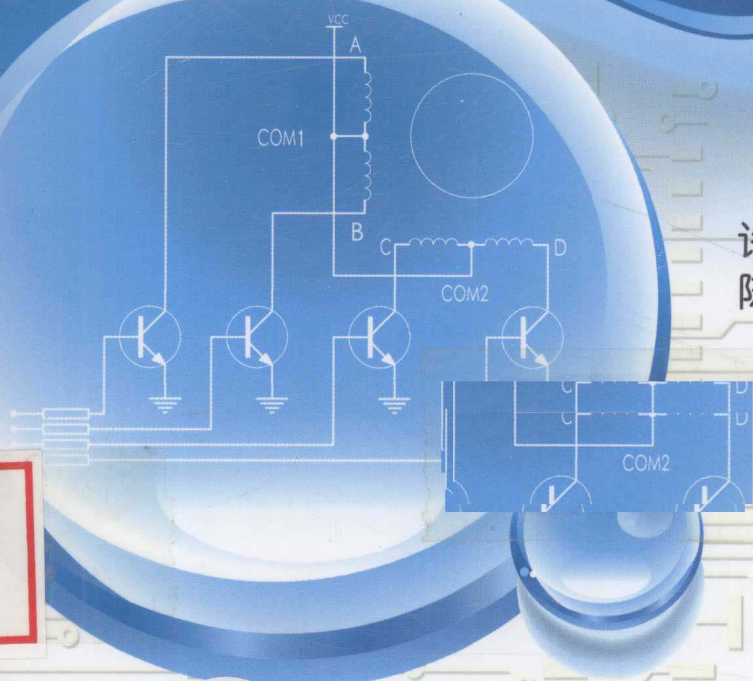


单片机测控技术应用 实例解析



许江淳 陈显宁 编著
陈 焰 付丽霞



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书分为基础知识篇和应用解析篇。基础知识篇以基于 Intel 公司 MCS-51 内核的 AT89 系列单片机为背景机,介绍了 AT89 系列单片机及应用系统的基础知识、软硬件系统的开发方法及开发平台。应用解析篇根据实际案例系统地介绍了单片机的各种 I/O 设备的接口设计方法并给出了实际程序。最后以基于单片机的智能化仪器——核子密度计为对象对单片机的智能化仪器的完整电路、设计方法及流程进行了详细解析。

本书内容精练、言简意赅,实例翔实丰富。书中大量的接口电路和程序是编者多年在科研和教学中反复提炼并得到验证为正确的,实用性很强。本书叙述由浅入深,深入浅出,便于自学,适用面广,因此本书可作为高等院校自动化、计算机应用、仪器仪表、通信技术及机电一体化等专业的教材,学生课程设计及毕业设计的参考手册,也可作为产品开发和维护的广大工程科技人员学习参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机测控技术应用实例解析/许江淳等编著. —北京:
中国电力出版社, 2010. 2
ISBN 978-7-5083-9964-5

I. ①单… II. ①许… III. ①单片微型计算机-自动检测系统 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 001441 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

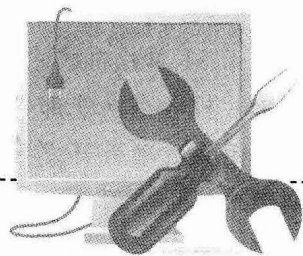
787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.75 印张 556 千字

印数 0001—3000 册 定价 46.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



电子技术和微型计算机技术的迅速发展,促进了微型计算机测量和控制技术的迅速发展和广泛应用。在这一进程中单片机起到了举足轻重的作用,其作为嵌入式微处理器在工业测控系统、智能仪器和家用电器等领域中得到了广泛的应用,特别是进入 20 世纪 90 年代后期,以计算机和软件为核心的数字化技术取得了迅猛发展,不仅广泛渗透到社会经济、军事、交通、通信等相关行业,而且也深入到家电、娱乐、艺术、社会文化等各个领域,并掀起了一场数字化技术革命。多媒体技术与 Internet 的应用迅速普及,消费类电子产品、计算机和通信,即 3C 一体化趋势日趋明显,单片机测控技术再度成为研究的热点,学习、研究、应用、推广单片机应用技术非常必要。

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司在 1980 年推出的 8 位单片机,其具有性价比高、稳定可靠、通用性强、体积小、价格低等优点。目前,51 系列单片机仍是国内单片机应用及教学领域的主流产品,其原理及应用技术是理工科学校中的电子、自动化、仪器仪表、通信技术及机电一体化等专业的必修课程内容。ATMEL 公司的 AT89 系列单片机是基于 Intel 公司的 51 系列单片机的技术内核开发出来的,它不但与 51 系列单片机相兼容,而且它在某些性能方面又优于 8051 单片机。它含有的独特的 Flash 技术,使得在应用系统的开发过程中可以十分容易地进行程序修改,从而大大缩短了系统的开发周期,这使其成为单片机应用系统设计的主流机型之一,尤其在生产便携式商品、手提式仪器等方面更是得到了广泛的应用。

