



高等教育应用型
本科计算机类课程规划教材

单片机原理及应用

GAODENG JIAOYU YINGYONGXING
BENKE JISUANJILEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

主编 黄河 郭纪林 主审 李明

大连理工大学出版社



高等教育应用型本科计算机类课程规划教材

单片机原理及应用

主审 李 明

主编 黄 河 郭纪林 副主编 徐猛华 黄永忠 张 兰



DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 黄河,郭纪林 2006

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 黄河,郭纪林主编. — 大连:大连理工大学出版社,2006.6
高等教育应用型本科计算机类课程规划教材
ISBN 7-5611-3168-2

I. 单… II. ①黄… ②郭… 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 039579 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:16.25 字数:367 千字

印数:1~3 000

2006 年 6 月第 1 版

2006 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:张 丽

责任校对:于婷婷

封面设计:波 朗

定 价:28.00 元

前 言

MCS-51 系列单片机的出现,确立了单片机作为微控制器(MCU)的地位,引起了微型计算机领域的新变革。在品种众多的单片机中,MCS-51 系列单片机以其结构的完整、特殊功能寄存器的规范以及指令系统的通俗易懂等特色,成为单片机的主流机型。

作为典型嵌入式系统的单片机,在我国大规模应用已有十余年的历史。在全国高等工科院校中已普遍开设了单片机及其相关课程。单片机已成为电子系统设计中应用最普遍的一个部分。除了单独设置课程外,在许多实践环节如课程设计、毕业设计、课题论文中,单片机系统中也都得到了最广泛的应用。近年来,在各高校还大力推行各种电子设计竞赛。采用单片机系统来解决各类电子技术问题已成趋势。因此,更好地解决高等工科院校单片机及其相关课程教材具有十分重要的意义。

本书以 MCS-51 系列单片机为主线,从培养实用能力的角度出发,采用教、学、练为一体的教学模式,通过大量的应用实例,指导读者在实践中掌握单片机实用技术所需的基础知识和基本技能。本书还详细介绍了目前国内外使用较为广泛的调试软件 Keil 在系统设计中的应用。本书在编写过程中将应用实例穿插在基础理论中讲解,力求读者将理论与实践相结合。

本书的作者都是多年从事单片机教学和设计的双师型教师,他们既有丰富的理论知识,又有一定的实践经验,深刻地体会到一本好的教材对于教学和工程实际的重要性。因此,本书的作者是将该教材在教学和实践中使用多年后再出版,同时借鉴了市场上大量的相关教材,做了很大的修



2 / 单片机原理及应用 □

改,希望能做到既满足普通高校老师的教,又能适合学生的学,同时为社会上的培训学员也提供一份易学好懂的实用教材,总之全书具有较强的系统性、先进性和实用性。内容安排由浅入深,采用大量实例辅助概念及功能进行讲解,图文并茂,语言精练,通俗易懂。在每一章的开始都有内容介绍,章后有小结,并且附有典型实例,供读者复习和自测。本书可作为高等本科院校电子信息技术、计算机与通信技术、机电一体化与自动化等专业的单片机课程教材和相关工程技术人员的单片机技术参考用书。

本教材由东华理工学院黄河、南昌大学郭纪林任主编,东华理工学院徐猛华、东华理工学院黄永忠、东华理工学院张兰任副主编。具体编写分工如下:第1、3、9章由黄河编写;第2、6、8章由徐猛华编写;第4、5、7章由黄永忠编写。全书由郭纪林、张兰统稿定稿。大连水产学院职业技术学院的李明老师审阅了全部书稿。

尽管我们在探索《单片机原理及应用》教材特色建设的突破方面作出了许多努力,但是由于作者的水平有限,教材中难免存在疏漏之处,恳请各相关教学单位和读者在使用本教材的过程中给予关注,并将意见和建议及时反馈给我们,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84706104 84707492

