高专电类系列规划教材编委会

前 言

本书是针对高等职业技术教育相关专业的学生编写而成。本书作者长期从事高职高专学生的单片机教学与科研工作，积累了丰富的教学经验。在这个基础上，作者参考众多单片机教学用书，结合职业技术教育的特点，编写了本书。

本书内容以 MCS-51 系列单片机为核心，包括单片机的基础知识、基本结构、指令系统与汇编语言程序设计、中断及定时、串行通信、系统扩展技术、控制系统设计技术等。大部分的例子都有较详细的设计要求，并进行设计思路分析，然后给出主要原理图和程序清单，包括详细注释等，而对时序等内容的叙述较少，主要是因为考虑到高职高专学生对这些内容理解起来有一定的困难，所以希望学生能够参照本书重现实例，通过实际的操作来促进对理论的理解。

本书可作为高职高专电类及机电类等专业的教材，建议教学参考学时数为 80 学时。希望通过该书的学习，能使读者在单片机技术应用方面具备一定的能力。

本书由韩全立（河南工业职业技术学院）、余华（武汉船舶职业技术学院）任主编，刘焕平（河北职业技术学院）、蔡建萍（中国地质大学机械电子工程学院）任副主编。参与本书编写的有韩全立、余华、刘焕平、蔡建萍、黄宗建、刘龙江、李晓玲等同志。在本书的编写过程中，得到了河南工业职业技术学院领导的大力支持。在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 概述.....1	3.2.3 直接寻址.....40
1.1 单片机的基础知识.....1	3.2.4 寄存器间接寻址.....41
1.1.1 单片机的组成.....1	3.2.5 变址寻址.....42
1.1.2 单片机的特点.....2	3.2.6 相对寻址.....42
1.1.3 单片机的应用领域.....3	3.2.7 位寻址.....43
1.1.4 单片机的未来.....3	3.3 指令系统.....43
1.1.5 常用术语.....4	3.3.1 数据传送类指令.....43
1.2 常用单片机系列简介.....4	3.3.2 算术运算类指令.....47
1.3 数制与码制.....6	3.3.3 逻辑运算类指令.....51
1.3.1 数制.....6	3.3.4 控制转移类指令.....53
1.3.2 不同数制间的转换.....8	3.3.5 位操作类指令.....58
1.3.3 二进制数的运算.....10	3.4 习题.....59
1.3.4 计算机中数的表示法.....12	第4章 汇编语言程序设计.....62
1.4 习题.....17	4.1 汇编语言程序设计基础.....62
第2章 MCS-51 系列单片机的基本结构.....18	4.1.1 伪指令.....62
2.1 MCS-51 系列单片机的性能及结构.....18	4.1.2 汇编语言源程序的汇编.....64
2.1.1 MCS-51 系列单片机的分类.....18	4.2 汇编语言程序设计的基本方法.....65
2.1.2 MCS-51 系列单片机的内部结构.....18	4.3 程序设计举例.....67
2.1.3 MCS-51 系列单片机的引脚 及功能简介.....19	4.3.1 顺序程序设计.....67
2.2 MCS-51 系列单片机的存储器结构.....21	4.3.2 分支程序设计.....67
2.2.1 存储器的基本知识.....21	4.3.3 循环程序设计.....70
2.2.2 单片机的存储器组织.....23	4.3.4 子程序及其调用.....73
2.2.3 部分特殊功能寄存器简介.....27	4.4 习题.....75
2.3 MCS-51 系列单片机的工作方式.....29	第5章 中断系统与定时/计数器.....76
2.3.1 中央处理器 CPU 及时序.....29	5.1 输入/输出控制方式.....76
2.3.2 MCS-51 系列单片机的工作方式.....33	5.2 中断系统.....77
2.4 习题.....36	5.2.1 中断的概念.....77
第3章 指令系统.....37	5.2.2 中断系统.....79
3.1 指令系统概述.....37	5.3 中断处理过程.....84
3.1.1 指令的基本格式.....37	5.3.1 中断响应.....84
3.1.2 指令的分类.....38	5.3.2 中断处理.....84
3.1.3 指令助记符中的常用符号.....38	5.3.3 中断返回.....85
3.1.4 程序的执行过程.....39	5.3.4 中断请求的撤销.....85
3.2 寻址方式.....39	5.3.5 中断响应时间.....85
3.2.1 立即寻址.....40	5.3.6 中断应用举例.....86
3.2.2 寄存器寻址.....40	5.4 定时/计数器.....87
	5.4.1 定时/计数器的结构及工作原理.....87

