

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

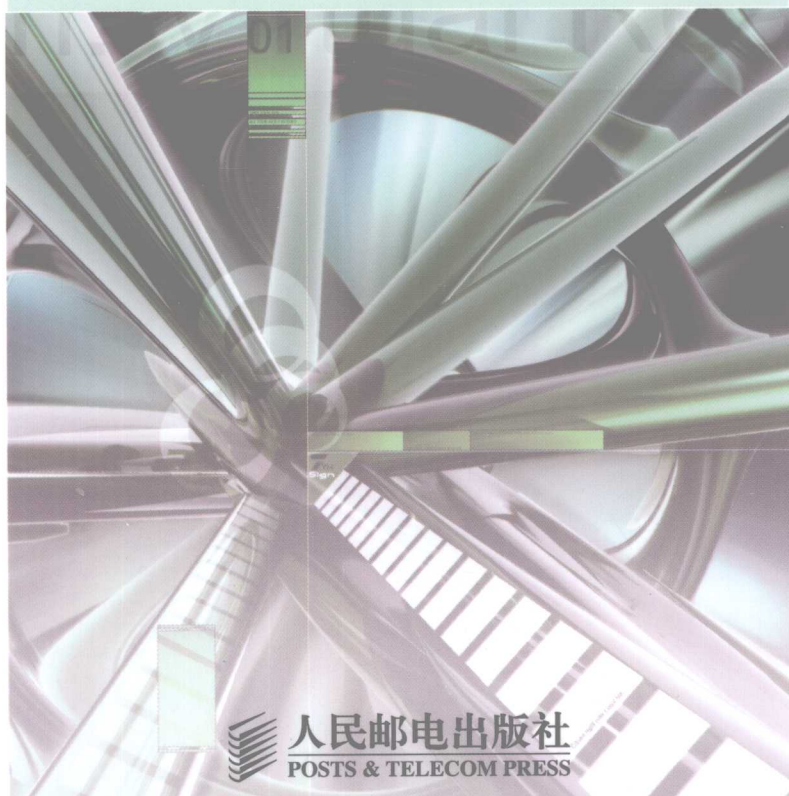
21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuà Jiāocái

单片机 应用技术

冯铁成 编著

- 全书以应用项目为驱动，突出工学结合
- 全书例题按模块化设计，突出技能培养
- 全书融入PROTEUS仿真，突出实践教学



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

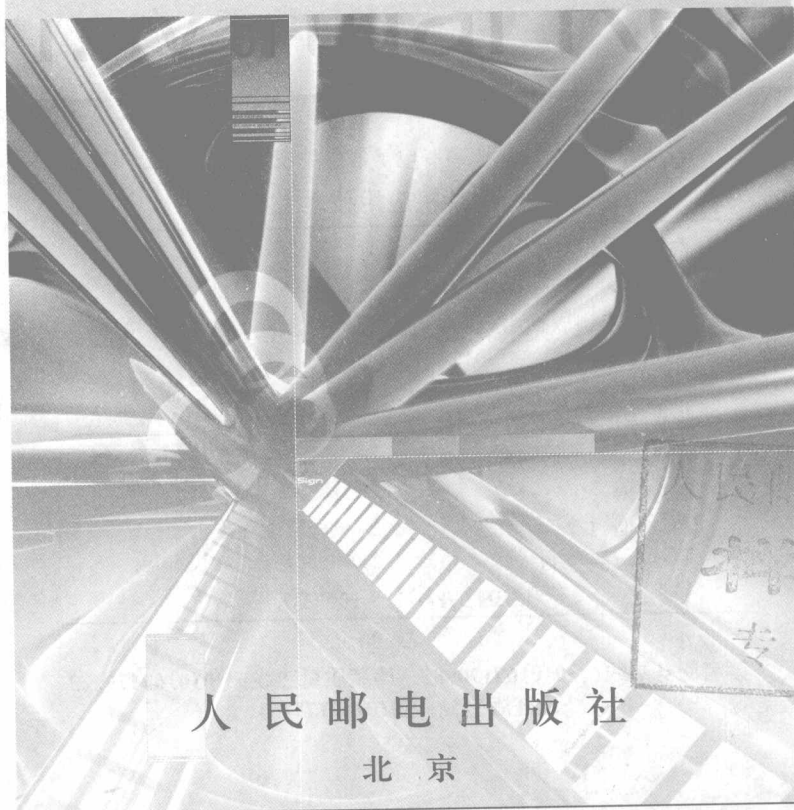
中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuà Jiàocái

单片机 应用技术

冯铁成 编著



人民邮电出版社
样书
专用章

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用技术 / 冯铁成编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009.9

21世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 978-7-115-19973-7

I. 单... II. 冯... 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 (2009) 第137487号

内 容 提 要

本书以应用项目为驱动, 将基本知识、实际应用和 PROTEUS 仿真技术相结合。基本知识以“够用”为原则, 应用项目以“实用”为目的, 重在基本技能的训练与培养; PROTEUS 仿真技术为单片机仿真教学提供了基础。本书以 MCS-51 系列单片机为主体机型讲述单片机原理, 其内容也适用于与 MCS-51 系列单片机兼容的其他类型单片机。与此同时, 本书还介绍了 PROTEUS 设计与仿真平台、WAVE 软件调试器、编程器等开发工具, 书中列有大量单片机应用实例并利用 PROTEUS 进行仿真。