编者
2006年5月



第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 单片机的特点	1
1.2 单片机的发展	3
1.3 单片机的应用	7
1.4 微机中的数据	9
小 结	18
习 题	19
第 2 章 MCS-51 单片机系统结构	20
2.1 MCS-51 单片机总体结构	20
2.2 MCS-51 单片机存储器组织	27
2.3 MCS-51 单片机时钟电路与时序	34
2.4 MCS-51 单片机的工作方式与复位状态	40
小 结	46
习 题	46
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统	47
3.1 概 述	47
3.2 指令的寻址方式	49
3.3 MCS-51 单片机指令系统分类	55
3.4 MCS-51 单片机指令汇总表	78
小 结	81
习 题	82
第 4 章 MCS-51 汇编语言程序设计	83
4.1 伪指令	83
4.2 程序设计的方法	84
4.3 程序设计举例	88
小 结	97
习 题	97
第 5 章 MCS-51 单片机内部模块	99
5.1 输入/输出并行端口	99
5.2 中断系统	104

4 / 单片机原理及应用 □

5.3 定时器/计数器	110
5.4 串行接口	116
小 结	123
习 题	123
第 6 章 MCS-51 单片机系统扩展技术	125
6.1 MCS-51 单片机系统扩展原理	126
6.2 存储器扩展	130
6.3 并行接口扩展	139
6.4 串行通信接口扩展	148
6.5 D/A 转换接口	159
6.6 A/D 转换接口	165
小 结	169
习 题	170
第 7 章 单片机系统的基本 I/O 设备接口	171
7.1 键盘接口	171
7.2 显示器 LED 接口	177
7.3 微型打印机接口	182
7.4 液晶显示器 LCD 接口	186
小 结	192
习 题	192
第 8 章 单片机应用系统的研制	193
8.1 单片机应用系统的设计步骤	193
8.2 单片机开发系统	199
8.3 单片机应用系统开发实例	204
小 结	210
第 9 章 单片机实验	211
9.1 单片机实验系统介绍	211
9.2 软件实验	230
9.3 硬件实验	237
小 结	254

第 1 章

单片机基础知识

本章将介绍单片机一些基础知识,包括单片机的特点、发展、应用及微机中的数据的表示与运算。通过本章的学习,读者可对单片机特别是 MCS-51 系列单片机有大致的认识,为随后各章的学习打下基础。

1.1 单片机的特点

电子计算机的发展经历了从电子管、晶体管、集成电路到大(超大)规模集成电路的四个阶段,即通常所说的第一代、第二代、第三代和第四代计算机。现在广泛使用的微型计算机是大规模集成电路技术发展的产物,因为它属于第四代计算机,而单片机是微型计算机的一个分支。从 1971 年微型计算机问世以来,由于实际应用的需要,微型计算机向着两个不同的方向发展,一个是向高速、大容量、高性能的高档微机方向发展;另一个则是向稳定可靠、体积小和价格廉的单片机方向发展。但两者在原理和技术上是紧密联系的。

1.1.1 单片机名称的由来

无论规模大小,性能高低,计算机的硬件系统都是由运算器、存储器、输入设备、输出设备以及控制器等单元组成。在通用计算机中,这些单元被分成若干块独立的芯片,通过电路连接而构成一台完整的计算机。而单片机技术则将这些单元全部集成到一块集成电路中,即一块芯片就构成一个完整的计算机系统。具体说就是把中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、中断系统、定时器/计数器以及 I/O(Input/Output)接口电路等主要微型机部件集成在一个芯片上。这成为当时这一类芯片的典型特征,因此,就以 Single Chip Microcomputer 来称呼这一类芯片,中文译为“单片机”,这在当时是一个准确的表达。但随着单片机技术的不断发展,“单片机”已无法确切地表达其内涵,国际上逐渐采用 MCU(MicroController Unit)来称呼这一类计算机,并成为单片机界公认的、最终统一的名词。国内由于多年来一直使用“单片机”的称呼,已约定俗成,所以目前仍采用“单片机”这一名词。

单片机在应用时,通常是处于控制系统的核心地位并融入其中,即以嵌入的方式进行使用,为了强调其“嵌入”的特点,也常常将单片机称为嵌入式微控制器 EMCU(Embed-

ded MicroController Unit)。在单片机的电路和结构中,有许多嵌入式应用的特点。

1.1.2 通用单片机和专用单片机

根据控制应用的需要,可以将单片机分为通用型和专用型两种类型。通用型单片机是一种基本芯片,它的内部资源比较丰富,性能全面且适用性强,能覆盖多种应用需求。用户可以根据需要设计成各种不同的应用控制系统。即通用单片机有一个再设计的过程,通过用户的进一步设计,才能组建成一个以通用单片机芯片为核心再配以其他外围电路的应用控制系统。本书所介绍的都是通用型单片机的内容。