学习单片机的目的在于对其进行开发应用。如何根据所学的单片机知识对单片机应用系统进行设计开发是摆在我们面前的一个重要课题。单片机应用系统的开发是硬件与软件开发相结合的过程。要完成单片机系统的开发,用户不仅需要掌握编程技术,还需要针对实际应用选择合理的单片机芯片和外围器件,并以此为基础,设计相应的 I/O 接口及其他硬件电路。我们在长期的教学和科研实践中,深深感到学生或读者在仅学完单片机原理类课程后,要独立完成应用系统的开发难度很大。我们认为读者通过具体的实例来学习单片机系统的开发是一条科学而快捷的途径,因此我们编写了本书,期望对读者的单片机系统开发能力的提高有所帮助。书中所涉及的开发平台和解析篇中实例的接口电路和程序是编者们在教学及科研实践中的经验总结。

本书的编写力求做到从理论中来,到实践中去。通过具体的典型实例的解析来帮助读者学习单片机应用系统开发及各单元接口电路的设计方法。书中的基础知识篇主要介

绍了 51 单片机技术及单片机控制系统的诞生、发展和应用,以 AT89S52 为蓝本介绍了单片机各个功能部件的原理、结构、引脚封装及功能实现,同时介绍了 KG89S 单片机应用系统硬件开发平台的使用方法和软件开发环境 μ Vision2 的功能及调试操作,并给出了单片机应用系统开发的流程和可靠性设计的方法,最后介绍了 C51 程序设计语法、内部资源和扩展资源的 C 编程,并给出了相应的设计实例。应用解析篇主要介绍了单片机输入/输出接口的特性、对应的键盘接口电路、单片机 LED 及点阵显示电路、LCD 及点阵显示电路等的设计方法及程序,给出了常用的 A/D 及 D/A 转换芯片对应的转换测量电路和程序,介绍了单片机串行通信接口结构、工作方式、波特率及计算、RS-232 及 RS-485 串行通信接口的软硬件设计方法,同时还介绍了诸如单片机步进电机驱动控制系统、单片机计数与频率测量系统、单片机数字温度测量与控制系统及单片机红外遥控发射及接收系统等综合检测与控制系统的設計方法,最后以基于单片机的智能化仪器——核子密度计为对象对单片机的智能化仪器的完整电路、设计方法及流程进行了详细解析。

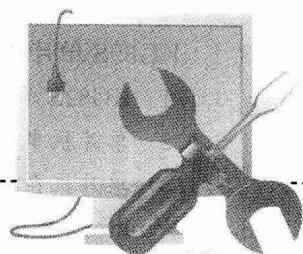
本书由许江淳担任主编,陈显宁、付丽霞及陈焰担任副主编,万舟、许晓平参编。许江淳编写了第 1~3 章及附录内容,完成了教材的统稿工作;付丽霞编写了第 4 章内容;陈显宁编写了第 5~8 章内容;陈焰编写了第 9 章内容;万舟和许晓平参与了教材的组织筹划和内容的规划工作。

本书内容丰富,深入浅出,注重实践。因此,本书适用于应用型计算机专业、自动化专业、通信专业、电子信息专业、机电一体化及其他相关专业的学生进行课程设计、毕业设计的参考用书,同时也可作为广大科研及工程技术人员的参考用书和培训机构的培训教材。

限于作者水平,加之时间仓促,书中不妥与错误之处在所难免,恳请读者批评指正,同时向所有参考文献的作者致谢。

编 者

2010 年 8 月于昆明理工大学



前言

第一篇 基础知识篇

第1章 单片机及控制系统概述	1
1.1 单片机技术	1
1.1.1 单片机简介	1
1.1.2 单片机发展概况	1
1.1.3 单片机的特点及应用	3
1.1.4 单片机的发展趋势	4
1.1.5 常用单片机系列介绍	5
1.2 单片机控制系统	10
1.2.1 单片机控制系统的组成	10
1.2.2 单片机控制系统的分类	14
1.2.3 单片机控制系统的发展趋势	20
第2章 AT89 系列单片机的硬件结构与功能	22
2.1 ATMEL 公司及 AT89 系列单片机简介	22
2.1.1 ATMEL 公司发展概况	22
2.1.2 AT89 系列单片机特点	23
2.1.3 AT89 系列单片机型号标识方法和发展分类	24
2.2 AT89 系列单片机的基本结构与功能	27
2.2.1 AT89 单片机组成及结构	28
2.2.2 AT89S52 引脚功能与封装	32
2.2.3 存储器和特殊功能寄存器	34
2.2.4 低功耗节电模式	43
2.2.5 定时器 T3-WDT 看门狗定时器	44
2.2.6 程序存储器的加密锁定位	45
2.2.7 Flash 存储器的编程模式	45
2.2.8 时钟电路与复位电路	51
2.2.9 AT89 系列高性能单片机结构	56
第3章 单片机应用系统开发平台及开发过程	67

