

“十一五”技能型高职高专规划教材
计算机系列

单片机原理与应用

李丹明 主 编
张水利 宋 涛 副主编



南京大学出版社

“十一五”技能型高职高专规划教材·计算机系列

单片机原理与应用

李丹明 主 编

张水利 宋 涛 副主编

南京大学出版社

内 容 简 介

本书以简明的语言系统地阐述了 Intel 公司 MCS-51 单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、存储器的扩展技术、接口技术、串行通信等知识,并对 AT89C 系列单片机、ARM 系列单片机、8XC552 系列单片机、PIC 系列单片机、AVR 系列单片机作了简要介绍。

本书深入浅出、层次分明、实例丰富、通俗易懂、注重应用、可操作性强,适合高职高专电子与信息技术、自动化、机电一体化、计算机以及相关专业的教材,也可作为从事电子技术、单片机技术的工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/李丹明主编. — 南京:南京大学出版社, 2007.5

“十一五”技能型高职高专规划教材·计算机系列

ISBN 978-7-305-04946-0

I. 单... II. 李... 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(2007)第 059758 号

出 版 者 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号

邮 编 210093

网 址 <http://press.nju.edu.cn>

出 版 人 左 健

丛 书 名 “十一五”技能型高职高专规划教材·计算机系列

书 名 单片机原理与应用

主 编 李丹明

副 主 编 张水利 宋涛

责任编辑 徐燕华

编辑热线 025-83595844

照 排 南京海洋电脑制版有限公司

印 刷 江苏富宁书刊印刷有限公司(阜宁县益林镇建益路 1 号 224421)

开 本 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 317 千字

版 次 2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-04946-0

定 价 20.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮箱 sales@press.nju.edu.cn(销售部)

nupress1@publicl.ptt.js.cn

《“十一五”技能型高职高专规划教材》

编审委员会

- 主任：薛向阳 复旦大学
闪四清 北京航空航天大学
- 副主任：罗怡桂 同济大学计算机学院
崔洪斌 河北工业大学
郭 军 北京邮电大学信息工程学院

委员(以下排名不分先后):

- 刘永华 山东潍坊学院
张孝强 南京邮电大学
刘晓悦 河北理工大学计控学院
白中英 北京邮电大学计算机学院
王相林 杭州电子科技大学
申浩如 昆明学院
刘 悦 济南大学信息科学与工程学院
孙一林 北京师范大学信息科学与技术学院
陆 斐 东南大学
吴立军 浙江大学科技学院
徐 健 山东莱芜职业技术学院
李丹明 山东经贸职业学院

丛书序

《国务院关于大力发展职业教育的决定》(以下简称《决定》)指出,“职业教育仍然是我国教育事业的薄弱环节,发展不平衡,投入不足,办学条件比较差,办学机制以及人才培养的规模、结构、质量还不能适应经济社会发展的需要”。为了适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,要求大力发展职业教育。

《决定》进一步指出,发展职业教育,要坚持以就业为导向,深化职业教育教学改革。职业院校的课程要体现“职业性”,即把提高学生的职业能力放在突出的位置,围绕职业实际需求,培养适应生产、建设、管理、服务一线需要的技术应用型人才。

许多教师发现,在企业只需几个月就能熟练掌握的技能,学生在职业院校学习了3年后还不能熟练掌握。这一现象引起许多职业院校的巨大震动。当然,我们可以认为这是学校的实训设备不足所致,但许多设备充足的院校同样存在这一问题。

从学生以后将面临的复杂多变的就业环境看,职业能力强的学生无疑更具有就业竞争力,发展专深的职业能力也是十分必要的。

因此,我们顺应国家“十一五”规划的大局,在教育界相关专家的建议与指导下,由广大学校的老师结合本校的教学改革和精品课程建设,适时规划了这一系列教材,以顺应高等职业教育改革和发展的需要。