本书可作为高等专科和高等职业院校教材, 也可作为单片机应用工程技术人员及单片机应用技术爱好者的参考书。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

单片机应用技术

- ◆ 编 著 冯铁成
责任编辑 蒋 亮
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京华正印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16
字数: 408 千字
印数: 1-3 000 册

2009 年 9 月第 1 版

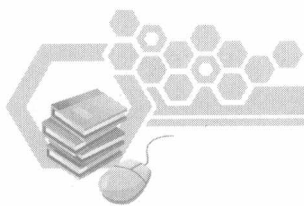
2009 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19973-7

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



通用计算机系统和嵌入式计算机系统是现代计算机系统的两大分支，前者是人类的“智力平台”，后者是人类工具的“智力嵌入”。单片机作为“智能芯片”，是嵌入式系统中重要且发展迅速的组成部分，充当主机角色。

单片机应用系统是软件和硬件的有机结合，将其嵌入在形形色色的应用对象中，成为众多产品、设备的智能化核心。单片机技术在国民经济各个领域获得了愈来愈广泛的应用，“单片机应用技术”也成为高等学校相关专业的重要课程。

“单片机应用技术”是一门难学的课程。难就难在它是一门涉及电工电子技术、传感器检测技术、计算机技术等软、硬件技术的综合课程；难就难在它是一门实践性很强的课程；难就难在它是一门面向实际应用对象的课程。学与用结合，理论与实践结合是解决“难学”的关键。

本书以基本知识为依托，以应用项目为驱动，以 PROTEUS 仿真技术为支撑，以高级职业技能鉴定中“单片机应用技术模块”要求为依据而编写。基本知识以“够用”为原则，讲练结合；应用项目以“实用”为目的，学用并举，重在基本技能训练与培养；PROTEUS 仿真技术实现了在计算机上完成单片机应用系统电路设计、软硬件调试与仿真、系统功能测试与验证，让读者“眼见为实”。

本书具有如下主要特点。

(1) 全书以应用项目为驱动，突出实用，突出技能训练，突出工学结合。

(2) 书中将应用项目嵌入在相关章节中，既突出了理论知识的实际应用，又兼顾了理论知识的系统性和完整性。

(3) 本书例题均按模块化设计，后续章节应用的子程序多数能在前面例题中找到；提供的应用实例软硬件都经过实践验证，建议读者仔细研习，建立自己的“模块库”，积累单片机应用的实践经验。

(4) 将 PROTEUS 仿真技术融入教材中，应用实例都进行了 PROTEUS 设计与仿真，突破了传统的以理论教学、实验教学为基础的课程教学体系。

(5) 全书各章均按基础理论、基本应用、应用项目、PROTEUS 仿真的顺序编写，读者可根据需要选修。

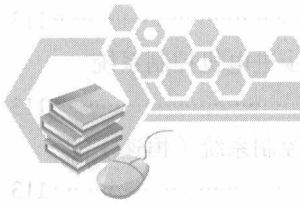
(6) 本书中的实例是以 STC89C51 系列单片机为主体的，它是性能优良、应用广泛的 MCS-51 系列单片机升级换代产品。

本书可作为高等专科和高等职业院校的“单片机应用技术”课程教材，也可作为电类专业师生、单片机应用工程技术人员及单片机应用技术爱好者的参考书。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2009年7月



第 1 章 绪论	1	2.2.4 特殊功能寄存器 SFR	41
1.1 单片机及其发展概况	1	2.3 MCS-51 系列单片机的时钟电路及	
1.1.1 什么是单片机	1	复位电路	43
1.1.2 单片机的特点	1	2.3.1 时钟电路	43
1.1.3 单片机的应用	2	2.3.2 复位电路	45
1.1.4 单片机的发展	3	2.3.3 MCS-51 系列单片机最小系统	47
1.1.5 单片机系列产品介绍	4	2.4 实训 2: 单片机复位、晶振、ALE	
1.2 计算机的数制与码制	5	信号的观测	47
1.2.1 数制的概念	5	2.4.1 电路制做	47
1.2.2 码制的概念	8	2.4.2 信号观测	47
1.3 单片机应用系统的开发	11	小结	48
1.3.1 跑马灯控制系统设计	11	练习题 2	50
1.3.2 单片机应用系统开发流程	12	第 3 章 MCS-51 系列单片机指令系统	52
1.4 PROTEUS 应用基础	13	3.1 基本概念	52
1.4.1 PROTEUS 窗口简介	14	3.1.1 指令、指令系统、机器代码	52
1.4.2 PROTEUS 原理图设计	17	3.1.2 程序、程序设计、机器语言	53
1.4.3 PROTEUS 仿真调试	22	3.1.3 汇编语言、汇编语言指令格式、	
1.4.4 PROTEUS 信号观测	27	常用符号	53
1.5 实训 1: PROTEUS 应用初步	32	3.2 寻址方式	55
1.5.1 实训目的	32	3.2.1 寻址、寻址方式、寻址存储器	
1.5.2 跑马灯控制系统 PROTEUS 原理		范围	55
图设计	32	3.2.2 立即寻址	56
小结	32	3.2.3 直接寻址	56
练习题 1	33	3.2.4 寄存器寻址	56
第 2 章 MCS-51 系列单片机内部结构	34	3.2.5 寄存器间接寻址	57
2.1 MCS-51 系列单片机封装引脚和内部		3.2.6 基址加变址寻址	57
结构框图	34	3.2.7 相对寻址	58
2.1.1 封装引脚功能	34	3.2.8 位寻址	59
2.1.2 内部结构	35	3.3 指令系统	59
2.2 MCS-51 系列单片机存储器结构	39	3.3.1 数据传送类指令	59
2.2.1 存储器划分方法	39	3.3.2 算术运算类指令	63
2.2.2 程序存储器 ROM	39	3.3.3 逻辑运算类指令	69
2.2.3 数据存储器 RAM	40	3.3.4 控制转移类指令	72