3.1	KG89S 单片机应用系统开发平台	67
3.1.1	KG89S 单片机应用系统开发平台简介	67
3.1.2	单片机串行编程器及烧录软件	69
3.1.3	单片机在线系统编程 (ISP) 及编程电缆	70
3.2	Windows 集成开发环境 μ Vision2	71
3.2.1	概述	71
3.2.2	Keil C51 开发流程	72
3.2.3	μ Vision2 的开发环境及简单编程调试	72
3.2.4	μ Vision2 的界面功能及基本操作	81
3.3	单片机应用系统的设计与开发	107
3.3.1	单片机应用系统开发过程	108
3.3.2	单片机应用系统可靠性设计	111
第 4 章	单片机 C 语言程序设计基础	114
4.1	C51 对标准 C 语言的扩展	115
4.1.1	C51 的扩展关键字	115
4.1.2	C51 的数据类型	115
4.1.3	C51 变量的存储器类型	116
4.1.4	MCS-51 特殊功能寄存器 (SFR) 的 C51 定义	117
4.1.5	位变量的 C51 定义	119
4.1.6	C51 的指针	120
4.1.7	C51 的函数	122
4.1.8	将变量定位到绝对地址	128
4.2	C51 与汇编语言的混合编程	130
4.2.1	C51 编译器的编译格式规范	130
4.2.2	C51 函数的参数传递规则	132
4.2.3	C51 与汇编语言的混合编程	133
4.3	C51 的使用技巧与编程实例	139
4.3.1	使用 C51 的技巧	140
4.3.2	C51 的编程实例	141

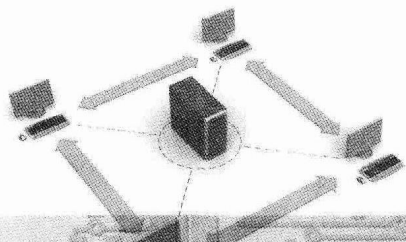
第二篇 应用解析篇

第 5 章	单片机输入/输出与显示系统	146
5.1	AT89 系列单片机接口特性	146
5.1.1	P0 口	146
5.1.2	P1 口	148
5.1.3	P2 口	148
5.1.4	P3 口	149
5.2	接口输出控制与驱动	150

5.2.1	接口驱动原理及要点	151
5.2.2	接口输出程序设计	152
5.3	接口输入与键盘电路	153
5.3.1	接口输入原理与技术	153
5.3.2	独立按键与矩阵键盘输入程序设计	155
5.3.3	单片机键盘的工作方式说明	158
5.4	单片机 LED 数字显示系统	159
5.4.1	LED 数码显示器结构与显示原理	159
5.4.2	一位七段数码管的静态驱动	163
5.4.3	多位数码管的动态驱动	164
5.4.4	串行方式的多位数数码管驱动	166
5.5	单片机 LED 点阵显示系统	167
5.5.1	LED 点阵显示屏的结构与类型	167
5.5.2	LED 点阵显示器显示原理	168
5.5.3	LED 点阵显示驱动电路与驱动技术方法	169
5.5.4	LED 点阵显示程序设计	171
5.6	单片机液晶显示系统	173
5.6.1	LCD 显示结构及原理	173
5.6.2	LCD 显示器的接口结构与时序特点	174
5.6.3	LCD 显示接口电路与程序设计	178
5.6.4	LCD 点阵图形显示器	179
5.6.5	TC12864 LCD 显示器与 AT89S51 单片机接口及其程序设计	182
第 6 章	单片机 A/D 及 D/A 转换测量系统	192
6.1	A/D 转换测量系统	192
6.1.1	A/D 转换器基础知识	192
6.1.2	ADC0809 逐次逼近型 A/D 转换器	195
6.1.3	MC14433 双积分型 A/D 转换器	198
6.1.4	ADC0832 双通道串行 A/D 转换器	201
6.2	D/A 转换系统	205
6.2.1	D/A 转换器原理及其结构	205
6.2.2	8 位 D/A 转换器 DAC0832	208
6.2.3	AT89S51 与 DAC0832 控制及转换硬件电路及分析	210
6.2.4	转换程序设计	212
第 7 章	MCS-51 单片机串行通信与控制系统	215
7.1	串行通信口的结构	215
7.1.1	串行口控制寄存器 SCON	215
7.1.2	特殊功能寄存器 PCON	216
7.2	串行口的 4 种工作方式	217

7.2.1 方式 0	217
7.2.2 方式 1	218
7.2.3 方式 2	219
7.2.4 方式 3	220
7.3 波特率的计算与设定	220
7.3.1 波特率的含义	220
7.3.2 定时器 T1 产生波特率的计算	220
7.4 计算机之间通信与编程	222
7.4.1 串行通信接口简介	222
7.4.2 RS-232 接口介绍	223
7.4.3 RS-232 接口电平与 TTL 电平变换	224
7.4.4 双机和多机通信连接与编程	224
7.5 单片机系统通信与控制实例	229
7.5.1 串口方式 0 应用及编程实例	229
7.5.2 与 PC 计算机进行异步通信实例	230
7.5.3 PC 计算机通过 RS-232 通信实现单片机控制功能实例	231
7.6 单片机 RS-485 总线数据收发功能	237
7.6.1 RS-485 通信芯片介绍	238
7.6.2 RS-485 通信程序设计	238
第 8 章 单片机综合检测与控制系统	241
8.1 单片机步进电机驱动控制系统	241
8.1.1 步进电机原理与驱动原理介绍	241
8.1.2 驱动与控制电路及分析	243
8.1.3 驱动与控制程序	243
8.2 单片机计数与频率测量系统	245
8.2.1 测量原理及系统功能说明	245
8.2.2 单片机计数器的测量电路及程序设计	247
8.2.3 单片机频率测量电路与程序设计	252
8.3 单片机数字温度测量与控制系统	258
8.3.1 数字温度传感器 DS18B20 结构与原理	258
8.3.2 DS18B20 工作时序及其特性	259
8.3.3 DS18B20 与 AT89S51 单片机的温度测量系统实例	261
8.4 单片机红外遥控接收系统	268
8.4.1 红外发射与接收技术原理及特点介绍	268
8.4.2 红外遥控系统与解码程序设计	272
第 9 章 基于单片机的核子密度计综合解析	277
9.1 仪表工作原理及结构	277
9.1.1 放射性同位素与辐射线	277