本套教材具有如下特色。

1. 以就业为导向——企业专家与“双师型”老师密切合作

参与本系列教材编写的老师均为“双师型”老师。这些老师既具有企业的从业经验,全面了解企业对人才的实际需求状况,知道企业真正需要的是哪些知识模块,又具有丰富的教学经验以及创新的课堂授课教学方法,使经验、知识和教学方法有机结合在一起。

为了更好地满足社会的需要,我们还邀请了一大批企业专家,与老师一起,对教材的内容进行认真分析与研讨,共同打造兼具实用性、创新性,反映最新教改成果,体现先进技术的技能型教材。

2. 全新的教学模式——推进现代教育技术在教学中的应用

本系列教材,要求实验采用全程录像的方式,实例采用视频演示的方式来讲授。每本书均配一张光盘,提供课堂实例的多媒体视频演示与实验的全程录像,更方便老师授课和学生自主学习,也推进了现代教育技术在教学中的应用。

同时,对于实验条件相对落后的学校来说,也是一个很好的互补。学生通过实验录像,可以看到真实的实验环境,巩固学习效果。

3. “职业性”设计实例与实验——重视对学生职业技能的培养与训练

本系列教材的编写以“提高学生实践能力，培养学生的职业技能”为宗旨，按照企业对高职高专学生的实际需求，以“项目驱动法”来设计实例与实验，使学生能够在了解相关理论的基础上，具备相应的实际操作技能。

4. “双证书”设计内容与习题——增强学生就业竞争力

本系列教材在编写时也充分考虑到了相关行业的职业资格认证要求，对与职业资格认证有关的课程，在内容安排和习题设置上与相关认证紧密结合，使学生对相关职业资格认证有一个清晰的了解，以帮助学生获取“双证书”——学历证书和职业资格证书，增强学生的就业竞争力。

5. 立体化的教学资源网——提供网站优质服务与教学支持

面对“十一五”规划的新形势，为了继续深化课程与教学改革，更深入地解决课改与教改中的重点与难点问题，为中国职业教育的发展提供精工细做的食粮，我们不仅提供优秀的纸质主教材，还提供电子教案、教学大纲、实验录像、视频演示、网络课程等教学配套资源，形成纸质出版物、电子音像与网络出版物等有机结合的立体化教学解决方案。

前 言

单片微型计算机简称单片机,是典型的嵌入式微控制器。单片机具有集成度高、功能强、结构简单、易于掌握、应用灵活、可靠性高、价格低廉等优点,在工业控制、机电一体化、通信终端、智能仪表、家用电器等诸多领域中得到了广泛应用,已成为传统机电设备进化为智能化机电设备的重要手段。

本书的编写力求循循善诱、浅显易懂,注重学生科学的思维方法和学习能力,系统、全面地介绍 MCS-51 单片机的结构原理和应用技术。全书共分 11 章,第 1 章介绍单片机的基础知识,包括计算机中的数制与编码、单片机的发展概况;第 2 章介绍 MCS-51 单片机的结构;第 3 章介绍 MCS-51 单片机指令系统;第 4 章介绍 MCS-51 单片机汇编语言程序设计的基本技术;第 5 章介绍 MCS-51 单片机的中断系统;第 6 章介绍 MCS-51 单片机的定时器/计数器;第 7 章介绍 MCS-51 单片机的串行通信技术;第 8 章介绍 MCS-51 单片机系统的扩展技术;第 9、10 章介绍 MCS-51 单片机的接口技术;第 11 章简要介绍了 AT89C、8XC552、PIC、AVR、ARM 等系列单片机的内部结构和主要性能特点。

本书由山东经贸职业学院李丹明、史严梅,山东水利职业学院张水利、鲁冠华、刘星,淄博职业学院宋涛,潍坊职业学院李海涛共同编写,李丹明任主编,张水利、宋涛任副主编,全书由李丹明统一整理。在编写过程中,我们参考了有关书刊、资料,在此对有关作者一并表示感谢。