但在单片机的控制应用中,很多情况下是专门针对某一个特定产品设计的,例如电度表和 IC 卡读写器上的单片机等。这种应用的最大特点是针对性强且数量大,为此厂家常与芯片制造商合作,设计和生产专用的单片机芯片。由于专用单片机芯片是针对一种产品或一种控制应用而专门设计的,设计时已经对系统结构的最简化、软硬件资源利用的最优化、可靠性和成本的最佳化等方面都作了通盘考虑和论证,所以专用单片机具有十分明显的综合优势。

今后,随着单片机应用的广泛和深入,各种专用单片机芯片将会越来越多,并且必将成为今后单片机发展的重要方向。但是,无论专用单片机在应用上有多么“专”,其原理和结构却都还是建立在通用单片机的基础之上。

1.1.3 单片机与单片机系统

单片机通常是指芯片本身,它是由芯片制造商生产的,在它上面集成的是一些作为基本组成部分的运算器、控制器、存储器、中断系统、定时器以及输入/输出接口等电路。但一个单片机芯片并不能把计算机的全部电路集成到其中,例如,组成谐振电路和复位电路的石英晶体、电阻、电容等,这些元件在单片机系统中只能以散件的形式出现。此外,在实际的控制应用中,常常需要扩展外围电路和外围芯片。从中可以看到单片机和单片机系统的差别,即单片机只是一个芯片,而单片机系统则是在单片机芯片的基础上扩展其他电路或芯片构成具有一定应用功能的计算机系统。

通常所说的单片机系统都是为实现某一控制应用需要由用户设计的,是一个围绕单片机芯片而组建的计算机应用系统。在单片机系统中,单片机处于核心地位,是构成单片机系统的硬件和软件基础。

在单片机硬件的学习中,既要学习单片机,也要学习单片机系统,即单片机芯片内部的组成、原理以及单片机系统的组成方法。

1.1.4 单片机应用系统与单片机开发系统

单片机应用系统是为控制应用而设计的,该系统与控制对象结合在一起使用,是单片机开发应用的成果。但由于软硬件资源所限,单片机系统本身不能实现自我开发,要进行系统开发设计,必须使用专门的单片机开发系统。

单片机开发系统是单片机系统开发调试的工具。在早期,人们曾把逻辑分析仪作为单片机应用系统的开发工具来使用,但由于功能有限,只能用于简单的单片机系统,对于

复杂的单片机系统,可使用微型计算机来进行应用开发,人们把能开发单片机的微型计算机称为微型机开发系统 MDS(Microcomputer Development System);此外,还有专门的单片机开发系统,称为在线仿真器 ICE(In Circuit Emulator),通过它可以进行单片机应用系统的软硬件开发和 EPROM 的写入。

其实仿真器本身也是一个单片机系统,只不过它是一个用于设计系统的系统。当设计单片机应用系统时,首先要根据所使用的单片机型号购买一台相应的在线仿真器,然后才能开展设计工作。目前国内市场上仿真器的型号较多,如:DICE、SICE、DP-852、KDC-51、SBC-51、EUDS-51 等。

虽然仿真器要比一般的单片机系统复杂,但其规模和功能与微型计算机还无法相比。例如,在仿真器中没有像微型机那样复杂的操作系统,而只是使用称之为监控程序的简单管理程序;另外,绝大多数仿真器中也没有汇编程序,用户的汇编语言应用程序要拿到其他微型机计算机上通过交叉汇编,才能得到供单片机使用的二进制目标码程序。

1.2 单片机的发展

1.2.1 单片机发展概述

继 1971 年微处理器的研究成功不久,就出现了单片的微型计算机即单片机,但最早出现的单片机是一位。1976 年 Intel 公司推出了 8 位的 MCS-48 系列单片机,它以体积小、控制功能全、价格低等特点,赢得了广泛的应用好评,为单片机的发展奠定了坚实的基础。其后,在 MCS-48 成功的刺激下,许多半导体芯片生产厂商竞相研制和发展自己的单片机系列。到 20 世纪 80 年代末,世界各地已相继研制出大约 50 个系列 300 多个品种的单片机产品,其中包括 Motorola 公司的 6801、6802, Zilog 公司的 Z-8 系列, Rockwell 公司的 6501、6502 等。此外,日本的 NEC 公司、日立公司等也不甘落后,相继推出了各自的单片机品种。

