



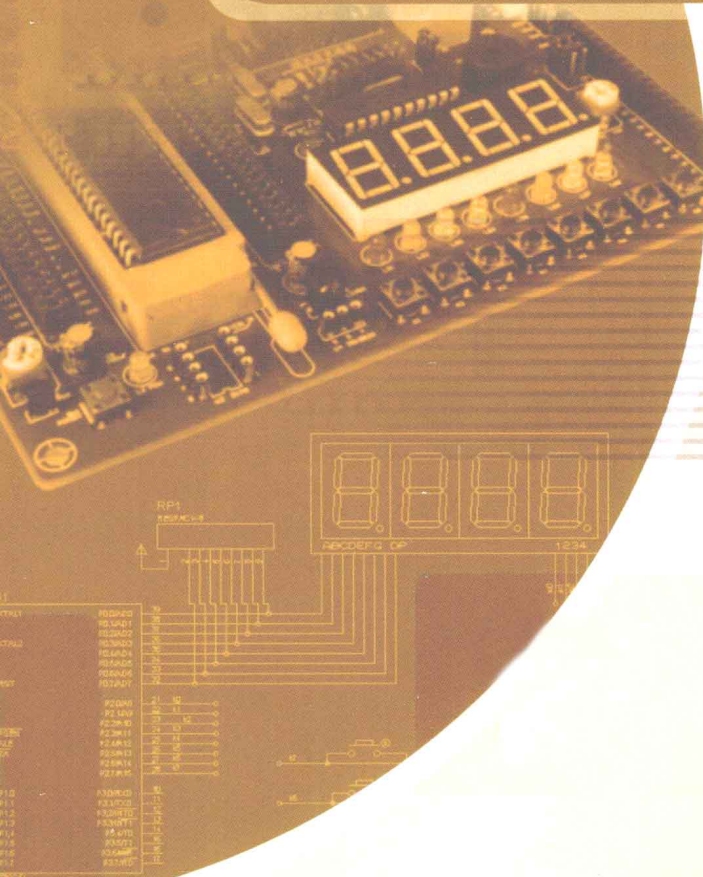
高等职业教育“十二五”精品课程规划教材

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

# 单片机原理及应用

(第2版)

刘焕平 童一帆 编著



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com



高等职业教育“十二五”精品课程规划教材



# 单片机原理及应用

(第2版)

刘焕平 童一帆 编著



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书以 80C51 系列单片机为核心,系统介绍了 80C51 系列单片机的结构原理和应用技术。主要内容包括单片机入门、单片机的基本结构及原理、指令系统、汇编语言程序设计、内部并行口的应用、中断系统及应用、定时计数器及应用、串行口及应用、单片机的扩展技术、单片机应用系统设计实例等。

本书内容全面、结构合理、条理清晰、通俗易懂,列举了大量的应用实例,所有实例都经过了验证。本书第 4 章以后各章节的实例均以任务的形式出现,每个任务都是一个独立的完整的单片机控制系统,任务的编写按照学习目标、任务描述、任务实施、任务拓展等环节进行,符合人的认知规律和由简单到复杂的原则,旨在加深学习者对单片机控制系统设计过程的了解,养成良好的设计习惯。每章末配有习题,便于教学与自学。

本书既可作为高等职业院校机电类、电子类、通信类及计算机类专业相关课程的教学用书,又可作为单片机技术的培训教材,同时也可作为广大从事单片机应用开发的科研人员的参考用书。特别适合于高职高专院校的项目教学、教学做一体教学等方法。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/刘焕平,童一帆编著. --2 版. --北京:北京邮电大学出版社,2013.1

ISBN 978-7-5635-3080-9

I. ①单… II. ①刘…②童… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 109307 号

---

书 名: 单片机原理及应用(第 2 版)

编 著 者: 刘焕平 童一帆

责任编辑: 彭 楠

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京联兴华印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 442 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2008 年 8 月第 1 版 2013 年 1 月第 2 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-5635-3080-9