由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 3 月

目 录

第1章 单片机基础..... 1	2.6 单片机最小系统.....31
1.1 单片机概述.....1	2.6.1 复位电路.....31
1.1.1 微型计算机概述..... 1	2.6.2 时钟电路.....32
1.1.2 单片机的定义.....2	2.6.3 单片机最小系统.....32
1.1.3 单片机的基本结构.....3	2.7 单片机的工作方式.....33
1.1.4 单片机的发展.....4	2.7.1 程序执行方式.....33
1.1.5 单片机的发展趋势.....5	2.7.2 低功耗工作方式.....33
1.1.6 单片机的特点及应用.....5	2.7.3 编程和校验方式.....34
1.2 微型计算机运算基础.....6	复习思考题.....34
1.2.1 数制及转换.....6	第3章 MCS-51 单片机指令系统..... 35
1.2.2 数的运算.....9	3.1 概述.....35
1.2.3 带符号数的表示.....11	3.1.1 指令格式.....35
1.2.4 定点数与浮点数.....12	3.1.2 常用符号说明.....36
1.2.5 信息编码.....13	3.2 MCS-51 的寻址方式.....37
复习思考题.....15	3.2.1 寄存器寻址.....37
第2章 MCS-51 单片机的结构与原理... 16	3.2.2 直接寻址.....37
2.1 MCS-51 单片机的结构.....16	3.2.3 寄存器间接寻址.....37
2.1.1 MCS-51 单片机的内部结构.....16	3.2.4 立即寻址.....38
2.1.2 MCS-51 单片机的引脚及功能...18	3.2.5 变址寻址.....38
2.2 CPU 及总线.....20	3.2.6 相对寻址.....38
2.2.1 CPU.....20	3.2.7 位寻址.....39
2.2.2 总线.....21	3.3 MCS-51 的指令系统.....39
2.3 存储器结构.....22	3.3.1 数据传送类指令.....39
2.3.1 程序存储器.....22	3.3.2 算术运算类指令.....43
2.3.2 数据存储器.....23	3.3.3 逻辑运算类指令.....46
2.4 PIO 端口.....27	3.3.4 控制转移类指令.....49
2.4.1 P0 口.....27	3.3.5 位操作类指令.....51
2.4.2 P1 口.....28	复习思考题.....53
2.4.3 P2 口.....28	第4章 MCS-51 汇编语言程序设计..... 57
2.4.4 P3 口.....29	4.1 程序设计语言.....57
2.5 CPU 时序.....29	4.2 汇编系统.....58
2.5.1 机器周期.....29	4.2.1 伪指令.....58
2.5.2 常用时序.....30	4.2.2 源程序的编辑.....60