5.4.2	定时/计数器的模式寄存器 和控制寄存器	89
5.4.3	定时/计数器的工作模式	90
5.5	定时/计数器的应用举例	93
5.6	外部中断源的扩展	98
5.6.1	定时/计数器溢出中断作为 外部中断	98
5.6.2	采用中断和查询结合方式 扩展外部中断	98
5.7	习题	100
第 6 章	串行接口	102
6.1	串行通信的基本概念	102
6.1.1	数据通信	102
6.1.2	串行通信的基本概念	102
6.2	MCS-51 系列单片机串行接口	104
6.2.1	串行口的结构	104
6.2.2	串行口的工作方式	106
6.2.3	波特率的计算	108
6.3	串行口应用举例	109
6.4	习题	116
第 7 章	系统扩展及接口技术	118
7.1	系统扩展概述	118
7.1.1	单片机的最小系统	118
7.1.2	片外总线概述	118
7.1.3	常用地址锁存器	119
7.1.4	MCS-51 系列单片机系统 的扩展能力	120
7.1.5	MCS-51 系列单片机外部 扩展总线的驱动	120
7.2	程序存储器的扩展	120
7.2.1	典型程序存储器芯片	120
7.2.2	程序存储器的扩展方法	124
7.3	数据存储器的扩展	127
7.3.1	常用数据存储器芯片	127
7.3.2	数据存储器的扩展方法	128
7.3.3	存储器扩充时的译码方法	130
7.4	并行 I/O 口扩展	133
7.4.1	8255 通用并行接口芯片	133
7.4.2	8255 应用举例	138
7.5	人机接口扩展——键盘及显示器	141

7.5.1	键盘及其接口	141
7.5.2	LED 显示器及其接口	146
7.6	A/D 和 D/A 转换器接口功能的扩展	151
7.6.1	A/D 转换器接口	151
7.6.2	D/A 转换器接口	155
7.7	习题	160
第 8 章	单片机控制系统的设计与开发	161
8.1	单片机的选型	161
8.1.1	单片机的主要机种和机型	161
8.1.2	单片机的适应性	162
8.1.3	单片机的可购买性	163
8.1.4	单片机的可开发性	164
8.1.5	单片机制造商的历史	164
8.1.6	单片机选型的其他建议	164
8.2	单片机控制系统的设计方法	165
8.2.1	控制系统设计的内容和步骤	165
8.2.2	提高系统可靠性的常用方法	166
8.2.3	提高系统可靠性的其他方法	169
8.3	单片机在步进电动机控制中的应用	169
8.3.1	步进电动机的组成及工作原理	170
8.3.2	步进电动机的单片机控制	170
8.4	单片机在直流调速中的应用	178
8.4.1	直流电动机调速原理	178
8.4.2	单片机控制的脉宽调速系统	178
8.5	单片机控制系统的仿真调试	180
8.5.1	单片机开发系统	180
8.5.2	硬件调试	182
8.5.3	软件调试	183
8.5.4	综合调试	184
8.6	常用单片机开发系统简介	185
8.6.1	伟福 E2000 系列仿真器	185
8.6.2	EL 系列微机/单片机教学 实验开发系统	186
8.6.3	炜煌 WH-5000A/B “智能型” 多功能编程加密器	186
8.7	习题	187
附录 A	MCS-51 指令表	188
附录 B	MCS-51 指令编码表	193
附录 C	常用芯片引脚图	195
参考文献		200

第 1 章 概 述

计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路 4 个发展阶段。目前, 计算机正向着巨型化、微型化、网络化和智能化的方向发展。

作为微型计算机的重要分支, 自 1971 年世界上第一片微处理器芯片 INTER 4004 研制成功以来, 单片机技术也随之迅速发展。目前, 单片机技术作为一种非常有发展前景的计算机技术, 其应用已扩展到越来越多的领域。本书将以 MCS-51 系列单片机为模型, 介绍其结构、原理、系统设计与应用。

