



全国高等教育自学考试指定教材

电厂热能动力工程(专科)
机电一体化工程(专科)

微型计算机原理与接口技术

附：微型计算机原理与接口技术自学考试大纲

课程代码
2205
[1999年版]

组编/全国高等教育自学考试指导委员会

主编/赵长德 雷田玉

机械工业出版社

全国高等教育自学考试指定教材

机电一体化工程(专科)

电厂热能动力工程(专科)

微型计算机原理与接口技术

(附:微型计算机原理与接口技术自学考试大纲)

全国高等教育自学考试指导委员会组编

主编 赵长德
雷田玉

主审 彭一苇

参审 冯一兵 毛 波



机械工业出版社

本书为全国高等教育自学考试机电一体化工程及电厂热能动力工程专业专科教材, 内容包括两部分: 第一部分为 C 语言程序设计, 讲述了微型计算机的原理、组成和数制, C 语言程序设计的基本知识, C 语言程序的典型结构, C 语言的数组、函数、指针和文件等; 第二部分为单片机原理与接口技术, 讲述了 MCS-51 单片机的内部结构、指令系统和汇编语言程序设计, 在硬件部分讲述了中断与定时器, 并着重讲述了单片机系统的扩展与接口技术, 简单介绍了单片机应用系统的开发。本书内容深入浅出, 使学生具有高级语言程序设计的基本知识和初步能力, 掌握 MCS-51 单片机的基本原理和常用接口技术, 为以后从事程序设计和单片机的应用开发打下基础。

本书可作为机电类、自控类、电气类各专业全日制专科及成人教育专业教材, 也可作为非电类本科教材和有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机原理与接口技术: (附: 微型计算机原理与接口技术自学考试大纲) / 赵长德, 雷田玉编著. —北京: 机械工业出版社, 1999. 10
全国高等教育自学考试指定教材
ISBN 978-7-111-07634-6

I. 微… II. ①赵…②雷… III. 微型计算机-接口-高等教育-自学考试-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 64074 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: 周 娟 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新
印刷: 北京飞达印刷有限责任公司
1999 年 11 月第 1 版
2007 年 11 月第 8 次印刷
787mm×1092mm 1/16 · 20 印张 · 1 插页 · 487 千字
22101—24100 册
定价: 28.00 元

本书如有质量问题, 请与教材供应部门联系。

组 编 前 言

当您开始阅读本书时，人类已经迈入了二十一世纪。

这是一个变幻难测的世纪，这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战，随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力，也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

1999年7月

编 者 的 话

进入 90 年代以来,在全球信息化、数字化、网络化的大趋势下,又一个计算机普及高潮正在全国蓬勃兴起。它也带动了各类高等学校的计算机教学的改革。对于非计算机专业学生来说,其特点是开展层次模式教育,它的第一层次是高级语言程序设计,第二层次是微型计算机原理及应用,第三层次是软件技术,第四层次是结合专业的计算机应用课程。自学考试的特点是课程门类少,覆盖面大,所以选择了前两个层次的内容放在本书内。高级语言程序设计采用了目前应用最多的 C 语言,而微型计算机原理有两种选择:8088/8086 及单片机,前者多为本科用,考虑到机电一体化及电厂热能动力工程专业专科的需要,难度又不大,故选用了 MCS-51 单片机作为学习微型计算机原理和接口技术的内容。读者还应在学习以上内容的基础上,自学更高层次的计算机课程。

根据全国高等教育自学考试指导委员会 1998 年 7 月下发的 9 号文件,决定调整机电一体化工程专业专科的开考计划,其中将原来开考的《微型计算机基础及应用》调整为《微型计算机原理与接口技术》课程。全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会建议将原课程中的 BASIC 语言改为目前广泛应用的 C 语言,将目前已很少使用的 Z80 单板机改为 MCS-51 单片机;并决定,电厂热能动力工程专业的专科也开考这门课程。

在机械类专业委员会的主持下,制定了《微型计算机原理与接口技术》自学考试大纲,本教材就是根据这个大纲的要求而编写的。

通过 C 语言的学习,可以掌握有代表性的高级语言编程技术。目前,C 语言得到了广泛的应用,很多系统和应用软件都是用 C 语言编写的,本书讲述 C 语言的基本内容。

通过单片机的学习,可以了解计算机的一般原理,初步掌握汇编语言程序设计、接口技术和使用微型计算机的基本方法与技能。所以,本门课程叫“C 语言程序设计、单片机原理及应用”更为确切。

本书 C 语言程序设计部分由清华大学精密仪器系雷田玉教授编写,本书的第一章“微型计算机基础知识”和 MCS-51 单片机部分由清华大学精密仪器系赵长德教授编写。全书由北京理工大学计算机系彭一苇教授主审,清华大学经济管理学院毛波副教授和计算机系冯一兵副教授参审。