3.3.5 位操作类指令·····	76	要求·····	113
3.4 实训 3: WAVE6000 集成调试软件		5.2 应用项目 1: 步进电机控制系统	
应用(1)·····	79	(恒速)·····	113
3.4.1 实训目的·····	79	5.2.1 步进电机控制系统(恒速)的	
3.4.2 WAVE6000 快速入门·····	79	实现·····	113
3.4.3 WAVE6000 的初步应用·····	82	5.2.2 步进电机控制系统(恒速)	
小结·····	83	的 PROTEUS 仿真·····	115
练习题 3·····	83	5.3 应用项目 2: RAM 扩展·····	116
第 4 章 MCS-51 系列单片机汇编语言程序		5.3.1 三总线结构·····	116
设计·····	86	5.3.2 RAM 扩展的实现·····	117
4.1 程序设计·····	86	5.3.3 RAM 扩展的 PROTEUS 仿真·····	118
4.1.1 伪指令·····	86	5.4 实训 5: 编程器的使用·····	119
4.1.2 程序设计·····	89	5.4.1 实训目的·····	119
4.1.3 程序结构·····	90	5.4.2 编程器使用初步·····	119
4.2 汇编语言程序设计举例·····	94	小结·····	122
4.2.1 延时程序·····	94	练习题 5·····	123
4.2.2 查表程序·····	95	第 6 章 MCS-51 系列单片机的中断	
4.2.3 码制转换程序·····	97	系统·····	124
4.2.4 数据排序程序·····	99	6.1 中断系统·····	124
4.2.5 算术运算类程序·····	100	6.1.1 中断的基本概念·····	124
4.3 实训 4: WAVE6000 集成调试软件		6.1.2 中断系统的结构·····	125
应用(2)·····	103	6.1.3 中断控制·····	126
4.3.1 实训目的·····	103	6.1.4 中断过程·····	128
4.3.2 WAVE 断点调试及程序的全速		6.2 应用项目 3: 简单计数器·····	130
运行·····	104	6.2.1 中断初始化和中断服务程序·····	131
4.3.3 设计分支结构程序并用		6.2.2 LED 显示器·····	131
WAVE6000 进行仿真调试·····	105	6.2.3 简单计数器的实现·····	133
4.3.4 设计查表程序并用 WAVE6000		6.2.4 简单计数器的 PROTEUS 仿真·····	135
进行仿真调试·····	105	6.3 实训 6: 中断系统的应用·····	136
小结·····	106	6.3.1 实训目的·····	136
练习题 4·····	107	6.3.2 实训内容·····	136
第 5 章 MCS-51 系列单片机 I/O 口及其		小结·····	137
应用·····	108	练习题 6·····	138
5.1 I/O 口结构及功能·····	108	第 7 章 MCS-51 系列单片机的定时/	
5.1.1 P0 口·····	108	计数器·····	139
5.1.2 P1 口·····	110	7.1 定时/计数器·····	139
5.1.3 P2 口·····	110	7.1.1 定时/计数器概述·····	140
5.1.4 P3 口·····	111	7.1.2 定时/计数器控制·····	140
5.1.5 I/O 口的负载能力和接口		7.1.3 定时/计数器的工作模式·····	142