定 价: 38.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

# 目 录

<b>第 1 章 单片机入门知识</b> .....	1
1.1 单片微型计算机概述 .....	1
1.1.1 计算机、微型计算机与单片机的区别 .....	1
1.1.2 单片机的发展 .....	2
1.1.3 单片机的特点与应用 .....	4
1.2 单片机产品简介 .....	5
1.2.1 MCS-51 系列单片机 .....	5
1.2.2 80C51 系列单片机 .....	6
1.2.3 其他常用单片机系列综述 .....	7
1.3 单片机控制的灯闪烁系统的开发 .....	8
1.3.1 灯闪烁系统的设计 .....	9
1.3.2 汇编软件简介 .....	10
1.3.3 烧录软件简介 .....	12
1.3.4 单片机控制系统的开发流程 .....	15
1.4 单片机中数据信息的表示 .....	17
1.4.1 数值型数据的表示方法 .....	17
1.4.2 非数值型数据的表示方法 .....	20
习题 .....	22
<b>第 2 章 单片机的结构及原理</b> .....	25
2.1 单片机的结构 .....	25
2.1.1 89C51 单片机的逻辑结构 .....	25
2.1.2 89C51 单片机的编程结构及工作原理 .....	26
2.2 80C51 系列单片机的存储器结构 .....	29
2.2.1 程序存储器 .....	29
2.2.2 数据存储器 .....	30
2.2.3 特殊功能寄存器 .....	31
2.3 89C51 单片机的引脚及功能 .....	34
2.3.1 电源引脚 .....	35

2.3.2 控制引脚 .....	35
2.3.3 输入/输出引脚 .....	36
2.4 80C51 系列单片机的工作方式 .....	37
2.4.1 复位方式 .....	37
2.4.2 程序执行方式 .....	38
2.4.3 低功耗方式 .....	38
2.5 80C51 系列单片机的时序 .....	40
2.5.1 时钟电路 .....	40
2.5.2 时序的基本单位 .....	41
2.5.3 80C51 系列单片机的典型时序分析 .....	42
习题 .....	43
<b>第 3 章 指令系统</b> .....	<b>48</b>
3.1 指令系统概述 .....	48
3.1.1 指令的组成 .....	48
3.1.2 指令的书写方式 .....	48
3.1.3 指令的字节数 .....	49
3.2 寻址方式 .....	49
3.2.1 立即寻址 .....	50
3.2.2 直接寻址 .....	50
3.2.3 寄存器间接寻址 .....	51
3.2.4 寄存器寻址 .....	51
3.2.5 变址寻址 .....	52
3.2.6 相对寻址 .....	52
3.2.7 位寻址 .....	53
3.3 80C51 系列单片机的指令系统 .....	53
3.3.1 数据传送类指令 .....	54
3.3.2 算术运算类指令 .....	59
3.3.3 逻辑操作类指令 .....	64
3.3.4 位操作指令 .....	66
3.3.5 控制转移类指令 .....	67
习题 .....	72
<b>第 4 章 汇编语言程序设计</b> .....	<b>78</b>
4.1 汇编语言程序设计概述 .....	78
4.1.1 程序设计语言 .....	78