对于这两部分内容的学习,关键是必须具备相应的上机和实验条件,C 语言上机需要有 IBM-PC 计算机,而单片机部分最好希望有 MCS-51 仿真器或 TSC51 实验开发系统。有关单位和读者应该十分重视实验条件的建立。作为本书的补充,另外编写了“C 语言上机、MCS-51 单片机实验指导”。

由于编者水平的限制,加之时间仓促,书中一定存在不妥之处,敬请读者不吝指正。

编者

1999 年 7 月

律 师 声 明

湖南通程律师集团事务所和中国律师知识产权维权业务协作网各成员所接受教育部考试中心的委托,在中华人民共和国行政辖区内依法维护其著作权及与著作权有关的权利。特声明如下:

一、教育部考试中心合法拥有全国高等教育自学考试指导委员会组编的全国高等教育自学考试指定教材近 700 多种图书的著作权。

二、全国高等教育自学考试指定教材已采用专门的防伪措施。凡假冒其防伪措施,复制、发行全国高等教育自学考试指定教材均构成侵权,必须承担相应的法律责任;凡销售全国高等教育自学考试指定教材侵权复制品的图书经销行为亦构成侵权,亦须承担相应的法律责任。

三、湖南通程律师集团事务所和中国律师知识产权维权业务协作网各成员所,将采取必要措施制止或消除任何侵犯教育部考试中心著作权及与著作权有关的权利的侵权行为,依法维护其著作权合法权益。

欢迎社会各界人士对侵犯教育部考试中心著作权的侵权行为进行举报。

维权电话: 0731 — 5535762

传真: 0731 — 5384397

特此声明!

湖南通程律师集团事务所

杨金柱、戴松叶律师

2006 年 6 月

附:中国律师知识产权维权业务协作网核心成员所名单

(排名不分先后,各地普通成员所名单未列)

天津津瀚律师事务所	广西中司律师事务所	北京市盈科律师事务所
辽宁开宇律师事务所	西藏雪域律师事务所	陕西许小平律师事务所
福建建达律师事务所	重庆康实律师事务所	湖南通程律师集团事务所
山西黄河律师事务所	浙江京衡律师事务所	湖北楚风德浩律师事务所
四川信言律师事务所	上海天宏律师事务所	福建天衡联合律师事务所
江西名大律师事务所	新疆巨臣律师事务所	海南东方国信律师事务所
河南仟问律师事务所	内蒙诚安律师事务所	吉林大华铭仁律师事务所
安徽协利律师事务所	贵州持恒律师事务所	甘肃中天律师(集团)事务所
南京知识律师事务所	宁夏方和圆律师事务所	国浩律师集团(昆明)事务所
山东中强律师事务所	黑龙江三维律师事务所	河北太平洋世纪律师事务所
湖南通程律师集团湘剑律师事务所深圳分所	湖南人和律师事务所珠海分所	

目 录

第一部分 C 语言程序设计

第一章 微型计算机基础知识	1	第六节 C 程序的编辑、编译和运行	31
第一节 微型计算机和单片机发展概述	1	第七节 最简单的 C 程序	32
一、微处理器和微型计算机的发展	1	一、输入原始数据的方法	32
二、单片计算机的发展和特点	2	二、算术表达式计算	34
第二节 计算机中的数制和编码	5	三、数据的输出——printf () 函数	34
一、无符号数的表示和运算	5	第八节 字符输入输出函数	36
二、带符号数的表示方法	10	第九节 简单程序应用举例	37
三、8 位与 16 位二进制数表示的范围	13	习题	38
四、字符编码	14	第三章 C 程序的选择结构	39
第三节 微型计算机的基本组成和语言	15	第一节 C 语言的关系运算与逻辑运算	39
一、微型计算机系统的基本组成	15	一、关系运算符与关系表达式	39
二、计算机语言及其发展	16	二、逻辑运算符与逻辑表达式	39
第四节 微型计算机的解题过程	18	第二节 if 语句	40
一、微处理器的结构	18	第三节 switch 语句	47
二、指令、程序和指令系统	19	习题	48
三、计算机的解题过程	19	第四章 C 程序的循环结构	49
习题	22	第一节 当型循环	49
第二章 C 语言概述与最简单的 C		第二节 直到型循环	50
程序	23	第三节 for 循环	52
第一节 C 语言的特点	23	第四节 循环的控制语句	54
第二节 利用高级语言解题的一般		一、break 语句	54
过程	24	二、continue 语句	54
第三节 C 语言的基本数据类型	25	第五节 多重循环	54
一、字符型	25	习题	56
二、整型	26	第五章 C 语言的数组	57
三、浮点型 (实型)	27	第一节 数组的定义与初始化	58
四、变量赋初值	27	一、一维数组定义格式	58
第四节 C 语言的算术运算	27	二、二维数组定义格式	58
一、基本算术运算符	27	第二节 数组元素的输入和输出	59
二、算术表达式与算术运算符的		一、一维数组的数组元素输入输出	59
优先顺序	28	二、二维数组的数组元素输入输出	59
三、自加和自减运算符	28	第三节 数组的应用	60
第五节 C 程序的一般组成	29	一、计算 n 个数据的平均值	60