7.1.4 定时/计数器的计数容量及初值	143	8.3.2 单片机间点对点通信	171
7.2 应用项目 4: 航标灯控制系统	145	8.3.3 RS-232 接口技术	171
7.2.1 定时/计数器应用的基本步骤	145	8.3.4 单片机与 PC 点对点通信的实现	173
7.2.2 定时/计数器应用举例	145	8.3.5 单片机与 PC 点对点通信的 PROTEUS 仿真	175
7.2.3 航标灯控制系统的实现	148	8.4 多机通信系统的实现	176
7.2.4 航标灯控制系统的 PROTEUS 仿真	150	8.4.1 串行口工作方式 2、工作方式 3 的工作过程	176
7.3 应用项目 5: 简易电子琴	151	8.4.2 主从式通信总线	177
7.3.1 简易电子琴的实现	151	8.4.3 RS-485 通信接口技术	177
7.3.2 简易电子琴的 PROTEUS 仿真	154	8.4.4 多机通信系统的实现	178
7.4 应用项目 6: PWM 直流电动机转速控制系统	155	8.4.5 多机通信系统的 PROTEUS 仿真	184
7.4.1 PWM 直流电动机转速控制系统的实现	155	8.5 实训 8: 串行口综合应用	185
7.4.2 PWM 直流电动机转速控制系统的 PROTEUS 仿真	158	8.5.1 实训目的	185
7.5 实训 7: 定时/计数器应用	158	8.5.2 实训内容	186
7.5.1 实训目的	158	练习题 8	186
7.5.2 实训内容	159	第 9 章 MCS-51 系列单片机人机接口技术	187
小结	159	9.1 应用项目 8: 产量统计系统	187
练习题 7	160	9.1.1 LED 数码管动态显示	187
第 8 章 MCS-51 系列单片机串行口及应用	161	9.1.2 动态显示接口电路设计	188
8.1 MCS-51 系列单片机串行口	161	9.1.3 动态显示程序设计	190
8.1.1 串行口的结构	161	9.1.4 产量统计系统的实现	190
8.1.2 串行通信过程	162	9.1.5 产量统计系统的 PROTEUS 仿真	193
8.1.3 串行口工作方式	162	9.2 应用项目 9: LED 路名显示系统	194
8.1.4 串行口的控制	163	9.2.1 16×16 LED 点阵动态显示接口技术	194
8.1.5 串行口通信协议	164	9.2.2 LED 点阵程序设计	195
8.1.6 波特率的设置	164	9.2.3 LED 路名显示系统的实现	197
8.2 应用项目 7: 简单秒表	165	9.2.4 LED 路名显示系统的 PROTEUS 仿真	200
8.2.1 串行口扩展并行 I/O 口	165	9.3 应用项目 10: 楼宇呼叫系统	201
8.2.2 简单秒表的实现	167	9.3.1 行列式键盘接口技术	201
8.2.3 简易秒表的 PROTEUS 仿真	170	9.3.2 楼宇呼叫系统的实现	206
8.3 单片机与 PC 点对点通信的实现	171	9.3.3 楼宇呼叫系统的 PROTEUS 仿真	210
8.3.1 串行口工作方式 1 的工作过程	171		



9.4 应用项目 11: 电子时钟系统	211	第 11 章 MCS-51 系列单片机后向通道接口	
9.4.1 电子时钟系统的实现	211	技术	228
9.4.2 电子时钟的 PROTEUS 仿真	215	11.1 DAC0832 接口技术	228
9.5 实训 9: 单片机人机接口技术	216	11.1.1 DAC0832 的工作原理	228
9.5.1 实训目的	216	11.1.2 接口电路设计	231
9.5.2 实训内容	216	11.1.3 接口程序设计	232
小结	216	11.2 应用项目 13: 直流电机转速控制系统	233
练习题 9	217	11.2.1 直流电机控制原理	233
第 10 章 MCS-51 系列单片机前向通道接口		11.2.2 直流电机转速控制系统的实现	234
技术	218	11.2.3 温度控制系统的 PROTEUS 仿真	237
10.1 ADC0809 (0808) 的接口技术	218	11.3 实训 11: 单片机后向通道应用技术	
10.1.1 ADC0809 的工作原理	218	实训	238
10.1.2 接口电路设计	220	11.3.1 实训目的	238
10.1.3 接口程序设计	220	11.3.2 实训内容	238
10.2 应用项目 12: 温度控制系统	221	小结	239
10.2.1 温度控制系统的实现	221	练习题 11	239
10.2.2 温度控制系统的 PROTEUS 仿真	224	附录	241
10.3 实训 10: 单片机前向通道应用技术		附录 A STC89C51 单片机的扩展功能	241
实训	225	附录 B MCS-51 系列单片机指令表	243
10.3.1 实训目的	225	附录 C ASCII 码表	247
10.3.2 实训内容	226	参考文献	248
小结	226		
练习题 10	227		

第1章

绪论

学习本课程要求学生具有一定的电子电路应用基础和编程能力。本章对单片机、单片机中使用的数作了概括介绍,通过一个简单的例子说明单片机应用系统的开发过程,并介绍了 PROTEUS 仿真系统的使用方法。

1.1 单片机及其发展概况

1.1.1 什么是单片机

随着大规模集成电路的出现及发展,将计算机的 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种 I/O 接口集成在一片芯片上,便形成了芯片级的计算机,因此单片机早期的含义称为单片微型计算机(single chip microcomputer),简称单片机。准确反映单片机本质的叫法应该是微控制器(microcontroller)。目前国外大多数厂家、学者已普遍改用 microcontroller 一词,缩写为 MCU(microcontroller unit) 以与 MPU(microprocessor unit, 微处理器)相对应。国内仍沿用单片机一词,但其含义应是 microcontroller,而非 microcomputer;这是因为单片机无论从功能还是从形态来说,都是作为控制领域应用计算机的要求而诞生的。

目前也有人根据单片机的结构和微电子设计特点将单片机称为嵌入式微处理器(en-bed-ded microprocessor)或嵌入式微控制器(embedded microcontroller)。本书仍沿用传统的叫法——单片机。

1.1.2 单片机的特点

一块单片机芯片就是一台计算机。由于单片机的这种特殊的结构形式,在某些应用领域中,它承担了大中型计算机和通用的微型计算机无法完成的一些工作,使其具



有很多显著的优点和特点,因此在各个领域中都得到了迅猛发展。单片机的特点可归纳为以下几点。

1. 具有优异的性价比

单片机的高性能低价格是它的一个最显著的特点。单片机尽可能把应用所需要的存储器和各种功能的 I/O 口都集成在一块芯片内,使之成为名副其实的单片机。有的单片机为了提高速度和执行效率,开始采用了 RISC 流水线和 DSP 的设计技术,使单片机的性能明显优于同类型微处理器,有的单片机片内的 ROM 可达 64 KB (B 为字节),片内 RAM 可达 2 KB,单片机的寻址已突破 64 KB 的限制,有的八位和十六位单片机寻址可达 1 MB 和 16 MB。