尽管目前单片机的品种很多,但是在我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 单片机系列。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位的单片机,但其功能较 MCS-48 有很大的增强。此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点,因此应用愈加广泛,成为比 MCS-48 更重要的单片机品种。直到现在, MCS-51 仍不失为单片机的主流系列。

继 8 位单片机之后,又出现了 16 位单片机,1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机就是其中的典型代表。与 MCS-51 相比, MCS-96 不但字长增加一倍,而且在其他性能方面也有很大提高,特别是芯片内还增加了一个 4 路或 8 路的 10 位 A/D 转换器,使其具有 A/D 转换的功能。

1.2.2 单片机发展的三个阶段

单片机微处理器的发展历史大致分为三个阶段(见表 1-1):

表 1-1

Intel 系列单片机微处理器发展年代

1976 年	1977 年	1978 年	1980 年	1981 年	1982 年	1983 年	1984 年	1985 年
8748	8022	8741	8751	8750	8096	80C51	87C51	83C252
8048	8021	8041	8051	8050		8744		87C252
8035	8020	8749	8031	8040		8044		80C252
		8049				80C49		
		8039				8752		
						8052		
						8032		

第一阶段(1976 年~1978 年):初级单片机微处理器阶段

20 世纪 70 年代,美国仙童公司首先推出了第一款单片机 F-8,随后 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机系列。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,此系列的单片机具有 8 位 CPU、并行 I/O 端口、8 位时序同步计数器,寻址范围不大于 4KB,但是没有串行口。其他一些公司如 Motorola、Zilog 等也先后推出了自己的单片机,取得了一定的成果,这是单片机的起步与探索阶段。总的来说,这一阶段的单片机性能较弱,属于低、中档产品。

第二阶段(1978 年~1982 年):高性能单片机微处理器阶段

随着集成技术的提高以及 CMOS 技术的发展,单片机的性能也随之改善,高性能的 8 位单片机相继问世。1980 年 Intel 公司推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机, Motorola 公司推出了 6801, Zilog 公司推出了 Z-8 等。单片机性能得到很大的提高,应用领域也大为扩展。该类型单片机具有串行 I/O 端口,有多级中断处理系统,16 位时序同步计数器, RAM、ROM 容量加大,寻址范围可达 64KB,有的芯片甚至还带有 A/D 转换接口。由于该系列单片机应用领域极其广泛,各公司正大力改进其结构与性能。这一阶段是单片机的完善阶段。

第三阶段(1982 年~现在):8 位单片机微处理器改良型及 16 位单片机微处理器阶段

1983 年 Intel 公司推出了 16 位 MCS-96 系列单片机,加入了更多的外围接口,如模/数转换器(ADC)、看门狗(WDT)、脉宽调制器(PWM)等,其他一些公司也相继推出了各自的高性能单片机系统。随后许多用在高端单片机上的技术被下移到 8 位单片机上,这些单片机内部一般都有非常丰富的外围接口,强化了智能控制器的特征,这是 8 位单片机与 16 位单片机的推出阶段。

近年来,Intel、Motorola 等公司又先后推出了性能更为优越的 32 位单片机,单片机的应用达到了一个更新的层次。

随着科学技术的进步,早期的 8 位中、低档单片机逐渐被淘汰。但 8 位单片机并没有消失,尤其是以 80C51 为内核的单片机,不仅没有消失,还呈现快速发展的趋势。

纵观单片机近 30 年的发展历程,单片机今后将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路简单化以及片内存储器容量增加的方向发展。但其位数不一定会继续增加,尽管现在已经有了 32 位单片机,但使用的并不多。可以预言,今后的单片机将具有功能更强、集成度和可靠性更高而功耗更低、使用更方便等特点。此外,专用化也是单片机的一个发展方向,针对单一用途的专用单片机将会越来越多。