二、求 n 个数据中的最大最小值	60	第二节 指针用作函数的形参	80
三、顺序查找	61	第三节 指针与一维数组	81
四、排序	62	第四节 指针与字符串	82
第四节 字符数组	63	习题	83
习题	65	第八章 C 语言的结构体与联合体	84
第六章 C 语言的函数	66	第一节 结构体与结构体变量	84
第一节 C 函数的定义	66	一、结构体类型的定义	84
第二节 函数的调用	68	二、结构体成员的引用	85
一、一般调用	68	三、结构体指针用作函数参数	86
二、函数的嵌套调用	69	第二节 联合体与联合体变量	88
三、函数的递归调用	70	习题	89
第三节 C 程序的总体结构	71	第九章 C 语言的文件	90
第四节 函数之间的数据传递	72	第一节 文件指针和文件的打开与关闭	90
第五节 多功能菜单程序	74	第二节 文件读写函数	91
习题	77	一、fputc () 和 fgetc () 函数	91
第七章 C 语言的指针	78	二、fprintf () 和 fscanf () 函数	93
第一节 指针变量	78	三、fwrite () 和 fread () 函数	95
一、指针变量的定义	78	第三节 随机读写的基本概念	96
二、指针变量的初始化	78	习题	97
三、指针的操作	79		

第二部分 MCS-51 单片机原理与接口技术

第十章 MCS-51 单片机的内部结构	98	五、程序存储器 (ROM)	111
第一节 MCS-51 单片机的组成和总体结构	98	第四节 MCS-51 单片机的并行 I/O 口	111
一、单片机的组成	98	一、四个 I/O 口的特点	111
二、MCS-51 单片机的总体结构	99	二、P ₀ 口的端口结构	111
三、信号引脚	100	三、P ₁ 口、P ₂ 口、P ₃ 口介绍	113
第二节 MCS-51 单片机的中央处理单元 (CPU)	101	四、并行 I/O 口的应用要点	114
一、运算器	101	第五节 8031 单片机的最小系统	114
二、控制器	102	一、8031 外扩 EPROM 的方法	115
三、CPU 时序	103	二、8031 最小用户系统电路	115
第三节 MCS-51 单片机的存储器组织	105	第十一章 MCS-51 单片机的指令系统	117
一、四个独立的存储器空间	105	第一节 MCS-51 单片机的指令格式与寻址方式	117
二、内部数据存储器 (RAM) 和堆栈	106	一、指令格式	117
三、内部特殊功能寄存器 (SFR)	107	二、寻址方式	117
四、布尔处理器	109	第二节 数据传送指令	120
		一、程序状态字 (PSW)	120
		二、数据传送指令	120
		三、堆栈操作指令	123

四、数据交换指令	124	二、查表程序	159
五、数据传送指令汇总	124	三、检索与排序程序	162
第三节 算术运算指令	125	四、数字滤波程序	163
一、加法指令	125	第五节 堆栈与子程序设计	165
二、减法指令	127	一、堆栈概念	165
三、十进制调整指令	127	二、子程序的调用和返回	165
四、乘除法指令	128	三、子程序应用举例	167
五、算术运算指令汇总	129	第十三章 MCS-51 单片机的中断与	
第四节 逻辑运算与移位指令	130	定时	169
一、逻辑与运算指令	130	第一节 微型计算机中断技术概论	169
二、逻辑或运算指令	131	一、中断的概念	169
三、逻辑异或运算指令	131	二、中断处理过程	170
四、累加器清 0 和取反指令	131	第二节 MCS-51 单片机的中断系统	171
五、移位指令	132	一、中断源与中断标志位	171
第五节 位操作指令	132	二、与中断有关的特殊功能寄存	
一、位赋值指令	133	器 FSR	172
二、位传送指令	133	三、中断响应过程	175
三、位运算指令	133	四、中断请求的撤除	177
四、空操作指令	134	五、中断服务程序的编写要点, 断点的	
第六节 控制转移指令	134	数据保护——堆栈应用	178
一、无条件转移指令	134	第三节 MCS-51 单片机的定时器/计数器的	
二、条件转移指令	136	原理及应用	180
三、子程序调用及返回指令	138	一、定时与计数的原理	180
四、控制转移指令汇总	140	二、与定时器/计数器有关的特殊功	
第十二章 MCS-51 单片机汇编语言		能寄存器 FSR	181
程序设计	141	三、定时器/计数器的四种工作方式	183
第一节 汇编语言概述	141	四、定时器/计数器应用实例	187
一、汇编语言与汇编的概念	141	第四节 中断、定时器与 P ₁ 口的	
二、汇编语言源程序的格式	142	综合应用	191
三、伪指令	143	一、P ₁ 口的简单应用	191
四、汇编的实现及程序调试手段	145	二、外中断应用举例	193
第二节 汇编语言程序结构	146	三、定时器/计数器的应用举例	195
一、程序设计步骤	146	第十四章 MCS-51 单片机系统扩展与	
二、顺序结构程序	147	接口技术	197
三、分支结构	148	第一节 微型计算机的 I/O 接口技术	
四、循环结构	148	概述	197
第三节 算术运算程序设计	151	一、I/O 接口的作用	197
一、加法程序	151	二、数据总线的隔离	198
二、减法程序	154	三、I/O 接口寻址技术	200
三、多字节 BCD 码加法子程序	154	四、I/O 数据的传送方式	200
四、乘除法程序	155	第二节 MCS-51 单片机存储器的扩展	201
第四节 非数值操作程序设计	156	一、存储器概述	201
一、码制转换程序	156		