9.1.2 吸收定律及密度计测量原理	277
9.1.3 仪器结构	278
9.2 仪器电路设计分析	278
9.2.1 输入电路分析	279
9.2.2 输出电路分析	281
9.2.3 键盘电路及显示电路分析	282
9.3 数据结构设计分析	292
9.3.1 数据结构	292
9.3.2 数据的存储方式	292
9.3.3 核子密度计数据结构设计	293
9.4 程序设计分析	294
9.4.1 中断设置	294
9.4.2 运算程序	294
9.4.3 射源衰减补偿	297
9.4.4 电流输出计算	298
附录 A AT89 系列单片机指令集	300
附录 B ATMEL 单片机选型表	306
附录 C C51 的库函数	309
附录 D 电路图	350
参考文献	354



第一篇 基础知识篇

第 1 章 单片机及控制系统概述

1.1 单片机技术

自从 1971 年第一片微处理器研制成功之后,微型计算机设备及技术得到了迅猛的发展。为适应控制及嵌入式技术应用的需要,单片微型计算机(简称单片机)应运而生,发展极为迅速,从 1976 年开始至今的 30 多年时间里,单片机已发展成为一个品种齐全、功能丰富的庞大家族。单片机的应用领域也越来越广泛,特别是在工业控制领域和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色。随着微控制技术(以软件代硬件的高性能控制技术)的日益完善和发展,单片机的应用必定导致传统控制技术发生巨大的变化。因此,掌握单片机的应用技术具有划时代的意义。

本章主要对单片机的基本概念、发展概况、应用领域、发展趋势及单片机系列产品作一简要介绍。

1.1.1 单片机简介

单片机是大规模集成电路技术发展的产物,属第四代电子计算机。

所谓单片机是指在一块硅片上集成了构成计算机的基本要素,即把中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read Only Memory)、定时器/计数器及 I/O (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。一块芯片就相当于一台计算机,称为单片计算机 (Single Chip Microcomputer, SCM)。

在单片机诞生之初,因为它的组成与原理都是基于计算机的,所以单片机是一个准确的、流行的称谓。随着单片机在技术上、体系结构上的不断进步,使其控制功能不断扩展,它的主要作用已经不是计算机,而是控制器了,国际上也逐渐采用“MCU” (Micro Controller Unit),即微控制器来代替 SCM,形成了单片机界公认的、最终统一的名词。

随着单片机的发展,出现了很多高速、高性能的新型单片机,如出现了内部含 Flash 存储器的单片机,通过把计算机常用的一些数字和模拟外设等全部都做在一块芯片上,使它成为一个完整的模拟数据采集和控制系统,成为 SOC (System Of Chip) 单片机。将单片机由微控制器 (MCU) 时代推向片上系统 (SOC) 时代。

1.1.2 单片机发展概况

如果从 1975 年美国 TEXAS 仪器公司发表 TMS1000 系列 4 位单片机开始,到现在 30

多年的时间,单片机技术已发展成为计算机技术中一个非常有活力的分支,种类已有几百种。从4位、8位发展到16位、32位单片机,从单片机、微控制器到SOC。集成度愈来愈高,功能愈来愈强,应用也愈来愈广。单片机的发展历史大致可分为以下4个阶段。

(1) 4位及低档8位单片机阶段。

自1975年美国德克萨斯仪器公司首次推出4位单片机TMS1000后,各个计算机生产公司竞相推出4位单片机,例如美国国家半导体公司(National Semiconductor)的COP402系列,日本电气公司(NEC)的 μ PD75XX系列,美国洛克威尔公司(Rockwell)的PPS/1系列,日本松下公司的MN1400系列、富士通公司的MB88系列等。4位单片机主要用于家用电器、电子玩具等。

1976年9月,美国Intel公司推出的MCS-48系列8位单片机以后,单片机发展进入了一个新的阶段,8位单片机纷纷应运而生,例如Motorola公司的6801系列,Zilog公司的Z-8系列,Rokwell公司的6501、6502等,此外,日本的NEC公司和日立公司等也推出了具有特色的单片机产品。

在1978年以前各厂家生产的8位单片机,由于受集成度(几千支管/片)的限制,一般没有串行接口,并且寻址的范围小(小于8KB),从性能上看属于低档8位单片机。

(2) 高档8位及16位单片机阶段。

随着集成电路工艺水平的提高,1978年—1983年,集成度提高到几万支管/片,因而一些高性能的8位单片机相继问世。尽管单片机品种繁多,但其中最具典型的当属Intel公司1980年推出的MCS-51系列。MCS-51是在MCS-48的基础上发展起来的,虽然它仍然是8位单片机,但其功能较MCS-48有很大的增强,属高档8位单片机,此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富等特点。现在,MCS-51仍不失为单片机中的主流机型。