4.2.3 源程序的汇编	60	7.1.1 并行通信与串行通信	104
4.3 汇编语言程序设计	61	7.1.2 串行通信的传输方式	105
4.3.1 编程的步骤、方法和技巧	61	7.1.3 异步通信和同步通信	105
4.3.2 汇编语言的基本结构	63	7.1.4 串行通信的过程	107
4.3.3 汇编程序设计示例	64	7.1.5 串行通信协议	108
复习思考题	75	7.2 串行口及应用	109
第5章 MCS-51 单片机的中断系统	77	7.2.1 MCS-51 串行口	109
5.1 MCS-51 中断系统	77	7.2.2 MCS-51 串行口的应用	116
5.1.1 中断系统概述	77	7.3 RS-232C 接口总线及串行	
5.1.2 中断源及中断矢量地址	79	通信硬件设计	121
5.1.3 中断系统的控制	80	7.3.1 RS-232C 接口总线	121
5.1.4 中断响应过程	83	7.3.2 接口电平转换	122
5.2 中断系统的应用	86	7.3.3 RS-232C 的应用	123
5.2.1 中断服务程序	86	7.3.4 单片机与 PC 机通信	
5.2.2 中断的扩展方法	87	的接口电路	125
5.2.3 中断系统应用举例	89	7.4 8051 间的点对点异步通信	127
复习思考题	90	7.4.1 通信协议	127
第6章 显示系统	92	7.4.2 波特率的设置	127
6.1 定时器概述	92	7.4.3 通信程序举例	128
6.1.1 定时的方法	92	复习思考题	131
6.1.2 MCS-51 的定时器/计数器	93	第8章 MCS-51 单片机存储器	
6.1.3 定时器/计数器的工作原理	94	的系统扩展	133
6.2 定时器的控制	94	8.1 外部存储器的扩展	133
6.2.1 初始值的设置	94	8.1.1 程序存储器的扩展	134
6.2.2 定时器/计数器工作方式		8.1.2 数据存储器的扩展	138
寄存器	95	8.2 8255A 可编程并行 I/O 的扩展	140
6.2.3 定时器/计数器控制寄存器	96	8.2.1 8255A 的结构和引脚	140
6.3 定时器/计数器的工作方式		8.2.2 8255A 的控制字	
及应用	97	及其工作方式	142
6.3.1 工作方式 0 及应用	97	8.2.3 8255A 的应用	144
6.3.2 工作方式 1 及应用	99	8.3 8155 可编程并行 I/O 的扩展	145
6.3.3 工作方式 2 及应用	99	8.3.1 8155 的结构和引脚	145
6.3.4 工作方式 3 及应用	101	8.3.2 8155 的 RAM 和 I/O 口	
复习思考题	103	地址编码	147
第7章 MCS-51 串行口		8.3.3 8155 的工作方式与基本	
及其串行通信	104	操作	147
7.1 串行通信基本知识	104	8.3.4 单片机与 8155 接口	150
		8.3.5 初始化编程举例	151
		复习思考题	151



第9章 人机联系接口技术.....	153	10.4.2 MCS-51 对 AD574A 的接口.....	177
9.1 键盘接口	153	复习思考题	180
9.1.1 键盘的工作原理	154	第11章 新型单片机简介	181
9.1.2 键盘接口及程序设计	156	11.1 AT89C 系列单片机	181
9.2 打印机接口	158	11.1.1 AT89C51 单片机	181
9.2.1 微型打印机简介	158	11.1.2 AT89C2051 单片机	182
9.2.2 电路连接与打印驱动程序	159	11.2 8XC552 系列单片机	184
9.3 显示器接口	160	11.2.1 8XC552 系列单片机 的性能及特点	184
9.3.1 LED 显示器及接口方法	160	11.2.2 8XC552 的内部结构 及引脚	184
9.3.2 8155 作为 LED 显示器接口 及其显示程序	163	11.3 PIC 系列单片机	187
复习思考题	165	11.3.1 PIC 单片机概述	188
第10章 MCS-51 对 A/D 和 D/A 的接口	166	11.3.2 PIC 单片机的结构	189
10.1 D/A 转换器	166	11.4 AVR 系列单片机	191
10.1.1 DAC 性能指标	167	11.4.1 AVR 单片机概述	191
10.1.2 典型 D/A 转换芯片 DAC0832	167	11.4.2 AVR 单片机的结构	192
10.2 MCS-51 对 8 位 DAC 的接口	169	11.5 ARM 系列单片机	195
10.2.1 直接方式	169	11.5.1 ARM 简介	195
10.2.2 单缓冲方式	169	11.5.2 ARM 微处理器的特点 及应用	195
10.2.3 双缓冲方式	171	11.5.3 ARM 系列芯片	196
10.3 A/D 转换器	172	11.5.4 ARM 微处理器结构	199
10.3.1 ADC0808、ADC0809 的主要功能	172	复习思考题	200
10.3.2 ADC0809 的内部结构	173	附录 MCS-51 指令表	201
10.3.3 引脚的功能	173	参考文献	207
10.4 MCS-51 对 A/D 的接口	174		
10.4.1 MCS-51 对 ADC0809 的接口	175		