二、只读存储器 (ROM)	203	二、RS-232C 总线标准	249
三、随机读写存储器 (RAM)	206	三、MCS-51 单片机串行口	252
四、存储器的扩展	208	第十五章 MCS-51 单片机应用系统的	
第三节 MCS-51 单片机的 I/O		开发及实验设备	259
接口扩展	213	第一节 单片机应用系统的开发方法	259
一、单片机 I/O 口的直接应用	214	一、单片机应用系统的构成	259
二、简单 I/O 口的扩展	215	二、单片机应用系统的开发方法	261
三、扩展可编程并行 I/O 口 8255	216	第二节 MCS-51 单片机的实验开发设备和	
第四节 LED 显示接口	222	应用	263
一、LED 发光显示管及字模表	222	一、汇编程序功能和汇编过程	263
二、用三态锁存器作 LED 显示接口	225	二、ME-5103 在线仿真器	267
三、LED 显示程序	226	三、TSC-51/196 单片机实验开发系统的	
四、24h 时钟显示程序	227	原理和应用	268
第五节 简单键盘接口	230	四、其他仿真器	270
一、键盘识别流程	230	附录	271
二、利用线翻转法的键盘接口	231	附录 A ASCII (美国标准信息交	
三、利用 8279 芯片组成键盘接口	234	换码) 表	271
第六节 模拟通道接口	237	附录 B MCS-51 指令表	272
一、概述	237	参考文献	276
二、D/A 转换	237	《微型计算机原理与接口技术》自学	
三、A/D 转换	243	考试大纲	277
第七节 串行接口概述	247	后记	312
一、串行通信概述	247		

第一部分 C 语言程序设计

第一章 微型计算机基础知识

第一节 微型计算机和单片机发展概述

一、微处理器和微型计算机的发展

自 1946 年世界上第一台计算机问世以来,计算机科学与技术得到了飞速的发展。短短 50 多年时间,已历经了电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路等几代计算机的更替。

计算机按其性能、价格和体积的不同,一般可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五大类。

微型计算机是 20 世纪 70 年代研制成功的。一方面,它是由于空间技术、自动化技术,特别是军事技术的客观需求推动的结果;另一方面,大规模集成电路技术的不断发展也为微型计算机的产生打下坚实的物质基础。

微处理器是微型计算机的核心芯片,通常称为 CPU (Central Processing Unit) 或者称为 MP (Micro Processing),它是将计算机中的运算器和控制器集成在一个很小的硅片上制成的集成电路。而微型计算机 (Micro Computer) 则是由微处理器、适量内存和输入输出接口电路组成的计算机。

近 30 年来,微处理器和微型计算机获得了极快的发展,几乎每两年其集成度翻一番,每 2~4 年更新换代一次。

1971 年美国 Intel 公司研制 4 位字长的 4004 微处理器,其集成度只有 2000 个晶体管/片。1972 年该公司又推出 8080 微处理器,也属于低档的 8 位微处理器。

1974 年~1978 年出现了中高档的微处理器,它的代表性产品是 Intel 公司的 8085、Motorola 公司的 MC6809、Zilog 公司的 Z80 三种微处理器。这三种 CPU,其集成度比以前的产品提高了 4 倍,运算速度提高了 10 倍,已具备计算机体系结构和中断系统,直接存取存储器存取 (DMA) 功能。软件除汇编语言外,还可使用 BASIC、FORTRAN 以及 PL/M 等高级语言,还配备了操作系统,出现了以 8085A、Z80、MC6502 为 CPU 的带有磁盘等外围设备的微型计算机系统。这一时期,也出现了单片机,并且开始了广泛的应用。