在高档8位单片机的基础上,单片机的功能进一步得到提高,近年来推出了超8位单片机,如Intel公司8X252、UPI-45283C152,Zilog公司的Super8,Motorola公司的MC68HC等,它们不但进一步扩大了片内ROM和RAM的容量,同时还增加了通信功能、DMA传输功能以及高速I/O功能等。自1983年以后,集成电路的集成度可达十几万只管/片,16位单片机逐渐问世。这一阶段的代表产品有1983年Intel公司推出的MCS-96系列,1987年Intel公司又推出80C96,美国国家半导体公司推出的HPC16040和NEC公司推出的783XX系列等。16位单片机把单片机的功能又推向了一个新的阶段,如MCS-96系列的集成度为12万只管/片,片内含16位CPU、8KB ROM、232B RAM、5个8位并行I/O口、4个全双工串行口,4个16位定时/计数器、8级中断处理系统。MCS-96系列还具有多种I/O功能,如高速输入/输出(HSIO),脉冲宽度调制(PWM)输出、特殊用途的监视定时器(Watchdog)等。

(3) 微控制器发展阶段。

单片机的首创公司Intel将其MCS-51系列中的8051CPU内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名IC制造厂商,如Philips、Atmel、Dallas、NEC、SST华邦等,这些公司的产品都在保持与8051单片机兼容的基础上增强了8051的许多特性,为了满足测控系统要求的各种外围电路与接口电路,突出其智能化控制能力,这些厂商在8051基本结构的基础上,加强了外围电路的功能,突出了单片机的控制功能,将一些用于测控对象的模数转换器、数模转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳于芯片中,体现了单片机的微控制器特征。

为了进一步缩小单片机体积,出现了为满足串行外围扩展要求的串行总线及接口,如

I²C、SPI、MICROWIRE 等串行总线及接口。同时带有这些接口的各种外围芯片也应运而生,例如存储器、A/D、时钟等,出现了较高性能的 16 位单片机。

(4) 单片机全面发展阶段。

很多大的半导体和电气厂商都开始加入单片机的研制和生产,单片机世界出现了百花齐放、欣欣向荣的景象。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位、16 位、32 位的通用及专用单片机。

1.1.3 单片机的特点及应用

(1) 单片机的特点。

单片机与通用微机相比较,在结构、指令设置上均有其独特之处,其主要特点如下:

1) 单片机的存储器 ROM 和 RAM 是严格区分的。

ROM 称为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格;RAM 则为数据存储器,用作工作区及存放用户数据。这样的结构主要是考虑到单片机用于控制系统中,有较大的程序存储器空间,把开发成功的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在 RAM 中。

2) 采用面向控制的指令系统,控制功能强。

为了满足控制的要求,单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理的功能。

3) 集成度高、体积小、有很高的可靠性及优异的性价比。

单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了总线内部之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作。同时,随着集成度的越来越高,生产规格越来越大、性价比也越来越高。

4) 低功耗、低电压便于生产便携式产品。

5) 增加 I²C (Inter-Integrated Circuit) 串行总线方式、SPI (Serial Peripheral Interface) 串行接口等,进一步缩小了体积,简化了结构。

6) 单片机的系统扩展、系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

(2) 单片机的应用。

单片机的应用范围十分广泛,主要的应用领域有:

1) 工业控制。单片机面向控制,能针对性地解决从简单到复杂的各种控制任务,因而能获得最佳的性能价格比;由于电子集成电路制造工艺技术的发展及进步,片内集成度的增加,其将原微型计算机系统中与外部总线相连的构成计算机基本要素的部分集成在片内,使得其抗干扰能力强。单片机系列产品分为军用级、工业级及民用级三个等级系列,其适用温度范围宽,在各种恶劣的环境下都能可靠地工作,这是其他类型计算机无法比拟的。单片机可以构成各种工业控制系统、数据采集系统等,同时可以方便地实现多机和分布式控制,使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

2) 仪器仪表。由于单片机体积小、成本低、运用灵活,可用于产品化,它能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器,做到机电一体化。其主要用于工业用智能仪器仪表、医疗器械、数字示波器等方面。

3) 计算机外部设备与智能接口。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘/磁带机、智能终端机等。

4) 商用产品。如自动售货机、电子收款机、电子秤等。

5) 家用电器。如微波炉、电视机、空调、洗衣机、录像机、音响设备等。

6) IT 方面的应用。随着单片机的全面发展,以单片机为主的嵌入式系统在互联网和多媒体技术方面得到很大发展,其可以做成嵌入式的网络新产品,移动语言和手持数据、音视频和数字图像等消费类产品。第一个热点产品——手机已经在我们日常生活中迅速成为普及的时尚。可视电话、MP3、MP4、数码相机、数码摄像机已在我们身边,无线局域网、无线家居网用不了多久就会进军市场。