单片机的另一个显著特点是量大面广,因此世界上各大公司在提高单片机性能的同时,却会进一步降低价格,性价比便成为各公司竞争的主要策略。

2. 集成度高、体积小、可靠性高

单片机把各功能部件集成在一块很小的芯片上,采用内部总线相连,易于屏蔽,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力,适合在恶劣环境下工作。

3. 控制功能强

单片机体积小,“五脏俱全”,具有丰富的指令系统,能高速进行算术逻辑运算和位处理,非常适用于专门的控制用途。

4. 低电压、低功耗

许多单片机已可在 2.2 V 的电压下工作,有的已能在 1.2 V 或 0.9 V 电压下工作,功耗降至 μA 级,极大地提高了单片机系统的工作寿命。

1.1.3 单片机的应用

单片机特点显著,用途广泛,具体如下所述。

1. 在智能仪器仪表中的应用

这是最活跃的应用领域之一。在各种仪器仪表中引入单片机,使仪器仪表智能化,提高了测试的自动化程度和精度,简化了仪器仪表的硬件结构,提高了其性价比。

2. 在机电一体化技术中的应用

单片机逐渐应用于机电一体化技术领域。机电一体化是机械工业发展的方向,它集机械技术、微电子技术和计算机技术于一体,极大地提高了机械设备的功能。

3. 在实时过程控制中的应用

单片机广泛地用于工业过程控制、过程监测、航空航天、尖端武器及机器人系统等各种实时控制系统中,实现实时数据处理和控制,使系统保持最佳工作状态。



4. 在人类生活中的应用

当前的家电产品,如洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、音响及许多高级电子玩具,都使用单片机作为控制器,从而提高了家电产品的自动化程度,增强了其功能。

5. 在其他方面的应用

单片机还广泛应用于办公自动化领域及汽车、通信、计算机外部设备等系统中。

1.1.4 单片机的发展

自单片机技术诞生至今,已走过了30多年的发展历程。从这30年的发展历程可以看出,单片机技术的发展是以微处理器技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域为动力,表现出较微处理器更具个性的发展趋势。目前,把单片机嵌入式系统和 Internet 联接已是一种趋势。

1. 单片机的发展阶段

单片机的发展大致经历了如下3个阶段:

(1)单片机的初级阶段。单片机诞生于20世纪70年代中期,我们把1978年以前的单片机时期称为单片机的初级阶段。这时,美国的仙童公司(Fairchild)首先推出了第一款单片机F-8;随后,Intel公司推出了在那一阶段具有代表意义的MCS-48单片机,此阶段的单片机是8位机,有并行口,没有串行口,寻址范围小于4KB。

(2)单片机的中级(成熟)阶段。1978年~1982年,单片机的性能得到了很大发展,硬件结构日趋成熟,指令系统逐渐完善。这一时段最具代表意义的单片机就是Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的6801系列以及Zilog公司的Z8系列等,这些单片机具有多级中断处理系统、16位定时/计数器、串行端口,存储器寻址范围达64KB,有些芯片还扩展了A/D转换接口。这一类单片机的应用领域极其广泛,在我国工业控制领域和电子测量方面也得到了广泛应用。

(3)单片机的高级(发展)阶段。1982年以后,单片机的发展进入了高级阶段,这一时期的主要特征是速度越来越快,功能越来越强,品种越来越多。8位机进入改良阶段,16位机和32位机相继出现,8位机、16位机、32位机共同发展。目前,单片机技术的发展仍以8位机为主。随着移动通信技术、网络技术以及多媒体技术等高科技产品进入家庭,32位机的应用得到了长足发展。而16位机的发展无论从品种,还是从产量方面,近年来都有较大幅度的增长。

2. 单片机技术的发展方向

随着单片机需求的发展,各生产厂家都在不断地改善单片机的功能,主要表现在提高运算速度、降低功耗、提高抗干扰能力和存储能力等几方面。

Motorola单片机使用了锁相环技术或内部倍频技术,使内部总线速度大大高于时钟产生的频率。

CMOS工艺的单片机代替了NMOS工艺单片机,使得功耗大幅度下降,随着超大规模集成电路技术由 $3\mu\text{m}$ 工艺发展到 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 以及 $0.35\mu\text{m}$,进而实现 $0.2\mu\text{m}$ 工艺,全静态设计使功耗不断下降。有些厂家生产的单片机可在1.8V电压下以50M/48MIPS全速工作,



功耗约为 20 mW。0.9 V 供电的单片机也已经问世，几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式；允许使用的电源电压范围也越来越宽，一般单片机都能在 3~6 V 范围内工作，有的可用电池直接供电。

为了提高单片机系统抗电磁干扰的能力，使产品能适应更恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片机厂家在单片机内部电路中增加了抗 EMI 电路等措施。