在 1978 年~1981 年,出现了 16 位微处理器,因为当时已经能够在一个硅片上集成 1 万只晶体管,出现了 64KB 的存储器,在这样的技术背景下,第三代微处理器应运而生。Intel 公司推出了集成度为 29000 个晶体管/片的 8086CPU, Motorola 公司推出了集成度为 68000 个晶体管/片的 MC68000CPU, Zilog 公司的 Z8000CPU 集成度为 17500 个晶体管/片。

用这些芯片组成的微型计算机具有丰富的指令系统、多级中断,此外,还配备了功能很

强的系统软件。特别要指出的是 IBM 公司（国际商用机器公司）用 Intel 公司的 8088/8086CPU 推出了 IBM-PC 和 PC/XT 个人计算机，很快占领了世界市场。其后，IBM 公司又推出了 IBM-PC/AT 高档 16 位微型计算机，开辟了个人计算机普及和发展的新纪元！

在 1985 年～1993 年，出现了 32 位高档微处理器，其代表性产品是 Intel 公司的 386DX，用 80387 作为浮点协处理器。1990 年，该公司又推出 80486DX 微处理器，它相当于把 80386、80387 及 8KB 的高速缓冲存储器集成在一块芯片上，性能比 386DX 大为提高。

1993 年后，又出现了第五代高档微处理器——Pentium。近几年，Intel 公司又研制出 PⅡ 和 PⅢ 微处理器，其他 CPU 制造商也研制出性能相当的微处理器。这些公司互相竞争的结果，其性能价格比大为提高，使得广大计算机用户受益，并使微型计算机进入家庭成为可能。一个前所未有的普及计算机知识和应用的高潮已在神州大地兴起。

特别要指出的是计算机网络的发展和应用，正在深刻地改变着信息产业、银行业、商业、教育事业等领域，使得电子邮件、网络电话、电子商务、远程教育、办公自动化成为现实，INTERNET 国际互联网使得世界的信息交流更加容易了，这必将深刻地改变着人们的生活和工作方式，对社会的发展和进步产生极大的影响。

二、单片计算机的发展和特点

1. 单片计算机的发展

所谓单片计算机（以下简称单片机），就是指把中央处理器（Central Processing Unit——CPU）、随机读写存储器（Random Access Memory——RAM）、只读存储器（Read Only Memory——ROM）、定时器/计数器以及输入/输出（Input/Output）接口电路等主要计算机部件，集成在一块集成电路芯片上的微型计算机，又称为微控制器（Microcontroller）。虽然单片机只是一个芯片，但从它的组成和功能上看，已具有微型计算机系统的全部特点。

自 1974 年美国仙童（Faichild）公司生产了第一台 F8 单片机以来，单片机如雨后春笋地大量涌现，如 TI、Rockwell、Intel、Zilog、Motorola、NEC 等公司都纷纷推出自己的单片机系统，出现了 4 位、8 位、16 位、32 位单片机。

尽管目前单片机品种很多，但在国际上流行的单片机主要是 Intel 公司的 MCS（如 MCS-51 型 8 位机和 MCS-96 型 16 位机）系列，还有 Motorola 公司的 M68（如 6805、M68HC11）系列，其中 M68 系列的品种最多，达 200 多种类型。此外，还有 Philips、NEC、日立、东芝等公司的产品。

在当今的世界上，单片机的应用范围几乎覆盖了人类生活的各个方面，单片机的产量，1992 年为 5 亿片，而 1995 年大约为 30 亿片，估计到 2000 年将接近 60 亿片，年增长率为 15%，是世界上最主要的半导体产品之一。

由于单片机体积小、重量轻、价格低、具有很强的灵活性，因而得到越来越广泛的应用。高速的应用场合应该选用 16 位或 32 位单片机，低速的应用场合仍然是 4 位单片机的天下，但大部分应用场合乃是 8 位单片机，8051 单片机常用于小到中型的场合。特别是 80 年代中期，Intel 公司将 8051 内核的使用权以专利或出售形式转让给世界上许多著名集成电路（IC）制造厂商，如 Philips、AMD、NEC、西门子等公司，这样 8051 就成为众多制造厂商支持的、发展出百余个品种的大家族。随着硬件的发展，8051 的开发工具也获得了很大的发展，并开发出多种 C 语言编译器和适于单片机使用的实时多任务操作系统（RTOS），8051 已成为单片机领域的实际标准。所以，直到现在，MCS-51 仍不失为单片机的主流机型，并被作为单片