1.1.4 单片机的发展趋势

现在可以说单片机是百花齐放、百家争鸣的时期,世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机,从 8 位、16 位到 32 位,数不胜数,应有尽有。纵观单片机的发展过程,今后单片机的发展趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、微型化、大容量、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。

(1) CMOS 化、低电压及低功耗。

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630MW,而现在的单片机普遍都在 100MW 左右,随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺) 工艺。像 80C51 就采用了 HMOS (即高密度金属氧化物半导体工艺) 和 CHMOS (互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS 虽然功耗低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高,而 CHMOS 则具备了高速和低功耗特点,这些特点,更适合于在要求低功耗像电池供电的应用场合。随着超大规模集成电路技术由 $3\mu\text{m}$ 工艺发展到 1.5、1.2、0.8、0.5、 $0.35\mu\text{m}$,进而实现 $0.2\mu\text{m}$ 工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆赫任选,都使功耗不断下降。

Motorola 最近推出任选的 MLCORE 可在 1.8V 电压下以 50M/48MIPS 全速工作,功率约为 20MW。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 3~6V 范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7V 降至 2.2V、1.8V。0.9V 供电的单片机已经问世。

(2) 微型化及外围电路内装化。

现在的单片机普遍要求体积小、重量轻,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,还要求其体积要小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中 SMD (表面封装) 越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器 (CPU)、随机存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路、时钟电路集成在一块单一的芯片上。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。例如:片内可集成的部件有模/数、数/模转换器,脉宽调制器 PWM,监视定时器 WDT,液晶显示驱动电路等。这样单片机包含的单元电路越多,功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的单片机芯片。

(3) 大容量、低价格、高性能化。

以往单片机内的 ROM 一般为 1~4KB, RAM 为 64~128B,在很多场合,存储容量不够,不得不外接扩充。为了简化结构,需要加大存储器容量。目前,单片机片内的 ROM 最大已可达 64KB, RAM 最大为 2KB,而专用的存储器芯片容量已达 4GB;同时单片机的体积越来

越小, 价格更便宜; CPU 的性能得到进一步的改善, 有些单片机采用了精简指令集 (RISC) 结构和流水线技术, 大幅度提高了运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS (Million Instruction Per Seconds, 即兆指令/秒), 并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。

(4) ISP 及基于 ISP 的开发环境。

由于快闪存储器 (Flash) 的出现及使用, 推出了 ISP (IN System Programmable, 在片编程技术) 技术的发展, 其在 PC 机上编好的程序通过所建立的 3 根 SPI 接口线直接传输并且烧录到单片机的闪存上。

(5) 8 位、16 位、32 位单片机共同发展。

长期以来, 单片机技术的发展是以 8 位机为主的, 随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭, 32 位单片机, 特别是 32 位的嵌入式结构 RISC-DSP 双核的单片机得到了长久的发展。以 Motorola 68K 为 CPU 的 32 位单片机 1997 年的销售量达 8 千万片。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强, 32 位机越来越便宜, 使 16 位单片机生存空间有限, 但现在 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面, 近年来都有较大幅度的增长。

1.1.5 常用单片机系列介绍

单片机作为微型计算机的一个重要分支, 应用面很广, 发展很快。自单片机诞生至今的 30 多年中, 已发展为几百个系列的上万个机种, 使用户有较大的选择余地。随着集成电路的发展, 单片机从 4 位发展到 8 位、16 位、32 位, 就当前市场看, 市场主流为 8 位产品, 32 位产品市场正在逐步成长。

8 位单片机主要功能是做控制, 大部分应用在通信产品、PC 外围设备、消费类电子以及一般通用型产品之中。8 位单片机具有低廉的生产成本、巨大的整体出货量、简洁的程序代码等优势, 因此设计人员在综合考虑成本、功能、设计时效等因素之后大部分选择 8 位单片机, 在市场上 8 位单片机的应用依然占据微处理器市场近六成以上的市场份额, 并且还在不断增长中, 要求低成本和小尺寸器件的嵌入式应用是使 8 位单片机仍然是主流的主要因素; 而针对 32 位的单片机产品, 随着日渐增长的高性能新应用, 包括数码相机、手机等便携式数码产品市场以及功能更复杂、应用更先进的信息家电、汽车电子、电子玩具市场则促进 32 位单片机产品需求的增长。鉴于以上原因, 目前教学的首选机型仍然是 8 位单片机, 本书重点介绍 ATMEL 公司的 8 位单片机系列。

(1) MCS-51 系列产品。

MCS 系列单片机是 Intel 公司生产的单片机的总称。Intel 公司是生产单片机的创始者, 其产品在单片机的各个发展阶段都具有代表性。但使用最广泛的该属 MCS-51 单片机。基于这一事实, 本书将主要讲述 MCS-51 系列单片机的硬件、软件及其应用。

MCS-51 系列单片机共有十几种芯片, 如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址 范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6

表 1-1 中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号以及它们的技术性能指标, 使我们对它们的基本情况有一个概括的了解。下面, 我们对上述表格中的有关内容做进一步的说明。

1) 51 子系列和 52 子系列。

MCS-51 系列又分为 51 和 52 两个子系列。51 子系列是基本型, 52 子系列则属增强型。从表 1-2 中可以看出, 52 系列与 51 系列相比有以下几个方面不同:

- ①片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB;
- ②片内 RAM 从 128B 增加到 256B;
- ③定时器/计数器从 2 个增加到 3 个;
- ④中断源从 5 个增加到 6 个。

2) 单片机基本的半导体工艺及标识。

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产。一种是 HMOS 工艺, 即高密度短沟道 MOS 工艺。另一种是 CHMOS 工艺, 即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1-1 的芯片型号中凡有字母“C”的为 CHMOS 芯片, 其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合, 除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点外, 还具有 CMOS 低功耗的特点。例如 8051 的功耗为 630mW, 而 80C51 的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上, 低功耗是非常有意义的, 在这些设备上通常必须使用 CHMOS 的单片机芯片。

3) 片内 ROM 存储器配置形式。

MCS-51 系列单片机片内程序存储器有三种配置形式, 即掩膜 ROM、EPROM 和没有。这三种配置形式对应着三种不同的单片机芯片, 它们各有特点, 也各有其适用场合, 在使用时应根据需要进行选择。

另外, 在此要特别提一下单片机的抗干扰特性及温度特性, 由于单片机是面向现场的, 因此它具有很强的抗干扰能力, 这是任何其他计算机所不及的。至于单片机的温度特性, 与其他集成电路芯片一样, 也可按所能适应的环境温度划分为三个等级, 即:

民用级	0~70℃
工业级	-40~+85℃
军用级	-65~+125℃

因此, 在使用中应视现场温度选择芯片。

(2) 89 系列单片机。

80C51 系列单片机是在 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机基础上发展起来的。1998 年以后 80C51 系列单片机又出现了一个新的分支, 称为 AT89 系列单片机。这款单片机是由美国 ATMEL 公司率先推出的, 它的最突出的优点是把闪速 (Flash) 存储器应用于单片机中, 即片内带有闪速可编程可擦写只读存储器 PEROM (Flash Programmable and Erasable ROM)。这使得系统在开发过程中修改程序十分容易, 大大缩短了系统的开发周期。同时, AT89 系列单片机的引脚和 80C51 是一样的, 可以把 ATMEL 公司的 AT89C51 和 89C52 分别看作 PEROM 取代了 ROM 的 80C51 和 80C52。PEROM 既具有静态 RAM 的速度和可擦写性, 又能像 EPROM 那样掉电后保留所写数据, 因此大大方便了用户。用 AT89 系列单片机取代 80C51 时, 可以直接进行代换。新增加型号的功能是向下兼容的。

由于 AT89 系列单片机的上述明显优点, 使得它很快在单片机市场脱颖而出。AT89 系

列单片机的成功使得几个著名的半导体厂家也相继生产了类似的产品,例如 Philips 的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列、华邦公司的 W78 系列等。它们实际上仍属于 80C51 系列。

本书第 2 章对 ATMEL 公司的 89 系列单片机从发展概况、主要特点、分类及基本结构与功能等方面做详细的介绍,而且在本书的应用解析篇中也是以该类单片机来设计各类控制系统及电路。

(3) 美国 Cygnal 公司的产品。

美国 Cygnal 公司以 MCS-51 的 80C51 为基础结构,并与 80C51 兼容的产品为 C8051FXXX 系列单片机,它是完全集成的混合信号系统级的芯片,具有与 MCS-51 兼容微控制器内核。除具有 CMS-51 的数字功能部件外,芯片上还集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件与其他数字功能部件。这些部件是 12 位或 10 位的多通道 ADC、可编程增益放大器、12 位 DAC、电压比较器、电压基准、SMBUS/I²C 和 SPI 串行接口及可编程的计数器/定时器阵列 (PCA) 等,C8051FXXX 系列单片机的集成开发环境支持 C 语言和汇编语言程序的调试,支持观察和修改存储器和寄存器,支持带断点运行和单步执行等。

C8051FXXX 系列单片机有 4 个子系列:C8051F00X/01X 系列、C8051F02X 系列、C8051F2XX 系列和 C8051F3XX 系列。C8051F0XX 系列单片机的功能最全,基本覆盖了其他两个系列单片机的功能。C8051F0XX 系列单片机内部还具有电压监视器、看门狗定时器 (Watch dog) 和时钟振荡器,是真正独立工作的片上系统,其内部的 Flash 存储器还具有在线系统重新编程能力,可用于非易失性数据存储,并允许现场更新 Flash 存储器中的程序。同时,该系列单片机可以关闭单个或全部外设以节省功耗。

(4) 其他常用单片机系列综述。

目前研制和生产单片机的厂家全世界有百余家。除上述介绍的三类单片机以外,在此把知名度较高、销量较大的产品予以简介。现在多数厂家的产品有 OTP 型、Flash 型、EPROM 型和 ROM 型 4 种类型器件,并且各系列单片机都可提供多种不同的芯片封装形式。