过去的单片机存储器是以掩膜型为主的，现在推出的单片机不再使用掩膜型存储器，而是具有在线可编程功能（ISP）的单片机。目前，MTP 可多次编程的单片机已被普遍使用。

1.1.5 单片机系列产品介绍

单片机种类繁多，而且还在不断推出新的更高性能的单片机品种。从国内使用情况来看，MCS-51 系列单片机的应用最广。下面介绍几个著名的单片机生产厂家的产品型号及功能。

1. MCS-51 系列单片机

最早由 Intel 公司推出的 MCS-51/52 系列单片机是世界上使用量最大的几种单片机之一，后来 MCS-51 系列单片机主要由 Philips、三星、华邦、ATMEL 和 STC 等公司生产。这些公司都在保持与 MCS-51 单片机兼容的基础上改善了 MCS-51 单片机的许多特性，提高了速度，降低了时钟频率，放宽了电源电压的动态范围，降低了产品价格。

2. STC 系列单片机

STC 系列单片机是宏晶科技生产的新一代增强型 8051 单片机，它在 8051 核的基础上，在片内集成了 1~62KB 的 Flash ROM、1280/256B RAM、E²ROM 等，实现了真正意义上的“单片机”！该系列单片机还可设置为 1T 工作模式，在系统/在线（ISP/IAP）可编程，全面提升了单片机的性能。

3. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机生产厂家，其生产的 8 位机有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列，200 多个品种，产量超过 2 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 和 68HC12 也有 30 多个品种。16 位机 68HC16 有十多个品种。32 位单片机的 683xxx 系列也有几十个品种。近年来，以 PowerPC、Coidfire、M.CORE 等为 CPU，将 DSP 作为辅助模块的单片机也已推出。Motorola 单片机的特点之一是在同样速度下所使用的时钟频率较 Intel 类单片机低很多，因而其高频噪声低，抗干扰能力强，更适合用于工控领域及恶劣的环境。

4. Microship 单片机

Microship 单片机是市场增长最快的单片机。它的主要产品是 16C 系列 8 位单片机，CPU 采用 RISC 结构，仅 33 条指令，运行速度快，价格较低，适用于量大、档次低、价格敏感的产品。

5. 华邦单片机

华邦单片机属于 8051 类单片机，它的 W78 系列与标准的 8051 兼容，W77 是增强型 51 系列，对 8051 的时序作了改进，在同样时钟频率下速度提高了 2.5 倍，FLASH 容量为 4~64 KB，有在线可编程功能。华邦的 4 位单片机有 921 系列和带 LCD 驱动的 741 系列。另外，华邦使用惠普公



司 PA-RISC 单片机技术生产低价位的 32 位机。

6. Epson 单片机

Epson 公司以制造液晶显示器著称,因此, Epson 单片机主要与该公司生产的 LCD 配套。其单片机的特点是 LCD 驱动部分做得特别好,在低电压、低功耗方面也很有特点。目前, 0.9 V 供电的单片机已经上市,不久,供 LCD 显示的手表类单片机将使用 0.5 V 供电。

7. Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品,它采用多累加器结构,有较强的中断处理能力。Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用,以 18 引脚封装为主,ROM 为 0.8~2 KB。最近, Zilog 公司又推出了 Z86 系列单片机,该单片机内部集成了廉价的 DSP 单元。

8. COP8 单片机

COP8 单片机是美国国家半导体公司的产品,该公司以生产先进的模拟电路著称,能生产高水平的数字模拟混合电路。COP8 单片机内集成了 16 位 A/D,内部使用了电磁兼容设计,具有 EMI 电路,在看门狗电路以及在 STOP 方式下单片机的唤醒方式上都有独到之处。此外, COP8 单片机的程序加密控制也做得比较好。

9. 其他单片机

NEC 单片机有 78K 系列 8 位机,也有 16 位、32 位机。16 位以上的单片机采用内部倍频技术,以降低外部时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。

东芝单片机从 4 位到 64 位门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大市场。8 位机主要有 870 系列、90 系列等,该类单片机允许使用慢模式,采用 32KHz 时功耗降至 10 μ A 数量级。CPU 内部多级寄存器的使用,使得中断响应与处理更加快捷。东芝的 32 位机采用 MIPS3000ARISC 的 CPU 结构,主要用于 VCD、数码相机和图像处理等领域。

富士通单片机有 8 位机、16 位机和 32 位机,但 8 位机使用的是 16 位机的 CPU 内核,与 16 位机具有相同的指令系统,使得开发比较容易。8 位机为 MB8900 系列,16 位机有 MB90 系列。

三星单片机的 4 位机有 KS51 系列和 KS57 系列,8 位机有 KS86 系列和 KS88 系列,16 位机有 KS17 系列,32 位机有 KS32 系列。三星单片机在 4 位机上采用 NEC 的技术,8 位机上引进 Zilog 公司 Z8 的技术,在 32 位机上运用了 ARM7 内核。

尽管目前单片机的品种很多,但其中最具有代表性的当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机,它品种全,兼容性强,软/硬件资料丰富,因此应用非常广泛,直到现在其仍不失为单片机中的主流机型。

1.2 计算机的数制与码制

1.2.1 数制的概念

数制即进位计数制,是按进位原则进行计数的一种方法。在生产实践中,人们使用最多的是



十进制数。基于计算机本身的硬件结构，在计算机中多采用二进制数来表示和存储数据。但直接使用二进制数，由于位数较长，书写、阅读和记忆都很不方便，因此在计算机语言的表达形式上，常采用十六进制数。