机教学的首选机型之一。

单片机主要应用于通信、控制设备和仪器仪表、家电产品、机电一体化产品中。例如，洗衣机、空调设备、数字通信系统、多媒体通信接口、步进电机控制器、电话设备、工业控制机、铁路集中调度设备、工业测量系统、数字仪表等。

单片机技术引入我国不过十几年，已经广泛应用在各个领域。但距国际先进水平差距还比较大，这主要体现在：

(1) 单片机应用的总量还比较少，只占世界市场的百分之几。

(2) 单片机应用主要集中在空调、洗衣机、电饭煲等家用电器上，目前正在向应用量很大的计算机外围设备和通信设备上推广，但对国民经济举足轻重的传统工业（如机械制造业），单片机还没有真正产生巨大效益。

(3) 目前，在从事单片机开发和应用时，仍然停留在低水平的小作坊方式，极需要改进开发手段和工具。这也说明单片机在传统工业的应用还大有潜力，并向更高的层次和深度发展。例如，数字信号处理器（DSP）的发展和应用就是一个明显的例证。

在过去的几十年里，单片机广泛用于实现一定的智能控制功能。随着信息化的进程和计算机科学与技术、信号处理理论与方法等的迅速发展，需要处理的数据量越来越大，对实时性和精度的要求越来越高，普通的单片机已不再能满足要求。近年来，各种集成化的单片 DSP 的性能得到很大改善，软件和开发工具也越来越多，越来越好；但价格却大幅度下降，从而使得 DSP 的器件及技术更容易使用，价格也能够为广大用户接受；越来越多的单片机用户开始选用 DSP 来提高产品性能，或者说，DSP 正在成为新型的单片机。大量的试验表明，将 DSP 模块直接嵌入微处理器或微控制器中，将使这些芯片具有更强的功能，有些甚至比在系统中接入 DSP 模块更有效。在机电系统产品和消费类电子产品中，将会有更多的产品嵌入 DSP 内核电路。但是，掌握了单片机的软件硬件后，将很容易开发和应用 DSP。所以，对广大读者来说，首要的任务是学习和掌握单片机，并在今后的工作中积极推广应用单片机和其他高档可编程器件。

2. 单片机的分类

如果按单片机的字长分，可以分为 8 位、16 位、32 位单片机。早期出现的是 8 位单片机 MCS-48 是功能简单的单片机，多用于键盘中。它很快被 MCS-51 单片机取代。在 MCS-51 单片机的内核 8051/80C51 的基础上，Intel、Philips、Siemens 等公司纷纷推出名目繁多的派生芯片。这类单片机是目前应用最广的一类单片机。MCS-51 系列单片机技术性能数据见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机技术性能数据

器件名称	无 ROM 型号	片内 ROM/KB	片内 RAM/B	8 位 I/O 口数	16 位定时 /计数	DMA 通道	公共串 行通道	中断源/中 断向量	低功耗
8051	8031	4	128	4	2			6/5	
8051AH	8031AH	4	128	4	2			6/5	
8052AH	8032AH	8	256	4	3			8/6	
80C51BH	80C31BH	4	128	4	2			6/5	有
80C52	80C32	8	256	4	3			8/6	有
83C51FA	80C51F	8	256	4	3			14/7	有

(续)

器件名称	无 ROM 型号	片内 ROM/KB	片内 RAM/B	8 位 I/O 口	16 位定时 /计数	DMA 通道	公共串 行通道	中断源/中 断向量	低功耗
83C51FB	80C51FB	16	256	4	3			14/7	有
83C52JA	80C152JA	8	256	5	2	有	有	19/11	有
	80C152JB	0	256	7	2	有	有	19/11	
83C152JC	80C152JC	8	256	5	2	有	有	19/11	
	80C152JD	0	256	7	2	有	有	19/11	
83C452	80C452	8	256	5	2			9/8	有

要注意的是，MCS-51 系列单片机都有片内全双工异步串行通信接口电路。另外，87XX 型号是带有片内 EPROM 的 51 系列单片机。Philips 公司生产的单片机是与 MCS-51 系列单片机兼容的，主要产品有 8051、8031、8052、83C552、83C751、8032 等。

1983 年，Intel 公司推出了 MCS-96 单片机，除字长增加一倍外，内部又具有 8 路 10 位 A/D 转换器、8 位 PWM 的 D/A 转换器、高速输入输出、16 位监视定时器，其集成度高达 12000 只以上的晶体管，性能大大提高。以后又推出性能更好的 C196 单片机。MCS-96 系列单片机技术性能数据见表 1-2。