1.1 单片机的基础知识

1.1.1 单片机的组成

现代计算机经过了半个多世纪的发展, 其结构发生了重大变化。但冯·诺依曼提出的“存储程序”思想, 即程序和数据都被存放在内存中的工作方式, 仍然被现代微型计算机所采用。因此, 现代的微型计算机都可被称为冯·诺依曼型计算机。

冯·诺依曼型计算机的主要特点为: 采用二进制代替十进制进行运算和存储程序。人们将计算机要处理的数据和运算方法、步骤, 事先按计算机要执行的操作命令和有关原始数据编制成程序(二进制代码), 存放在计算机内部的存储器中, 计算机在运行时能够自动地、连续地从存储器中取出并执行, 不需人工加以干预。根据这种指导思想, 得出计算机的硬件系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 个部分组成。图 1-1 所示为计算机硬件系统的基本组成框图。

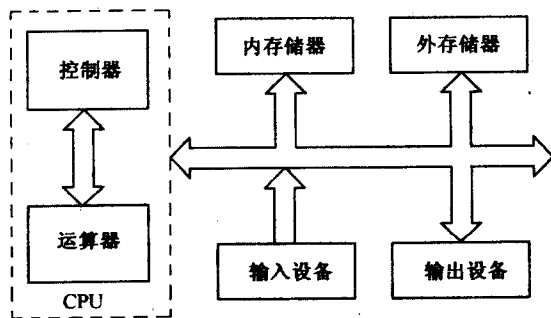


图 1-1 计算机硬件系统的基本组成框图

下面将组成计算机硬件系统的 5 个部分简单说明如下:

(1) 运算器

运算器由算术逻辑单元 (ALU)、累加器、数据缓冲寄存器和状态寄存器等组成。运算器在控制器的控制下, 用于实现算术和逻辑运算。计算机的数据运算和处理都在这里进行。

(2) 控制器

控制器是计算机的指挥控制部件, 它控制计算机各部分自动、协调地工作, 完成各种

操作。控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序电路和操作控制电路等组成。

控制器和运算器是计算机的核心部分，常把它们合在一起称为中央处理器，简称 CPU (Central Processing Unit)。

(3) 存储器

存储器为计算机的记忆部件，用于存放计算机的程序和数据。存储器又分为内存储器和外存储器。单片机常用的存储器有只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (RAM)。

ROM 中存放的信息具有只能读出而不能写入，并且掉电不丢失的特点，因此常用来存放固定不变的程序，所以有时直接称之为程序存储器；RAM 中存放的信息可随机“读出”或“写入”，但断电后信息会丢失，因此常用来存放一些需要临时保存的数据或运算的中间结果，所以有时直接称之为数据存储器。

(4) 输入设备

输入设备用于将数据和程序输入到计算机中，如键盘、鼠标、光电笔等。

(5) 输出设备

输出设备用于将计算机运算或处理的结果，以用户需要的形式显示或打印出来，如打印机、显示器、绘图仪等。

通常把输入设备和输出设备合在一起称为计算机的输入/输出设备或外部设备，简称 I/O 设备或计算机的“外设”。它们与计算机的 CPU 连接时需要通过相应的接口电路来完成。

所谓单片机，全称为单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)，是指在一块芯片上集成了 CPU、存储器、I/O 接口电路、定时/计数器、中断部件等，形成单芯片的、具备计算机基本功能的微型计算机。

1.1.2 单片机的特点

单片机实际上是在半导体集成技术发展一定程度，结合计算机的发展而出现的。自 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一片单片机 F8 之后，迄今为止，单片机经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机，甚至 32 位机的发展过程。目前，单片机正朝着高性能、多品种的方向发展，但是由于 8 位单片机在性能价格比上占有优势，而且 8 位增强型的单片机在速度和功能上已经能够向 16 位单片机挑战，因此，在未来相当长的时期内，8 位单片机仍然是工业控制的主力军。

由于单片机主要面向工业控制，工作环境比较恶劣，因此，单片机与通用微机相比，具有以下不同的技术特征：

①抗干扰能力强，工作温度范围宽。由于单片机是将计算机系统的多种功能部件集成在一块芯片上，所以，大大提高了单片机的抗干扰能力。此外，由于其体积小，易于采取屏蔽措施，因此，特别适合于复杂、恶劣的工作环境。目前，可以把单片机适用的环境温度划分为 3 个等级，即：民用级 $0\sim+70^{\circ}\text{C}$ ；工业级 $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ ；军用级 $-65\sim+125^{\circ}\text{C}$ 。相比之下，通用微机一般要求在室温下能够工作，抗干扰能力也较低。