1.2.3 80C51 单片机系列

1. MCS-51 单片机系列

MCS-51 是一个单片机系列产品,具有多种芯片型号。具体说,按其内部资源配置的不同,MCS-51 可分为两个子系列和四种类型,见表 1-2。

表 1-2 MCS-51 系列单片机分类

资源 配置 子系列	片内 ROM 形式				片内 ROM 容量	片内容量	定时器 /计数器	中断器
	无	ROM	EPROM	E ² PROM				
51	8031	8051	8751	8951	4KB	128B	2×16	5
	80C31	80C51	87C51	89C51	4KB	128B	2×16	5
52	8032	8052	8752	8952	8KB	256B	3×16	6
	80C32	80C52	87C52	89C52	8KB	256B	3×16	6

按资源的配置数量,MCS-51 系列分为 51 和 52 两个子系列,其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列则是增强型,它们以芯片型号最末位的数字 1 和 2 作为标志。

52 作为增强型子系列,由于资源数量的增加,其芯片的功能也有所增强。例如,片内 ROM 容量从 4KB 增加到 8KB,片内 RAM 单元数从 128B 增加到 256B,定时器/计数器的数目从 2 个增加到 3 个,中断源从 5 个增加到 6 个等。单片机内部存储(ROM)的配置有不含有内部程序存储器(写为“无”或 ROM less)、掩膜只读存储器(写为 ROM 或 Mask ROM)、紫外线擦除可编程只读存储器(写为 EPROM 或 OTP ROM)、电擦除可编程只读存储器(写为 E²PROM 或 Flash ROM)四种类型,所对应的 51 子系列芯片名称依次为:8031、8051、8751 和 8951。

2. 80C51 和 8051 的比较

既然 80C51 系列是在 MCS-51 系列 8051 芯片的基础上发展起来的,因此兼容性、改进和增强的方面将是 80C51 与 8051 进行比较的主要内容。

首先,与 8051 兼容是对 80C51 芯片的最基本要求,以确保 8 位单片机 MCS-51 系列的继续发展。兼容应包括指令、引脚信号、总线等多个方面,指令兼容能保证两者之间不存在指令障碍以维持软件的可移植性,而引脚信号和封装以及总线的兼容则确保两者在系统扩展和接口方面的一致性,有利于系统的开发和应用。

80C51 的最大改进是在芯片的半导体工艺上。早期的 MCS-51 系列芯片采用 HMOS 工艺,即高密度短沟道 MOS 工艺,而 80C51 芯片则采用 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合,除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点之外,还具有 CMOS 低功耗的特点。例如,8051 芯片的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗只有 120mW,这样低的功耗,用一粒纽扣电池就可以工作。低功耗对单片机芯片在便携手提式或野外作业的仪表设备上使用十分有利。

80C51 在功耗增强方面也做了许多工作。为进一步降低功耗,80C51 芯片增加了待机和掉电保护两种工作方式,以保证单片机在掉电情况下,能以最低的消耗电流维持。

此外,在 80C51 芯片中,内部程序存储器除 ROM 型和 EPROM 型之外,还有 E²PROM 型,例如,89C51 就有 4KB 的 E²PROM。并且随着集成技术的提高,80C51 系

列片内程序存储器的容量也越来越大,目前已有 64KB 的芯片了。另外,许多 80C51 芯片的存储器还具有程序存储器保密机制,以防止应用程序泄密或被复制。

最后说明,在我国除使用 MCS-51 系列单片机外,还有一些其他类型的单片机也在使用,主要有 Motorola 公司的单片机芯片,如 MC68H11 系列等。Motorola(中国)公司已将其公司单片机芯片在中国的推广应用作为工作目标之一。

1.2.4 单片机发展的一些特点

目前单片机的发展有如下特点:

(1)CMOS 化

由于 CHMOS 技术的进步,大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除具有低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态下。

(2)低电压、低功耗化

单片机允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6V 范围内工作,低电压供电的单片机电源下限可达 1V,1V 以下供电的单片机也已问世。单片机的功耗已从 mA 级降到 μA 以下。低功耗化的效应不仅是功耗能低,而且还带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

(3)大容量化

随着单片机控制范围的增加,控制功能的日渐复杂,以及高级语言的广泛应用,单片机的存储容量被提出了更高的要求。目前,51 系列单片机内 ROM 最大可达 64KB, RAM 可达 2KB。