表 1-2 MCS-96 系列单片机技术性能数据

器件名称	片内 ROM 的型号	HISO 或 EPA	A/D 通 道数	串行 I/O 口	PWM 输出口数	16 位定时 /计数器数	8 位 I/O 口数	备 注
8094BH	8394BH	HSIO		有	1		4	
	8794BH	HSIO		有	1	2	4	
8095BH	8395BH	HSIO	8	有	1	2	4	
	8795BH	HSIO	8	有	1	2	4	
8096BH	8396BH	HSIO		有	1	2	5	
	8796BH	HSIO		有	1	2	5	
8097BH	8397BH	HSIO	8	有	1	2	5	
	8797BH	HSIO	8	有	1	2	5	
8097JF	8397JF	HSIO	8	有	1	2	5	
	8797JF	HSIO	8	有	1	2	5	
80C198	83C198	HSIO	4	有	1	2	5	
	87C198	HSIO	4	有	1	2	5	
80C196KB	83C196KB	HSIO	4	有	1	2	5	
	87C196KB	HSIO	4	有	1	2	5	
80C196KC	87C196KC	HSIO	8	有	3	2	5	PTS 通道
80C196KR	87C196KR	EPA	8	有		2	7	PTS 通道
80C196MC	87C196MC	EPA	13	有		2	5	三相波形发 生器

Motorola 公司的 68HC05 和 68HC11 系列单片机也是性能优异的单片机，其市场占有率非常高，特别在通信等领域得到了广泛的应用。

如果按制造工艺还可以把单片机分成 CMOS、PMOS、NMOS、HCMOS 等类型。NMOS、PMOS 是沟道型产品，其功耗大，速度低，集成度不高，用于早期产品。CMOS 的功耗低，但速度不高，而 HCMOS 是高密度和高速度的 CMOS 电路，是目前单片机的主要生产技术。

3. 单片机的特点

(1) 单片机的计算机特性 单片机是一种特殊的超大规模集成电路，它内部含有微处理器，因此它有数据处理能力（如运算、数据传送、中断处理），可实现复杂的软件功能。这一点与微型计算机是一致的。它内部有运算器、控制器，对外也有数据、地址、控制 3 条总线。所以，可以通过单片机学习微型计算机的原理，有条件的读者可以亲自制作实用的单片机用户系统。

(2) 单片机的微控制器特性 由于其内部又有很多功能电路，如 A/D（模数转换）电路、D/A（数模转换）电路、定时器/计数器、串行通信接口 SCI 电路并行接口 PIO 电路、显示器接口、脉冲宽度调制 PWM 电路等，这些电路能在软件的控制下完成设计者规定的任务。这使得单片机可以单独实现所要求的智能化控制功能。所以，单片机在国际上被广泛地称为“微控制器”（Microcontroller）。单片机的微控制器特性使设计者能十分方便地按自己的要求设计出高性能价格比、高可靠性的智能化系统，如数控系统、程控交换机的控制核心、自动测试系统等。

(3) 单片机的开发 单片机无自开发能力，在系统设计过程中，需要借助单片机开发工具进行软件和硬件调试。关于这方面内容，在以后的章节中将详细介绍。

第二节 计算机中的数制和编码

本节重点介绍进位计数制、不同进位计数制之间的相互转换以及常用的各种编码系统。

一、无符号数的表示和运算

(一) 进位计数制

人们在日常生活中，常用多种进制的数制系统，最常用的是十进制，例如

$$1986 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

任何一个十进制数都可以表示为

$$\begin{aligned} X &= x_m \times 10^m + \cdots + x_0 \times 10^0 + x_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + x_{-n} \times 10^{-n} \\ &= \sum_{i=-n}^m x_i \times 10^i \end{aligned}$$

式中，10 称为十进制的基。而所在数位 i 的权为 10^i 。对任意进制来说，所谓基数 J ，就是用来表示数时可以选用的不同数字的个数。所以十进制的 J 为 10，用来表示数时可以选用的数字 x_i 为 0~9 十个数字，且逢十进 1。而小数点左面各位的权依次为 $J^0, J^1, \cdots, J^m$ ；小数点右面的权依次为 $J^{-1}, J^{-2}, \cdots, J^{-n}$ 。而且，小数点左移一位等于减小 J 倍，小数点右移一位等于增大 J 倍。

在计算机内如果要使用十进制数时，每位数就要用 0~9 共十个数字，在电路上难以实现。而仅有两个不同的稳定状态，且可相互转换的器件，就可表示一位二进制数，所以在计算机内都使用二进制。其特点是：基为 2，只需要两个数字符号 0 和 1，逢二进位。

对任意二进制数 X 都可展开为

$$\begin{aligned} X &= x_m \times 2^m + \cdots + x_0 \times 2^0 + x_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + x_{-n} \times 2^{-n} \\ &= \sum_{i=-n}^m x_i \times 2^i \end{aligned}$$