1) Philips 单片机简介。

Philips 公司是最早获得 MCS-51 技术授权的公司,也是发展 51 内核的产品最多、最系统的公司,其推出的基于 8051 内核的普通型 8 位单片机、增强型单片机、LPC700 系列、LPC900 系列等多种类型。以 80C51 核为基础生产的三个基础系列的主干产品为:P89C51X2/52X2/54X2/58X2 与 P89C60X2/61X2 系列 (完全以 80C51 内核为基础)、P89CRA2/RB2/RC2/RD2 系列 (80C51 核 + PCA)、P89C660/662/664/668 (80C51 核 + PCA + I²C)。上述系列 Philips 单片机特点如下:① Philips 80C51 系列单片机均有 3 个定时器/计数器。② 中断功能为 6 源 4 优先级。③ 可以关闭不用的 ALE,抑制 EMI 电磁干扰,不但可以在上电初始化时“静态关闭 ALE”,而且可以在运行中“动态关闭 ALE”。④ 很多系列有 6/12Clock 时钟切换功能,可动态地获得倍速的指令运行。不仅可以在上电初始化时“静态切换 6/12Clock”,而且可在运行中“动态切换 6/12Clock”。⑤ 节电模式具有多种模式:零频/降率、休闲、下电模式 (增加外中断唤醒)。⑥ UART 串口为增强型全双工串行口,增加了“从地址自动识别”和“帧错误检测”功能,特别适合于多机通信。⑦ 允许供电

电源低至 3.3~1.8V, 适合于研制便携式产品。⑧有些系列产品有 ISP (In System Programming)、PCA、WDG 定时器和 I²C 串行口等内部资源。

2) PIC 系列单片机概述。

PIC 单片机 (Peripheral Interface Controller) 是美国微芯科技股份有限公司 (Microchip Technology Incorporated) 推出的 8 位系列单片机, 是市场份额增长最快的单片机。CPU 采用 RISC 结构, 仅有 33 条指令 (低级产品), 运行速度快, 且以价格低著称, 一般单片机价格都在一美元以下。Microship 公司单片机没有掩膜产品, 全部都是 OTP 器件, 其强调节约成本的最优化设计, 适于用量大、价格敏感的产品。PIC 单片机从低到高有几十种型号, 可分为基本级、中级和高级 3 个系列产品, 可以满足不同应用的需要。如基本级系列特点为低价位, 其中的产品 PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚, 是世界上最小的单片机。该型号有 512 字节 ROM、25 字节 RAM、1 个 8 位定时器、1 根输入线、5 根 I/O 线, 市面售价仅几元 (人民币)。中级产品是 PIC 最丰富的品种系列。它是在基本级产品上进行了改进而成, 并保持了很高的兼容性。外部结构也是多种的, 从 8 引脚到 68 引脚的各种封装, 如 PIC12C6XX, 该级产品性能很高, 内部有 A/D 转换器、E²PROM 数据存储器、比较器输出、PWM 输出、I²C 和 SPI 等接口。PIC 中级系列产品适用于各种高、中和低档的电子产品的设计中。而高级系列其特点是速度快, 所以适用于高速数字运算的应用场合中, 如产品 PIC17CXX 单片机, 它具备一个指令周期内 (160ns) 可以完成 8 位乘 8 位二进制运算能力, 所以可取代某些 DSP 产品。而且其具有丰实的 I/O 控制功能, 并可外接扩展 EPROM 和 RAM, 它很适合于在高中档的电子设备中使用。

综上所述, PIC 单片机具有以下特点: ①产品品种多、容易开发。PIC 采用精简指令集 (RISC), 指令少, 且全部为单字节指令, 易学易用, 且在各档产品的指令中, 其指令码向上兼容。②执行速度快。PIC 的哈佛结构和 RISC 结构使指令具有单字长的特性, 指令的执行速度比一般的单片机快 4~5 倍。③产品上市零等待 (Zero time to marker)。采用 PIC 的低价 OTP 型芯片, 可使单片机在其应用程序开发完成后立刻使该产品上市。④其引脚具有防瞬态能力, 通过限流电阻可以接至 220V 交流电源, 可直接与继电器控制电路相连, 无需光电耦合器隔离, 给应用带来极大方便。⑤彻底的保密性。PIC 以保密熔丝来保护代码, 用户在烧入代码后熔断熔丝, 别人再也无法读出, 除非恢复熔丝。目前 PIC 采用熔丝深埋工艺, 恢复熔丝的可能性极小。⑥睡眠和低功耗模式。PIC 的 CMOS 设计使其功耗很低。PIC100% 的静态设计可进入睡眠 (Sleep) 省电状态, 而不影响任何逻辑变量。⑦自带掉电复位锁定、上电复位以及看门狗 (WDT) 等电路, 可以用来提高程序运行的可靠性。

3) TI 公司的单片机。

美国 TI 公司 (Texas Instruments) 是世界上最大的 DSP 和模拟信号产品的生产商, 其 DSP 及模拟产品连续多年在世界市场上的占有率居于首位。TI 自从 1982 年推出世界上第一个通用可编程数字信号处理器 (DSP) 发展至今, 已为全球 3 万多家因特网、无线通信、宽带接入、计算机、网络、消费类电子产品、数字电动机控制器及其他工业用户提供创新的 DSP 解决方案, 其公司的市场价值超过 1000 亿美元。TI 公司利用其在半导体行业的先进生产技术进行单片机的生产, 其单片机产品有其自己的独特优点。如 TI 公司的 MSP430 系列单片机, 其最主要特点是超低功耗, 可长时间用电池工作。MSP430 具有 16 位 CPU, 属于