第1章

单片机基础

学习内容

本章主要学习单片机的基本结构、特点、发展过程和趋势及应用场合等，还学习数制与转换、数的运算、数的表示、信息编码等微型计算机内部与运算相关的内容。

学习要求

- **了解：**微型计算机的发展历史和发展方向。
- **掌握：**数制及相互转换的方法，计算机中数的表示方法，计算机中信息的编码方法，单片机的基本结构、特点及应用场合。

1.1 单片机概述

1.1.1 微型计算机概述

世界上第一台电子计算机被称为 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)，是 1946 年由美国宾夕法尼亚大学研制的。这台计算机既昂贵、笨重，运算速度也低，字长不够长，而且耗电多，但它却是今天大小不一、花样繁多的各种类型电子计算机的先驱，为计算机技术的发展奠定了基础。如果称这台 ENIAC 为第一代电子计算机的话，计算机至今已发展至第四代(超大规模集成电路计算机)。

第一代(1946—1958 年)是电子管计算机。计算机的逻辑元件采用电子管，主存储器采用磁鼓、磁芯，外存储器已开始采用磁带；软件主要用机器语言编写，后期逐步发展出汇编语言。第一代计算机主要用于科学计算。

第二代(1958—1964 年)是晶体管计算机。计算机的逻辑元件采用晶体管，主存储器采用磁

芯,外存储器已开始使用磁盘;软件已开始有很大的发展,出现了各种高级语言及编译程序。此时,计算机运算速度明显提高,同时耗电下降,寿命提高。计算机已发展到用于各种事务处理,并开始用于工业控制。

第三代(1964—1971年)是集成电路计算机。计算机的逻辑元件采用小规模和中规模集成电路,即所谓的SSI和MSI;软件发展更快,已有分时操作系统。第三代计算机的应用范围日益扩大。

第四代(1971年以后)是大规模集成电路计算机。计算机的逻辑元件采用大规模集成电路——所谓的大规模集成电路(LSI)是指在单片硅片上可集成1 000~20 000个晶体管的集成电路。由于LSI的体积小,耗能减少,可靠性高,因而促使计算机以极快的速度发展。

在20世纪80年代,日、美、欧部分国家提出发展生物、光学等第五代智能化计算机,只是目前尚无较大突破。目前计算机的发展方向一是向大型、巨型化发展,二是向小型、微型化发展。

1. 大型、巨型计算机

为适应现代科学技术发展的需要,要求计算机提高运算速度,加大主存储器容量。为此出现了大型和巨型计算机,如美国的克雷公司生产的Cray-1、Cray-2、Cray-3巨型计算机,我国的银河Ⅲ、曙光3000、神威等并行巨型计算机,其中曙光3000的峰值浮点运算达4 032亿次/秒,在世界五百强中排名第48位。目前,只有少数几个国家有能力生产巨型计算机,它象征着一个国家的科技实力。

2. 小型、微型计算机

大型机速度快、容量大,解决了过去无法计算的实时问题和复杂的数学问题,但是由于设备庞大、价格昂贵,给普及和应用带来了一定的困难;另一方面,为了适应宇航、导弹技术及一般应用的要求,体积小、造价低、高可靠性就成了问题的关键。小型机特别是微型机的出现有效地解决了这个问题。

所谓的微型计算机(Microcomputer,简称MC)是指把计算机的心脏——中央处理器(CPU)集成在一小块硅片上。为了区别于大、中、小型计算机的CPU,微型计算机的CPU芯片被称为微处理器(MPU, Microprocessing Unit或Microprocessor)。

微型计算机除有MPU作为中央处理器以外,还有以大规模集成电路制成的主存储器和输入/输出接口电路,三者之间采用总线结构连接起来,如果再配上相应的外围设备,如显示器、键盘及打印机等,就构成了微型计算机系统(Microcomputer System)。

1.1.2 单片机的定义

单片机是单片微型计算机(SCM, Single Chip Microcomputer)的简称,它是把组成微型计算机的各部件,包括中央处理器、存储器、输入/输出接口电路、定时器/计数器等制作在一块集