(4)高性能化

通过进一步改善 CPU 的性能,加快指令运算速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度高者已达 100MIPS(Million Instructions Per Second,即兆指令每秒)。

(5)小容量低价格化

以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化是单片机的另一发展方向。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化,可广泛用于家庭新产品中。

(6)串行扩展技术

在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP 及各种类型片内程序存储器技术的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

在单片机家族中,80C51 系统是其中的佼佼者。Intel 公司将其 MCS-51 系列单片机中的 8051 内核以出售或互换专利的方式授权给了很多其他公司,例如 Philips、NEC、Atmel 等,因此,有很多公司在生产以 8051 为内核的单片机。这些公司在保持与 8051 单片机兼容的基础上,改善了 8051 单片机的许多特性。这样,8051 就成为有众多制造厂商支持的、在 CMOS 工艺基础上发展出上百品种的大家族,现统称为 80C51 系列。

这一系列单片机包括了很多种,其中 89C51 单片机近年来在我国非常流行,它由美

国 Atmel 公司开发生产,最大的特点是内部有可以多次重复编程的 Flash ROM,并且 Flash ROM 可以直接用编程器来擦写(电擦写),使用方便。

表 1-3 介绍了 Intel 公司的主要单片机微处理器系列。

表 1-3 Intel 公司主要单片机微处理器系列

系列	型号	芯片内存 储器(字节)		芯片外存储器 寻址范围(字节)		I/O 口		中 断 源	计数器 (个 * 位)	石英振 荡器 MHz	典型 指令 周期 μ s	封 装	备注
		ROM/ EPROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行						
MCS-48	8048	1K	64	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~8	1.9	40	
	8748	1K	64	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~8	1.9	40	
	8035	—	64	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~8	1.9	40	
	8049	2K	128	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~11	1.36	40	
	8749	2K	128	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~11	1.36	40	
	8039	—	128	256	4K	27	—	2	1 * 8	2~11	1.36	40	
MCS-51	8051	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	8751	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	8031	—	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	8052AH	8K	256	64K	64K	32	UART	6	3 * 16	2~12	1	40	
	8752AH	8K	256	64K	64K	32	UART	6	3 * 16	2~12	1	40	
	8032AH	—	256	64K	64K	32	UART	6	3 * 16	2~12	1	40	
	80C51	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	80C31	—	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	87C51	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2 * 16	2~12	1	40	
	80C252	8K	256	64K	64K	32	UART	7	3 * 16	2~12	1	40	
	87C252	8K	256	64K	64K	32	UART	7	3 * 16	2~12	1	40	
	83C252	—	256	64K	64K	32	UART	7	3 * 16	2~12	1	40	
	8052AH	8K	256	64K	64K	32	UART	6	3 * 16	2~12	1	40	
	BASIC												
RUPI-44	8044	4K	192	64K	64K	32	SIU	5	2 * 12	12	1	40	SUI 最大 传输率2.4 Mbps 距离 30 米
	8744	4K	192	64K	64K	32	SIU	5	2 * 12	12	1	40	
	8344	—	192	64K	64K	32	SIU	5	2 * 12	12	1	40	
MCS-96 (16 位处 理器)	8094	—	232	64K	64K	32	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	48	4 * 10 位 A/D
	8095	—	232	64K	64K	32	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	48	
	8096	—	232	64K	64K	48	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	68	8 * 10 位 A/D
	8097	—	232	64K	64K	48	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	68	
	8394	8K	232	64K	64K	32	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	48	4 * 10 位 A/D
	8395	8K	232	64K	64K	32	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	48	
	8396	8K	232	64K	64K	48	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	68	8 * 10 位 A/D
	8397	8K	232	64K	64K	48	UART	8	4 * 16 软件	12	1~2	68	

1.3 单片机的应用

1.3.1 单片机应用的特点

单片机的特点很多,我们仅从应用的角度讨论如下几个方面:

(1) 控制系统在线应用

一提起单片机,大家会不约而同地联想到它的控制功能。实际上计算机的控制应用范围十分广泛,概括地可分为两个方面。

① 计算机在控制系统中的离线应用。计算机的离线应用包括利用计算机实现对控制系统总体的分析、设计、仿真及建模等工作,也可以把这类计算机应用称为控制系统的计

算机辅助设计,或简称控制系统 CAD。离线控制应用是针对大型复杂的控制系统,对计算机性能要求较高,需要计算机的软硬件资源较多,因此常使用微型机或小型机实现。

②计算机在控制系统中的在线应用。计算机的在线应用就是以计算机代替常规的模拟或数字控制电路,使计算机位于其中并成为控制系统、测试系统或信号处理系统的一个组成部分。通常把这种带计算机的控制系统称为计算机控制系统。

计算机控制系统由于计算机要身处其中,因此对计算机有体积小、功耗低、价格廉以及控制功能强等要求。为满足这些要求,应当使用单片机。

然而在线控制应用中由于单片机与控制对象联系密切,所以不但对单片机的性能要求高,而且对设计者的要求也很高,他们不但要熟练掌握单片机,而且还要了解控制对象,懂得传感技术,具有一定的控制理论和知识等。

(2) 软硬件结合

虽然单片机的引入使控制系统大大“软化”,但与其他计算机应用问题相比,单片机控制应用中的硬件内容仍然较多,所以说单片机控制应用有软硬件相结合的特点。为此,在单片机的应用设计中需要软、硬件统筹考虑,设计者不但要熟练掌握汇编语言的编程技术,而且还要具备较扎实的单片机硬件的理论和实践知识。

(3) 应用现场环境比较恶劣

通常单片机应用现场的环境比较恶劣,电磁干扰、电源波动、冲击震动、高低温等因素都会影响系统工作的稳定。此外,无人值守环境也会对单片机系统的稳定性和可靠性提出更高的要求。所以稳定和可靠在单片机的应用中具有格外重要的意义。

在单片机芯片方面,大规模系统集成和总线结构是单片机稳定可靠的根本保证。除此之外,为提高稳定性,单片机的允许电压变化范围很宽。通常单片机使用 5V 电压,但是有的单片机芯片能在 2.2V 甚至 0.9V~1.2V 的低电压下正常工作。至于单片机的温度特性,按能适应的环境温度范围划分为三个等级,即:

民用级 0~+70℃

工业级 -40~+85℃

军用级 -65~+125℃

使用时应根据现场温度情况选择芯片。

在软件方面,软件固化也是系统可靠的一个保证,因为固化的程序不能被修改,同时也可避免病毒的侵袭。

除了芯片本身的因素外,为提高单片机应用系统的稳定性和可靠性,还要在系统的设计和工艺中,有针对性地采用一些提高稳定性和可靠性的技术,例如,接地技术、屏蔽技术、隔离技术、滤波技术以及抑制反电势干扰技术等。

(4) 应用的广泛性及其重要意义

在生活和生产的各个领域,凡是有自动控制要求的地方都会有单片机的身影出现,从简单到复杂,从空中、地面到地下,凡是能想像到的地方几乎都有使用单片机的需求。现在,尽管单片机的应用已经很普遍了,但仍有许多可以用单片机控制而尚未实现的项目。因此,单片机的应用大有想像和拓展空间。

单片机的应用有利于产品的小型化、多功能化和智能化,有助于提高劳动效率,减轻

劳动强度,提高产品质量,改善劳动环境,减少能源和材料消耗,保证安全等。

但是,单片机应用的意义绝不仅限于它的广阔范围以及所带的经济效益上,更重要的意义还在于:单片机的应用正从根本上改变着传统控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在已能使用单片机通过软件(编程序)方法实现了。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术“软化”技术,称之为微控制技术,微控制技术是一种全新的概念,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,微控制技术必将不断发展、日益完善和更加充实。

1.3.2 单片机应用的领域

(1)智能产品

单片机微处理器与传统的机械产品相结合,使传统机械产品结构简化、控制智能化,构成新一代的机电一体化产品。例如,传真打字机采用单片机,可以取代近千个机械器件;缝纫机采用单片机控制,可执行多功能自动操作、自动调速、控制缝纫花样的选择。

(2)智能仪表

用单片机微处理器改良原有的测量、控制仪表,能使仪表数字化、智能化、多功能化、综合化。而测量仪器中的误差修正、线性化等问题也可迎刃而解。

(3)测控系统

用单片机微处理器可以设计各种工业控制系统、环境控制系统、数据控制系统。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以及汽轮机电液调节系统等。