在采用进位计数制时，使用的数可写成按权展开式，即：

$$N = a_{n-1}R^{n-1} + a_{n-2}R^{n-2} + \dots + a_0R^0 + a_{-1}R^{-1} + \dots + a_{-m}R^{-m}$$

其中， a_i 可以是 $0 \sim (R-1)$ 中任意一个数码； m, n 为正整数； R 为基数。当 R 取不同的数值时， N 为不同进制的数。

(1) $R=10$ 时，就是十进制的表示形式， N 称为十进制数。

(2) $R=2$ 时，就是二进制的表示形式， N 称为二进制数。

(3) $R=16$ 时，就是十六进制的表示形式， N 称为十六进制数。

1. 数制

(1) 十进制

十进制数是人们最熟悉的一种数制，它的基数 R 为 10，数码为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9，进位规则是“逢十进一”。

例如：十进制数 4261.2 按权位展开可表示为：

$$4261.2 = 4 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1}$$

其中，第一个 2 的权是 10^2 ，表示 200；小数点后的 2 的权是 10^{-1} ，表示 0.2。

(2) 二进制

计算机采用二进制数，它的基数为 2，只有 0 和 1 两个数字符号，进位规则是“逢二进一”。用按权展开式来表示一个二进制数举例如下：

$$(1101.1)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$$

(3) 十六进制

十六进制数的基数为 16，有效的数码是 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F，其中 A, B, C, D, E, F 分别对应十进制的 10, 11, 12, 13, 14, 15，进位规则为“逢十六进一”。

一个多位十六进制按权展开式举例如下：

$$(A80C.3E)_{16} = A \times 16^3 + 8 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + C \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + E \times 16^{-2}$$

表 1-1

各种进制数之间的对应关系

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



在表示数的时候,为了区分不同的数制,可在数的右下角注明数制,或者在数的后面加一字母,通常用B(Binary)表示二进制,D(Decimal)表示十进制(通常不加字母),O(Octal)表示八进制,H(Hexadecimal)表示十六进制。

2. 数制之间的相互转换

人类习惯用的进制数是十进制数,而计算机内部唯一能识别的是二进制数,因此,掌握各种进制数之间的相互转换是很重要的。

(1) 其他进制数转换为十进制数

其他进制数转换为十进制数的方法是:将其他进制数写成按权展开式,然后各项相加求和。

【例 1-1】 把二进制数 1011.101 转换为十进制数。

$$1011.101=1\times 2^3+0\times 2^2+01\times 2^1+1\times 2^0+1\times 2^{-1}+0\times 2^{-2}+1\times 2^{-3}=11.625$$

十六进制数转换为十进制数的方法类似,将基数 2 换成 16 即可。

【例 1-2】 把十六进制数 0F3DH 转换为十进制数。

$$0F3DH=0\times 16^3+F\times 16^2+3\times 16^1+D\times 16^0=15\times 256+3\times 16+13\times 1=3\ 901$$

(2) 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数时,其整数部分和小数部分是分别转换的,其规律如下:

① 十进制数的整数部分第一次除以 2 所得的余数,就是对应的二进制数“个”位;其商再除以 2 所得的余数就是对应的二进制数“十”位,依次类推,即可获得对应的二进制数整数部分,这种方法称为除 2 取余法。

② 十进制数的小数部分乘以 2 所得的整数就是对应的二进制数小数部分小数点后第一位,乘积中的小数部分再乘以 2 所得的整数就是对应的二进制数小数部分小数点后第二位,依次类推,即可得到对应的二进制数小数部分,这种方法称为乘 2 取整法。

【例 1-3】 把十进制数 15.625 转换为对应的二进制数。

整数部分 15:

$$15\div 2=7.5, \text{ 整数部分为 } 7, \text{ 余数部分为 } 1。$$

$$7\div 2=3.5, \text{ 整数部分为 } 3, \text{ 余数部分为 } 1。$$

$$3\div 2=1.5, \text{ 整数部分为 } 1, \text{ 余数部分为 } 1。$$

$$1\div 2=0.5, \text{ 整数部分为 } 0, \text{ 余数部分为 } 1。$$

所以整数 15 相当于二进制数 1111B。

小数部分 0.625:

$$0.625\times 2=1.25, \text{ 整数部分为 } 1, \text{ 小数部分 } 0.25。$$

$$0.25\times 2=0.5, \text{ 整数部分为 } 0, \text{ 小数部分 } 0.5。$$

$$0.5\times 2=1.0 \text{ 整数部分为 } 1, \text{ 小数部分 } 0.0。$$

所以小数 0.625 相当于二进制数 0.101B。

综上, $15.625D=1111.101B$ 。

(3) 二进制数与十六进制数之间的相互转换

由于二进制数与十六进制正好满足 2^4 关系,因此它们之间的转换十分方便。

二进制整数部分转换为十六进制数时,方法是从右(最底位)向左将二进制每四位分为一组,最高位一组不足四位时应在左边加 0,以凑成四位一组,每一组用一位十六进制数表示;二进制