成电路芯片中，构成一个完整的微型计算机。

由于单片机主要应用于控制领域，用以实现各种测试和控制功能，因而其更确切的名称是微控制器(MCU, Micro Controller Unit)。在国际上，正逐渐用 MCU 代替 SCM 这一名称。

到目前为止，世界各大半导体公司推出的单片机已有几十个系列、几百个品种，比较著名的有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6800 系列、Zilog 公司的 Z8 系列、Rockwell 公司的 6500 系列等。

尽管单片机品种、系列繁多，但基本原理有许多相近之处，本书主要以目前应用最广泛的 MCS-51 为例，讲述其结构、原理、编程和应用。

1.1.3 单片机的基本结构

单片机的基本结构如图 1-1 所示。

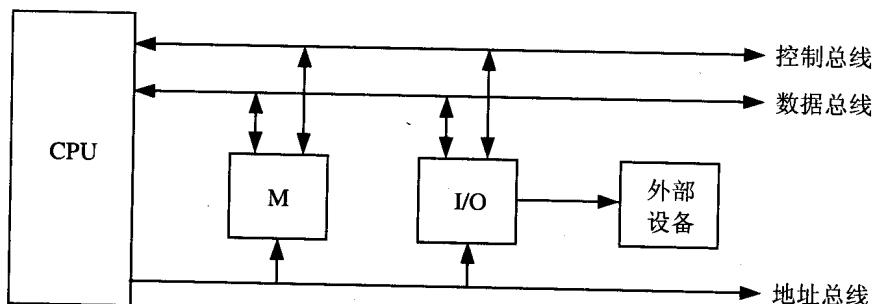


图 1-1 单片机的基本结构

1. CPU

CPU 是 Central Processing Unit 的缩写，通常译作中央处理器，它是单片机的核心部件，主要由运算器和控制器两部分组成，实现算术逻辑运算及整个单片机的控制功能。

CPU 不断地从程序存储器中取出指令并进行分析，然后根据指令要求进行运算或者发出控制信号，使单片机的有关部件及设备有条不紊地工作，从而保证单片机能够自动、连续、协调地运行。

2. M

M 是 Memory 的缩写，称作存储器，是具有记忆功能的部件，用来存储程序和数据。单片机中的存储器按其工作方式可分为 ROM 和 RAM 两种：ROM 是 Read Only Memory 的简称，即只读存储器，主要用来存放程序及固定数据；RAM 是 Random Access Memory 的简称，称作随机存取存储器，简称随机存储器，主要用来存储随机变化的数据。

存储器中最小的存储单元称作位(bit)，可存储 1 位二进制信息。由于目前常用的 8 位单片机能够同时处理 8 位数据，所以在存取数据时，一般是以 8 位为单位进行的。我们将 8 位二进

制位组合而形成的存储单元称作字节(Byte),而在16位计算机中,为了表示方便,也通常将16位二进制位称作字(Word)。

在数据存取时,每个存储单元都有一个编号,称作地址(Address)。同样,存储单元的地址也是以二进制来表示的,单片机包含的存储单元越多,需要地址码的位数也就越多。例如,如果某单片机的地址采用16位二进制数表示,则其最大范围为0000H~FFFFH,最多可有 $2^{16}=65\,536$ 个地址单元。

3. I/O

I/O是Input/Output的缩写,即输入/输出单元,用来连接单片机与外部设备,完成信息的输入与输出。根据工作方式的不同,单片机中常用的输入/输出单元有PIO和SIO两种:PIO是Parallel Input Output的缩写,称作并行输入/输出接口,能够同时输入/输出多位数据,当然同外部设备之间也需要连接多根数据线;SIO是Serial Input Output的缩写,称作串行输入/输出接口,每次只能输入或者输出一位数据,同外部设备之间只需连接一根或两根数据线。