---

4.1.2 汇编语言规范 .....	79
4.2 汇编语言程序设计举例 .....	82
4.2.1 顺序程序 .....	83
4.2.2 分支程序 .....	86
4.2.3 循环程序 .....	89
4.2.4 子程序 .....	92
4.2.5 查表程序 .....	94
习题 .....	96
<b>第5章 并行口及应用 .....</b>	<b>101</b>
5.1 80C51 系列单片机内部并行口的结构 .....	101
5.1.1 P0 口结构 .....	101
5.1.2 P1 口结构 .....	102
5.1.3 P2 口结构 .....	103
5.1.4 P3 口结构 .....	103
5.2 80C51 系列单片机内部并行口的应用 .....	104
5.2.1 流水灯 .....	104
5.2.2 可控霓虹灯 .....	108
习题 .....	115
<b>第6章 中断系统及应用 .....</b>	<b>117</b>
6.1 中断概述 .....	117
6.1.1 中断的几个概念 .....	117
6.1.2 引入中断技术的优点 .....	118
6.1.3 中断系统的功能 .....	118
6.2 80C51 系列单片机的中断系统 .....	119
6.2.1 80C51 系列单片机中断系统的结构 .....	119
6.2.2 80C51 系列单片机的中断处理过程 .....	123
6.2.3 中断请求的撤除 .....	125
6.2.4 外部中断源的扩展 .....	126
6.3 中断系统的应用 .....	127
6.3.1 中断系统的初始化 .....	127
6.3.2 计数器 .....	128
6.3.3 报警器 .....	134
习题 .....	137

<b>第 7 章 定时/计数器及应用</b> .....	142
7.1 定时计数技术概述 .....	142
7.1.1 软件定时/计数器 .....	142
7.1.2 数字电路定时/计数器 .....	143
7.1.3 可编程的定时/计数器 .....	143
7.2 80C51 系列单片机的定时/计数器 .....	143
7.2.1 80C51 系列单片机定时/计数器的结构及工作原理 .....	143
7.2.2 定时/计数器的控制寄存器和方式寄存器 .....	145
7.2.3 定时/计数器的工作方式 .....	146
7.3 定时/计数器的应用 .....	149
7.3.1 定时/计数器的初始化 .....	149
7.3.2 电子表 .....	152
7.3.3 外脉冲计数器 .....	155
7.3.4 简易电子琴 .....	157
习题 .....	160
<b>第 8 章 串行口及应用</b> .....	168
8.1 串行通信概述 .....	168
8.1.1 串行通信的分类 .....	168
8.1.2 串行通信的波特率 .....	169
8.1.3 串行通信方式 .....	170
8.1.4 串行通信协议 .....	170
8.2 80C51 系列单片机内部串行口 .....	170
8.2.1 串行口的结构 .....	171
8.2.2 串行口的工作方式 .....	172
8.3 串行口的应用 .....	176
8.3.1 串行口初始化 .....	176
8.3.2 双机通信 .....	176
8.3.3 单片机与 PC 的通信 .....	183
习题 .....	185
<b>第 9 章 单片机的扩展技术</b> .....	187
9.1 单片机系统扩展概述 .....	187
9.1.1 80C51 系列单片机的并行扩展总线 .....	187
9.1.2 80C51 系列单片机的总线驱动能力 .....	188

9.1.3 系统扩展常用芯片 .....	189
9.2 程序存储器的扩展 .....	191
9.2.1 程序存储器简介 .....	191
9.2.2 程序存储器的并行扩展 .....	192
9.3 数据存储器的扩展 .....	196
9.3.1 数据存储器芯片简介 .....	196
9.3.2 典型的 SRAM 扩展电路 .....	197
9.4 80C51 系列单片机并行口的扩展 .....	202
9.4.1 简单并行口芯片的扩展 .....	203
9.4.2 节日彩灯 .....	204
9.5 A/D 转换器及其与 80C51 系列单片机的接口和应用 .....	206
9.5.1 A/D 转换器概述 .....	207
9.5.2 典型 A/D 转换器芯片及其接口 .....	207
9.5.3 多路温度采集器 .....	212
9.5.4 数字电压表 .....	213
9.6 D/A 转换器及其与 80C51 系列单片机的接口和应用 .....	216
9.6.1 D/A 转换器概述 .....	216
9.6.2 典型 D/A 转换器芯片及其接口 .....	217
9.6.3 灯光亮度控制器 .....	223
9.6.4 正弦波发生器 .....	225
习题 .....	227
<b>第 10 章 单片机应用系统设计实例 .....</b>	<b>232</b>
10.1 基于 DS18B20 一线温度传感器的温度计 .....	232
10.1.1 项目任务 .....	232
10.1.2 项目分析 .....	232
10.1.3 DS18B20 简介 .....	233
10.1.4 系统原理设计 .....	235
10.1.5 程序设计 .....	237
10.2 LED 点阵显示器 .....	246
10.2.1 项目任务 .....	247
10.2.2 项目分析 .....	247
10.2.3 初步设计 .....	248
10.2.4 项目硬件设计 .....	252
10.2.5 项目软件设计 .....	252
10.3 PWM 直流电动机调速 .....	258