第 i 位数是 0 或 1，对应的数值为 $x_i \times 2^i$ ，并称 2^i 为第 i 位的权。

例如二进制数 1101.1011 可展开为

$$\begin{aligned} 1101.1011 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &\quad + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \end{aligned}$$

因为使用二进制需用较多的位数，书写很繁，所以还经常使用十六进制，它的特点是：

基为 16，使用 16 个数字符号，它们是 0~9，A，B，C，D，E，F；对于十六进制的加法计算是逢 16 进位。

任意一个十六进制数都可表示为

$$\begin{aligned} X &= x_m \times 16^m + \cdots + x_0 \times 16^0 + x_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + x_{-n} \times 16^{-n} \\ &= \sum_{i=-n}^m x_i \times 16^i \end{aligned}$$

第 i 位数是上述 16 个符号之一，对应的数值为 $x_i \times 16^i$ ，并称 16^i 为第 i 位的权。

为了避免使用多种进位制的混乱，使用后缀表明数的进制：

后缀 B——表示二进制；

后缀 H——表示十六进制；

后缀 D——表示十进制（也可不加后缀）。例如

10011011B——使用二进制
9BH——使用十六进制
155D——使用十进制

这些数都表示同一数值，即十进制的 155，只是所用的进制不同。

(二) 各种进制数的转换

尽管有不同的进制，但在计算机中的数仍然只能用二进制表示，十六进制是适应于读写方便的需要，而十进制则是日常生活所必需的。因此，就要掌握各种进制的转换关系。

由于 $2^4=16$ ，一位十六进制数可用四位二进制数表示，它们之间存在着直接而又唯一的对应关系，见表 1-3。可见二进制数和十六进制数之间的转换是十分简便的。

表 1-3 二进制、十进制、十六进制数码对照表

十 进 制	十六进制	二 进 制	十 进 制	十六进制	二 进 制
0	0	0000	9	9	1001
1	1	0001	10	A	1010
2	2	0010	11	B	1011
3	3	0011	12	C	1100
4	4	0100	13	D	1101
5	5	0101	14	E	1110
6	6	0110	15	F	1111
7	7	0111	16	10	10000
8	8	1000			

1. 二进制和十六进制数的相互转换

(1) 十六进制转换为二进制 不论是十六进制的整数或小数，只要把每一位十六进制的数用相应的四位二进制数代替，就可以转换为二进制数。例如

$$\begin{array}{ccccc}
 9 & & B & & A & & 6 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 1001 & & 1011 & & 1010 & & 0110
 \end{array}$$

即 $9B.A6H = 10011011.10100110B$

(2) 二进制转换为十六进制 这种转换可分为两步进行。对整数部分，从小数点向左数，每四位二进制数一组，最后不足四位的前面补0。对小数部分，从小数点向右数，每四位一组，最后不足四位的后面补0。然后把每四位二进制数用相应的十六进制数代替，即可转换为十六进制数。例如

$$\begin{array}{cccc}
 1011 & 0111 & 0101 & 0100 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 B & 7 & 5 & 4
 \end{array}$$

即 $10110111.010101B = B7.54H$

2. 二进制、十六进制与十进制数的相互转换

(1) 十六进制数转换为十进制数 对给定的十六进制数，只要按前述公式展开，即可得到对应的十进制数。例如

$$\begin{aligned}
 ABCDH &= 10 \times 16^3 + 11 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 13 \times 16^0 \\
 &= 10 \times 4096 + 11 \times 256 + 12 \times 16 + 13 \\
 &= 43981D
 \end{aligned}$$

8 位二进制数称为一个字节，若用十六进制表示，其数的范围为 $00H \sim FFH$ ，而 $FFH = 255$ 。

16 位二进制数（两个字节）可用 4 位十六进制数表示，其最大的数为 $FFFFH = 65535D$ 。

(2) 二进制数转换为十进制数 对所给的二进制数，只要按前述的公式展开，即可得到对应的十进制数。例如

$$\begin{aligned}
 1011.1010B &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} \\
 &= 11.625D
 \end{aligned}$$

对给定的一个字节或两个字节的二进制数也可先化成十六进制数，再转换成十进制数。例如

$$\begin{aligned}
 1011101001110101B &= BA75H \\
 &= 11 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 5 \times 16^0 \\
 &= 47733D
 \end{aligned}$$

(3) 十进制整数转换为二进制数 把十进制整数转换为二进制数，一般采用除 2 取余法。例如

$$215D = x_m \times 2^m + \dots + x_0 \times 2^0$$

只要决定 $x_m, x_{m-1}, \dots, x_1, x_0$ 的值，就可写出二进制数。因 $2^0 = 1$ ，所以 $(215 - x_0)$ 一定