小数部分转换为十六进制数，方法是从小数点起从左至右将二进制数每四位分为一组，最低位一组不足四位时应在右边加 0，以凑成四位一组，每一组用一位十六进制数表示。

【例 1-4】将二进制数 1111000111.100101B 转换为十六进制数。

$$1111000111.100101B=001111000111.10010100B=3C7.94H$$

要将十六进制数转换为二进制数，只需用四位二进制数代替一位十六进制数即可。

【例 1-5】将十六进制数 2FB5H 转换为二进制数。

$$2FB5H=0010111110110101B=10111110110101B$$

1.2.2 码制的概念

1. 计算机中数的表示

计算机中处理的数常常是带符号数，即有正数与负数之分。为便于计算机识别与处理，通常在数的最高位上用 0 表示正数，用 1 表示负数。在工程中，用“+”或“-”表示的数叫真值（用十进制数表示）；二进制数表示的数称为机器数；若一个机器数的最高位是符号位，则称这个机器数为带符号的机器数（通常用 0 代表“+”，用 1 代表“-”）。例如：

真值	机器数
+1001B (+9)	01001
-1001B (-9)	11001

一个带符号的机器数在计算机中可以有原码、反码和补码三种表示方法，由于补码表示法在加减运算中具有优势，现在计算机中有符号数都采用补码表示法。

(1) 原码

对于带符号数来说，最高位表示带符号数的正负，其余各位表示该数的绝对值，这种表示称为原码表示法。如：

$$\begin{aligned} +74 &= +1001010B, [+74]_{\text{原}} = 01001010B \\ -74 &= -1001010B, [-74]_{\text{原}} = 11001010B \end{aligned}$$

8 位二进制数的原码表示的范围为 $-128 \sim +127$ 。

(2) 反码

带符号数也可以用反码表示，仍规定最高位为符号位，反码与原码的关系是：正数的反码与原码相同，负数取反码时符号位不变，其余各位按位取反。如：

$$\begin{aligned} +74 &= +1001010B, [+74]_{\text{反}} = 01001010B \\ -74 &= -1001010B, [-74]_{\text{反}} = 10110101B \end{aligned}$$

8 位二进制数的补码表示的范围为 $-127 \sim +127$ 。

(3) 补码

在计算机中，带符号数并不用原码或反码表示，而是用补码表示的。补码仍然用最高位来表示符号位，正数的补码与反码、原码相同；负数的补码和原码的关系是符号位不变，其余各位按位求反后再加 1。如：

$$\begin{aligned} +74 &= +1001010B, [+74]_{\text{补}} = 01001010B = 4AH \\ -74 &= -1001010B, [-74]_{\text{补}} = 10110110B = B6H \end{aligned}$$



微型计算机中所有的带有符号数都是以补码形式来存储的。对于8位二进制数来说，补码表示的范围为-128~+127（即80H~FFH对应-128~-1，00H~7FH对应0~+127）。

在进行程序调试时，常需要由一个数的补码来计算该数的真值，通常方法主要有以下两种：

① 补码→反码→原码→真值。如在计算机中有一个带符号数为E6H，其真值的求解方法为：

补码：E6H=11100110B→反码：11100101B→原码：10011010B→真值：-26。

② 采用模的概念来计算补码的真值。模就是一个计算机所能表示的最大的数，不同位数的计算机，其模各不相同。比如8位计算机，其所能表示的最大数为 $2^8=256=100H$ ，则我们就称100H是8位计算机的模；同样地，10000H就是16位机的模。

了解了模的概念，我们就可以利用模来计算补码的真值。根据模的概念和补码的定义，可以有这样的结论：两个互为相反数的补码之和就等于它们的模。因此，实际应用中，常采用模的概念来计算机数的真值。

如：8位机中，+5和-5是互为相反数的两个数，+5的补码为05H，-5的补码为FBH，它们的和为05H+FBH=100H。

如：计算机中有一个带符号数为E6H，则它所对应的相反数为 $100H-E6H=1AH=26$ ，因此可以得知E6H的真值就为-26。

在计算机中存储的一个数据，可能是无符号数，也有可能是带符号数，具体由编程者决定。

如：在计算机中有一个数为95H，若编程者认为它是无符号数，则它的值为149；若编程者认为它是带符号数，则95H一定为补码，其真值为-107。

2. 二进制编码

由于在计算机中数是用二进制表示的，因而在计算机中表示的数、字母、符号等都要以特定的二进制数组合来表示，称为二进制编码。

(1) BCD 码

十进制数包含0~9十个数码，这10个数可以用4位二进制数来表示，这种用4位二进制数表示的十进制数称为二进制编码的十进制数，简称为BCD码(Binary Coded Decimal)。表1-2列出了用4位二进制数编码表示1位十进制数较常用的8421BCD码。

表1-2

8421BCD码

十进制数	8421BCD码	十进制数	8421BCD码
0	0000B(0H)	5	0101B(5H)
1	0001B(1H)	6	0110B(6H)
2	0010B(2H)	7	0111B(7H)
3	0011B(3H)	8	1000B(8H)
4	0100B(4H)	9	1001B(9H)

例如：十进制数7206.29的BCD码是0111001000000110.00101001BCD。

可见，十进制数与BCD码的转换是比较直观的，BCD码与二进制数之间的转换并不是直接的，要先将BCD码转换成十进制数后才能转换为二进制数；反之亦然。

【例1-6】用BCD码计算47+78。