②可靠性高。在工业控制中，任何细微的差错都可能造成极其严重的后果，因此，单片机系统一般都具有较高的可靠性。

③控制功能强，数值计算能力相对较差。由于单片机主要用于工业控制领域，因此其具有较强的控制功能。相比之下，通用微机控制能力较弱，但其具有很强的数值计算能力，

如果使用通用微机进行工业控制,就必须增加一些专用的接口电路。

④指令系统比通用微机的指令系统简单,并具有许多面向控制的指令。如单片机具有较为丰富的位操作指令等。

⑤性价比高。单片机的设计和制作技术使其价格明显降低,而其功能却是全面和完善的。

1.1.3 单片机的应用领域

单片机主要面向控制领域,能够实现系统的在线控制。目前,单片机的应用日益广泛,下面简单介绍其典型的应用领域。

①工业控制领域。单片机广泛应用于工业过程控制与监测、机电一体化系统、工业机器人等领域。例如,在数控机床的简易控制机中,采用单片机可提高控制机的可靠性,增强其功能,降低其成本等。

②家用电器领域。目前,各种家用电器普遍采用单片机控制系统。如洗衣机、电冰箱、微波炉、电视机、空调机等。

③办公自动化领域。现在,大多数办公设备都采用了单片机进行控制。如打印机、复印机、绘图仪、电话、传真机、考勤机等。

④商业营销领域。在商业营销系统广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等,都采用了单片机构成的专用系统。

⑤智能仪器仪表领域。采用单片机控制系统的电气测量仪表,可以使测量系统具有存储、数据处理、联网、语音等智能化功能。集成单片机的压力传感器还可以随钻机送至井下,从而报告井底的压力状况等。

⑥其他领域。另外,在汽车与航空航天器电子系统中的自动驾驶系统、通信系统、飞行监视器(黑匣子)等,都采用了单片机控制系统。使用单片机的模糊控制系统仍然是控制领域的前沿。

单片机的应用已经改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。以前需要硬件模拟电路来实现的部分功能,现在可以采用数字电路通过单片机编程控制来实现。由此,诞生了微控制技术,并且随着单片机技术的普及,微控制技术也必将不断地发展和完善。

1.1.4 单片机的未来

从单片机发展的趋势来说,单片机主要向着大容量高性能、小容量低价格、外围电路内装化方向发展。

①大容量高性能。单片机片内存储器的容量进一步扩大,存储器种类也从普通的 ROM 或 EPROM 向 Flash 和 EEPROM 方向发展,以实现在线编程功能。单片机 CPU 字长增加,总线速度提高,硬件功能扩充,指令执行速度加快。单片机对外部存储器、I/O 接口寻址能力增加,更有利于系统的扩展和开发。

②小容量低价格。在简单的单片机控制系统中,如智能玩具、IC 卡、家电等领域,由于其对控制功能要求不高,而价格、体积和功耗却要求大大降低,故单片机在小容量低价格方面有着广阔的前景。

③外围电路内装化。随着单片机的应用和发展,需要尽可能把众多的外围功能部件集

成在芯片内,如 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、PWM 发生器、声音发生器、监视定时器、电视机和录像机的锁相电路等等,均可集成在单片机内部。

1.1.5 常用术语

1. 字长

字长是指计算机的运算器能够同时处理的二进制数据的位数,它与计算机的功能和用途有很大关系。字长决定了计算机的运算速度,字长越长,数据总线宽度越宽,速度越快,且运算的精度相应越高。通常称 8 位二进制数为一个字节,以 B 表示。一般字长是字节的 1、2、4、8 倍。字长还决定了指令寻址的能力。当然字长越长,其硬件代价也越高。