(4)数控型控制机

在目前数字控制系统的简易控制机中,采用单片机可提高可靠性,增强其功能、降低成本。例如,在两坐标的连续控制系统中,用8051单片机微处理器组成的系统代替Z-80组合系统,在完成同样功能的条件下,其程序长度可减少50%,提高了执行速度。数控型控制机采用单片机后可能改变其结构模式,例如,使控制机与伺服控制分开,用单片机构成的步进电机控制器可减轻数控型控制机的负担。

(5)智能接口

微电脑系统,特别是较大型的工业测控系统中,除外围装置(打印机、键盘、磁盘、CRT)外,还有许多外部通信、采集、多路分配管理、驱动控制等接口。这些外围装置与接口如果完全由主机进行管理,势必造成主机负担过重,降低执行速度,如果采用单片机进行接口的控制与管理,单片机微处理器与主机可并行工作,大大地提高了系统的执行速度。如在大型数据采集系统中,用单片机对模拟/数字转换接口进行控制,不仅可提高采集速度,还可对数据进行预先处理,如数字滤波、线性化处理、误差修正等。在通信接口中采用单片机可对数据进行编码译码、分配管理、接收/发送控制等。

1.4 微机中的数据

计算机用于处理各种信息,首先需要将信息表示成具体的数据形式。选择什么样的数制来表示数据,对机器的结构、性能和效率有很大的影响。二进制是计算机中数制的基

础。

所谓二进制形式,是指每位数码只取二个值,要么是“0”,要么是“1”,数码最大值只能是1,超过1就应向高位进位。为什么要采用二进制形式呢?这是因为二进制最简单,它仅有二个数字符号,这就特别适合用电子元件来表示。制造有两个稳定状态的元器件一般比制造具有多个稳定状态的元器件要容易得多。

计算机内部采用二进制表示各种数据,对于单片机而言,其主要的数据类型分为数值数据和逻辑数据两种。下面分别介绍数制概念和各种数据的机内表示、运算等知识。

按进位的原则进行计数,称为进位计数制,简称“数制”。数制有多种,在计算机中常使用的有十进制、二进制、八进制和十六进制。

1.4.1 常用的进位计数制

1. 十进制

按“逢十进一”的原则进行计数,称为十进制。十进制的基为“十”,即它所使用的数码为0~9,共10个数字。十进制各位的权是以10为底的幂。每个数所处的位置不同,它的值是不同的,每一位数是其右边相邻那位数的10倍。

对于任意一个十进制数,都可以写成如下形式:

$$D_3D_2D_1D_0 = D_3 \times 10^3 + D_2 \times 10^2 + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0$$

上述式子从右至左各位的权分别是1、10、100和1000,即以10为底的0次幂、1次幂、2次幂和3次幂,通常简称为0权位、1权位、2权位和3权位等。上式称为按权展开式。

$$\text{例: } 3721 = 3 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 1 \times 10^0$$

2. 二进制

按“逢二进一”的原则进行计数,称为二进制。二进制的基为“二”,即它使用的数码为0、1,共2个。二进制各位的权是以2为底的幂。任意一个4位二进制数按权展开式如下:

$$B_3B_2B_1B_0 = B_3 \times 2^3 + B_2 \times 2^2 + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0$$

由此可知,4位二进制中各位的权是:

$$\begin{array}{cccc} 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ 8 & 4 & 2 & 1 \end{array}$$

$$\text{例: } (1100)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 12$$

3. 八进制

按“逢八进一”的原则进行计数,称为八进制。八进制的基为“八”,即它使用的数码为0~7,共8个数字。八进制的权是以8为底的幂。任意一个4位八进制数的按权展开式如下:

$$O_3O_2O_1O_0 = O_3 \times 8^3 + O_2 \times 8^2 + O_1 \times 8^1 + O_0 \times 8^0$$

$$\text{例: } (1357)_8 = 1 \times 8^3 + 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 7 \times 8^0 = 751$$

4. 十六进制

按“逢十六进一”的原则进行计数,称为十六进制。十六进制的基为“十六”,即它使用