通常情况下,若单片机与外部设备之间的距离较近,为提高通信速度,常采用PIO连接;若距离较远,为简化连接关系,则采用SIO连接。

4. 总线

总线是单片机的CPU与其他各部件之间进行通信的公共通道。根据传递信息的不同,总线主要可分为数据总线(Data Bus)、地址总线(Address Bus)和控制总线(Control Bus)3种:数据总线用来传递数据,地址总线用来给出各单元的地址,而控制总线则用来传输控制信号,协调整个单片机的工作。

1.1.4 单片机的发展

1971年,Intel公司推出了第一块4位微处理器之后,单片机迅速发展,广泛用于工业自动化控制领域。

1.4位单片机

1971年11月,Intel公司设计生产了集成度为2000支晶体管的4位微处理器4004,并配有RAM、ROM和移位寄存器,构成第一台MCS-4微处理器。这种微处理器虽仅用于简单控制,但价格低廉,所以至今仍有多功能的4位机问世。

2.8位单片机

1974年,Intel公司又推出了8位单片机MCS-48,虽然不带串行接口,寻址能力也不到4KB,但仍可满足一般的工业控制和智能化仪表的需要。1978年,Intel公司发布了高档8位单片机MCS-51,寻址能力达到了64KB,中断系统、定时器/计数器等性能也均有很大程度的提



高。目前该系列的芯片仍在广泛应用。此外，世界上一些知名的电子电路厂商也都有自己的 8 位单片机芯片，占据了部分市场份额。

3. 16 位单片机

1982 年，Mostek 公司首先推出了 16 位单片机 68200，随后 Intel 公司于 1983 年推出了 MCS-96 系列 16 位单片机，其他公司也相继推出了同档次的产品。由于 16 位单片机采用了最新的制造工艺，所以其计算速度和控制功能大幅度提高，具有很强的实时处理能力。

4. 32 位单片机

1988 年，Intel 公司推出了 MCS960 系列 32 位单片机，它采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer)指令体系，系统结构也大大区别于以往的单片机，运算性能得到极大的提高，但目前在国内应用较少。1991 年，ARM 公司的 ARM6 问世，随后又推出了 ARM7 和 ARM9 系列。进入 21 世纪，ARM 系列芯片迅速发展，目前已占据了 32 位 RISC 微处理器市场份额的 75%，成为高端微处理器的主要代表。

1.1.5 单片机的发展趋势

从单片机的发展趋势来看，一方面是不断增加位数，以提高其运算速度及存储器容量；另一方面是向高集成化、低功耗、低价格方向发展，同时其控制功能不断增加，片内集成了 PWM 输出、监视定时器 WDT、可编程计数器阵列 PCA、DMA 传输、调制解调器等，使得单片机在大量数据的实时处理、高级通信系统、数字信号处理、复杂工业过程控制、高级机器人以及局域网等方面得到了大量应用。

1.1.6 单片机的特点及应用

因为单片机具有体积小、重量轻、价格廉、功耗低、性能价格比高等特点，其数据大都在单片机内部传送，运行速度快，抗干扰能力强，可靠性高，而且每一种单片机都是一个系列，包括若干个品种，结构灵活，易于组成各种微机应用系统，所以它在国民经济、军事及家用电器等领域均得到了广泛应用。

根据单片机的特点，其应用主要包括单机应用和多机应用两个方面。

1. 单机应用

在一个应用系统中，只用一个单片机是应用最多的方式，主要应用领域有：

- 测控系统。用单片机可构成各种工业控制系统、自适应系统、数据采集系统等。例如，温室人工气候控制、水闸自动控制、电镀生产线自动控制等。

- 智能仪表。用单片机改造原有的测量、控制仪表，能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展。例如，温度、压力、流量、浓度等的测量、显示及仪表控制，可使仪表中长期存在的误差修正、线性化处理等难题迎刃而解。
- 机电一体化产品。单片机与传统的机械产品结合，使传统机械产品结构简化、控制智能化。这类产品有简易数控机床、电脑绣花机、医疗器械等。
- 智能接口。在计算机控制系统(特别是较大型的工业测控系统)中，普遍采用单片机进行接口的控制与管理，因单片机与主机是并行工作的，故大大提高了系统的运行速度。例如，在大型数据采集系统中，用单片机对 ADC 接口进行控制不仅可提高采集速度，而且还能对数据进行预处理，如数字滤波、线性化处理、误差修正。
- 智能民用产品。在家用电器、玩具、游戏机、声像设备、办公设备等产品中引入单片机，不仅使产品的功能大大增强，而且获得了良好的使用效果。