2. 存储容量

存储容量是指存储器能够存储信息的总字节数。通常定义 8 位二进制数为一个字节,1024 个字节为 1K 字节(即 1KB),存储容量的单位还有 MB、GB 和 TB。它们之间的关系为:

$$1\text{KB}=1024\text{B}=2^{10}\text{B}$$

$$1\text{MB}=1024\text{KB}=2^{20}\text{B}$$

$$1\text{GB}=1024\text{MB}=2^{30}\text{B}$$

$$1\text{TB}=1024\text{GB}=2^{40}\text{B}$$

存储器的存储容量越大,存储的信息就越多,处理数据的范围就越广,但成本也越高,地址总线的位数也越多。

3. 总线

在计算机系统中,无论是计算机内部各部件之间,还是计算机与外部设备之间,数据的传送都是通过总线进行的。总线是信息传送的公共通道。每一位二进制数由总线中的一根线来传送。根据总线传输信息的内容不同,总线可分为数据总线、地址总线和控制总线。其中,数据总线是用来传送数据信息的,其位数与计算机字长相同,具有双向传输功能。地址总线是用来传送地址信息的,只有 CPU 的单向输出,其位数与存储容量有关。例如,1K 字节的存储容量,需要 10 根地址线。控制总线上传送的是控制信号,对每一个控制信号而言,方向是固定的,但对控制总线来说,其信息传输是双向的。

1.2 常用单片机系列简介

作为微型计算机的重要分支,自 1971 年世界上第一片微处理器芯片 INTER 4004 研制成功以来,单片机技术也随之迅速发展起来,1976 年美国 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。其后,单片机发展速度迅猛,拥有众多的系列,五花八门的机种。现就使用较多、影响较大的一些公司的产品简单介绍如下:

Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品,为主流型单片机。除了 Intel 公司外,还有 Philips、ATMEL、Siemens、AND、OKI、MATRA-MHS、Dallas、Sygnl 等公司都生产各种与 Intel 公司单片机兼容的产品。目前,Intel 公司的 51 系列单片机事实上已成

为其他 51 系列单片机的结构标准。表 1-1 列出了 Intel 公司主要的单片机系列产品。

表 1-1 Intel 公司主要的单片机系列产品

系列	型号	片内存储器		片外存储器 直接寻址范围		I/O 口线		中 断 源	定时/计 数器
		ROM/ EPROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行		
MCS-48	8048	1K/	64	256	4K	27		2	1×8
	8748	/1K	64	256	4K	27		2	1×8
	8035	—	64	256	4K	27		2	1×8
	8049	2K/	128	256	4K	27		2	1×8
	8749	/2K	128	256	4K	27		2	1×8
	8039	—	128	256	4K	27		2	1×8
MCS-51	8031	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	8051	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	8751	/4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	8032AH	—	256	64K	64K	32	UART	5	3×16
	8052AH	8K/	256	64K	64K	32	UART	5	3×16
	8752AH	/8K	256	64K	64K	32	UART	5	3×16
	80C31BH	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	80C51BH	4K/	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	87C51BH	/4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16
	80C252	—	256	64K	64K	32	UART	7	3×16
	83C252	8K/	256	64K	64K	32	UART	7	3×16
	87C252	/8K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16
MCS-96	8094	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16
	8095	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16
	8096	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16
	8097	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16
	8394	8K/	232	64K	64K	32	UART	8	4×16
	8395	8K/	232	64K	64K	32	UART	8	4×16
	8396	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16
	8397	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16
	8095BH	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16
	8396BH	8K/	232	64K	64K	48	UART	8	4×16
	8797BH	/8K	232	64K	64K	48	UART	8	4×16

近年来，由于低档 8 位单片机在性能/价格比上没有明显优势，除了老系统仍占有一定的市场外，已逐步被高档 8 位单片机所取代。16 位单片机虽早已推出，但因价格偏高等原因，应用不够广泛。在占国内主流的 Intel 公司系列单片机中，51 系列单片机及此系列的兼容机，尤为我国工程技术人员所推崇，其兴旺势头还会维持相当长一段时间。例如，AT89C 系列单片机就是 ATMEL 公司 1993 年开始研制生产的，且与 Intel 公司的 51 系列单片机完全兼容，其优越的性能/价格比使其成为颇受欢迎的 8 位单片机之一。

AT89C 系列单片机与 Intel 公司的 51 系列单片机相比有两大优势：第一，片内程序存储器采用闪速存储器（Flash），使程序的写入更加方便；第二，提供了更小尺寸的芯片（AT89C1051/2051），使整个硬件电路的体积更小。因此，近年来，AT89C 系列单片机在工业控制领域，以及在便携式商品、手提式仪器等领域得到了广泛应用。表 1-2 列出了 ATMEL 公司的 AT89C 系列单片机产品。

表 1-2 ATMEL 公司的 AT89C 系列单片机产品

型号	片内存储器		I/O 口线		中断源	定时/计数器	EEPROM
	RAM	Flash	并行口	串行口			
AT89C1051	64	1K	15	0	3	1	
AT89C2051	128	2K	15	1	6	2	
AT89C51	128	4K	32	1	6	2	
AT89C52	256	8K	32	1	8	3	
AT89S252	256	8K	32	1	9	3	2K

1.3 数制与码制

在日常生活中，人们最熟悉、使用最多的是十进制，但在计算机中所使用的是二进制“0”和“1”，即输入计算机系统内部的各种信息，包括使用的所有指令或数据均采用二进制代码，二进制是数字计算机惟一能识别的机器语言。计算机需要处理的数字、字母、符号等信息，都必须采用二进制的形式来表示。在编程时，为了阅读和书写方便，人们还常用十六进制来表示二进制数。

1.3.1 数制

我们最熟悉的是十进制数，这是一种基数为 10 的数制，逢十进一。除此之外，我们还会用到八进制、十六进制等。在计算机中，常用的有二进制、八进制、十进制和十六进制，为了区别不同的进位计数制，我们一般在数字后面加上数制，如：2 代表二进制、16 代表十六进制等；也可以用字母来表示数制，如 B（Binary）代表二进制、O（Octal）代表八进制、D（Decimal）代表十进制、H（Hexadecimal）代表十六进制。

1. 十进制

十进制数有两个主要特点：

①有 10 个不同的数字符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9；

②低位向高位进位规律是“逢十进一”。

因此，同一个数字符号在不同的数位所代表的数值是不同的。例如：156.87 可以写成：

$$156.87 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

式中的 10 称为十进制数的基数， 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为各数位的权。不难看出，每个十进制数字所表示的值是该数字与它相应的权的乘积。

2. 二进制

二进制与十进制很相似。二进制的数码只有两个，分别用 0、1 表示，计数采用“逢二进一”的规则，基数为 2，各数位的权表示以“2”为底的幂。例如，有一个二进制数，可求得与它等价的十进制数。它的多项式表示形式如下：

$$\begin{aligned} (10101.01)_2 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= (16 + 0 + 4 + 0 + 1 + 0 + 0.25)_{10} = (21.25)_{10} \end{aligned}$$

我们将一个二进制位称为位或比特 (Bit)，且对特定位数的二进制数有如下定义：

4 位二进制数称为半个字节；

8 位二进制数称为一个字节；

16 位二进制数称为一个字；

32 位二进制数称为一个双字。

一般将数最左边的位，称为最高有效位，记为 MSB (Most Significant Bit)；最右边的位称为最低有效位，记为 LSB (Least Significant Bit)。表 1-3 给出了二进制数各位的权值。

表 1-3 二进制数各位的权值

位	权值	位	权值	位	权值
2^0	1	2^7	128	2^{14}	16384
2^1	2	2^8	256	2^{15}	32768
2^2	4	2^9	512	2^{-1}	0.5
2^3	8	2^{10}	1024	2^{-2}	0.25
2^4	16	2^{11}	2048	2^{-3}	0.125
2^5	32	2^{12}	4096	2^{-4}	0.0625
2^6	64	2^{13}	8192	2^{-5}	0.03125

3. 八进制

同理，八进制数的数码有 8 个，分别用 0、1、2、3、4、5、6、7 表示，计数规则为“逢八进一”，基数为 8，各数位的权表示以“8”为底的幂。

4. 十六进制

十六进制数的数码有 16 个，分别用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 表示，计数规则采用“逢十六进一”，基数为 16，各数位的权表示以“16”为底的幂。