2. 多机应用

单片机的多机应用系统可分为功能集散系统、并行多控制系统及局部网络系统。

- 功能集散系统。多功能集散系统是为了满足工程系统多种外围功能的要求而设置的多机系统。例如，一个加工中心的计算机系统除完成机床加工运行控制外，还要控制对刀系统、坐标系统、刀库管理、状态监视、伺服驱动等机构。
- 并行多控制系统。并行多控制系统主要解决工程应用系统的快速问题，以便构成大型实时工程应用系统。典型的有快速并行数据采集、处理系统，实时图像处理系统等。
- 局部网络系统。单片机网络系统的出现，使单片机应用进入了一个新的领域。目前该网络系统主要是分布式测控系统，单片机主要用于系统中的通信控制，以及构成各种测控子级系统。典型的分布式测控系统有两种类型：树状网络系统和位总线网络系统。

1.2 微型计算机运算基础

1.2.1 数制及转换

在日常生活中，人们最熟悉的是十进制数。但在计算机中，都是采用二进制数来表示各种信息的。因此，要分析单片机的工作原理，必须学会使用二进制。但由于二进制只有 0、1 两个数字，在表示较大的数时，数字的长度很大，不便于读写，所以又常用十六进制来表示二进制数。

1. 进位计数制

所谓进位计数制就是按进位原则进行计数的方法。例如，十进制、二进制、八进制、十六



进制等计数制中,是按“逢十进一”、“逢二进一”、“逢八进一”、“逢十六进一”的原则进行计数的。

进位计数制有基数和位权两个基本要素。所谓基数是指进位计数制中产生进位的数值,它等于该数制中所用到的数符的个数,用 R 表示。例如,十进制所用的数符是0~9十个数符, $R=10$;二进制所用的数符是0和1, $R=2$ 。位权是指进位计数制中每个数位所对应的固定值,即每个数位所占的权重。例如,在十进制中,小数点之前的数位依次为个、十、百、千、万……,小数点之后依次为十分之一、百分之一、千分之一、万分之一……,即各位的位权分别为…… 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 、 10^{-3} ……。

2. 进位计数制的表示

对于任意进位计数制的数,其值 N 可以表示为:

$$N = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} K_i R^i$$

式中, m 、 n 均为正整数, K_i 则是0、1、……、 $R-1$ 中的任意一个, R 是基数,采用“逢 R 进一”的原则进行计数。

(1) 十进制

$R=10$,数符为0~9,采用“逢十进一”的原则计数。例如,十进制数567.89可以表示为:

$$567.89 = 5 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

(2) 二进制

$R=2$,数符为0、1,采用“逢二进一”的原则计数。例如,二进制数101.01可以表示为:

$$(101.01)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

(3) 十六进制

$R=16$,数符为0~9和A~F,采用“逢十六进一”的原则计数。例如,十六进制数789.AB可以表示为:

$$(789.AB)_{16} = 7 \times 16^2 + 8 \times 16^1 + 9 \times 16^0 + A \times 16^{-1} + B \times 16^{-2}$$

在编写程序时,为了区分不同进制的数,通常在数字后面加字母作为标注。其中,字母D(Decimal)表示十进制,字母B(Binary)表示二进制,字母H(Hexadecimal)表示十六进制。通常,十进制的后缀D可省略。

3. 数制之间的转换

在编写程序的过程中,通常要在各种不同进制的数之间进行转换。

(1) 十进制转换为二进制

整数部分按“除二取余,自低位向高位排列”的原则进行转换,小数部分按“乘二取整,自高位向低位排列”的原则进行转换。