1.3.2 不同数制间的转换

1. 十进制转换成其他进制

十进制转换成其他进制时，需要将整数部分和小数部分分开，采用不同的方法分别进行转换，然后用小数点将这两部分连接起来。

(1) 十进制整数部分的转换

十进制数整数部分的转换采用基数连除法，即逐次除基数，得出的余数，就是这个基数的转换编码。转换的过程如下：

- ①用基数除十进制数整数部分；
 - ②保留余数（第一次求得的余数，作为转换编码的最低数字）；
 - ③重复执行上述过程，直到商为0。最后，从底开始向上读取余数，即得转换结果。
- 这种转换过程，由于连续使用基数作除法运算，故称为基数连除法。
基数连除法的转换过程可表述为：作除法，要余数，从底向高排。
例如，若将十进制整数 165 转换成二进制，可写成如下形式：

$$\begin{array}{rcl}
 2 & \overline{)165} & \cdots \text{余 } 1 \\
 2 & \overline{)82} & \cdots \text{余 } 0 \\
 2 & \overline{)41} & \cdots \text{余 } 1 \\
 2 & \overline{)20} & \cdots \text{余 } 0 \\
 2 & \overline{)10} & \cdots \text{余 } 0 \\
 2 & \overline{)5} & \cdots \text{余 } 1 \\
 2 & \overline{)2} & \cdots \text{余 } 0 \\
 1 & & \cdots \text{余 } 1
 \end{array}$$

$$\therefore (165)_{10} = (10100101)_2$$

若将十进制整数 165 转换成八进制，可写成如下形式：

$$\begin{array}{rcl}
 8 & \overline{)165} & \cdots \text{余 } 5 \\
 8 & \overline{)20} & \cdots \text{余 } 4 \\
 2 & & \cdots \text{余 } 2
 \end{array}$$

$$\therefore (165)_{10} = (245)_8$$

若将十进制整数 165 转换成十六进制，可写成如下形式：

$$\begin{array}{rcl}
 16 & \overline{)165} & \cdots \text{余 } 5 \\
 10 & & \cdots \text{余 } 10
 \end{array}$$

$$\therefore (165)_{10} = (A5)_{16}$$

(2) 十进制小数部分的转换

十进制数小数部分转换的方法是采用逐次乘以基数，每次乘积的整数部分，就是这个基数的转换编码。转换的过程如下：

①用基数乘以十进制小数部分；

②保留乘积的整数部分（0也包括在内）作为结果的一位；

③重复执行上述过程，直到小数部分为0或达到转换要求保留小数的精度为止。

这种转换过程，由于连续使用基数作乘法运算，故称为基数连乘法。

基数连乘法的转换过程可表述为：作乘法，要整数，从前向后排。

例如，若将十进制小数 0.375 转换成十六进制，可写成如下形式：

$$0.375 \times 16 = 6.0 \quad \text{积的整数部分}=6$$

此时，小数部分已经为0，可得转换结果：

$$(0.375)_{10} = (0.6)_{16}$$

若将十进制小数 0.375 转换成八进制，可写成如下形式：

$$0.375 \times 8 = 3.0 \quad \text{积的整数部分}=3$$

此时，小数部分已经为0，可得转换结果：

$$(0.375)_{10} = (0.3)_8$$

若将十进制小数 0.375 转换成二进制，可写成如下形式：

$$0.375 \times 2 = 0.75 \quad \text{积的整数部分}=0$$

$$0.75 \times 2 = 1.5 \quad \text{积的整数部分}=1$$

$$0.5 \times 2 = 1.0 \quad \text{积的整数部分}=1$$

此时，小数部分已经为0，可得转换结果：

$$(0.375)_{10} = (0.011)_2$$

2. 其他任意进制转换成十进制

任意进制转换成十进制数时，取决于每一位对应的权值。其作法是：先将每一位数与该位对应的权相乘，然后将这些乘积加起来就得到等价的十进制数。

例如，将二进制数 100111.11 转换成十进制，可写成如下形式：

$$\begin{aligned} (100111.11)_2 &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 32 + 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= (39.75)_{10} \end{aligned}$$

若将八进制数 367.12 转换成十进制，可写成如下形式：

$$(367.12)_8 = 3 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} = (247.15625)_{10}$$

若将十六进制数 3A.19 转换成十进制，可写成如下形式：

$$(3A.19)_{16} = 3 \times 16^1 + A \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 9 \times 16^{-2} = (58.09765625)_{10}$$

3. 任意进制之间的转换

二进制与八进制、二进制与十六进制的位数之间存在着一种特殊规律，即 3 位二进制数对应一位八进制数，4 位二进制数对应一位十六进制数。也就是说，一位八进制数可用 3