10.3.1 项目任务 .....	258
10.3.2 项目说明 .....	258
10.3.3 控制器硬件设计 .....	259
10.3.4 控制器程序设计 .....	261
<b>附录 80C51 系列单片机指令表 .....</b>	<b>267</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>273</b>

单片机具有功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等优点。目前,单片机控制系统正以空前的速度取代经典电子控制系统,逐步取代现有的多片微机应用系统。学习单片机并掌握其应用技术已经成为广大理工科院校的学生和科技人员必备的技能。

## 1.1 单片微型计算机概述

1946年美国宾夕法尼亚大学为了弹道设计的需要,设计了世界上第一台数字电子计算机。自第一台计算机问世以来,随着电子技术的发展,电子计算机经历了从电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路4个发展阶段,即通常所说的第一代、第二代、第三代、第四代电子计算机。微型计算机属于第四代电子计算机,它是计算机技术和大规模集成电路技术相结合的产物。微型计算机的出现是数字电子计算机广泛应用到人们日常工作、生活领域中的一个重大转折点,它对社会产生了极大的影响。

随着大规模集成电路技术的不断发展,导致微型机向两个主要方向发展:一是向高速度、大容量、多媒体和网络应用等方向发展;二是向稳定可靠、体积小、功耗低、价格廉、专用型方向发展。20世纪70年代中期,单片机诞生。随着单片机的出现,人们将计算机嵌入到对象体系中,使实现对象的智能化控制成为可能。从此,计算机开始进入各种专用的智能化控制领域。

### 1.1.1 计算机、微型计算机与单片机的区别

计算机按其规模大小和功能强弱可以分成5种:巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。无论哪种计算机,都由硬件系统(简称硬件,指计算机中看得见、摸得着的物理实体)和软件系统(为使计算机正常工作而设置的命令)共同构成。硬件只是使计算机具备了处理数据的可能,要使计算机脱离人的干预自动进行工作,还需要有软件的配合。硬件与软件相辅相成,缺一不可。

从系统结构和基本工作原理来看,计算机、微型计算机与单片机应用系统并无本质区别,它们的硬件均由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五部分组成。随着大规模集成电路技术的发展,运算器和控制器集成在一块半导体芯片上,称之为微处理器,简称CPU芯片;存储器由半导体存储器芯片组成;输入设备和输出设备(统称为外部设备,简称

为外设)通过输入/输出接口(简称 I/O 口)与各部件交换信息;CPU 芯片、存储器芯片、I/O 口芯片通过数据总线(DB)、地址总线(AB)、控制总线(CB)交换信息,这就构成了微型计算机的硬件系统。微型计算机的结构示意图如图 1.1 所示。

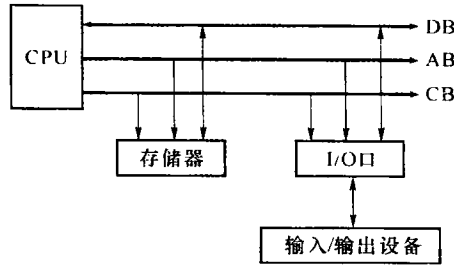


图 1.1 微型计算机的结构示意图

图 1.1 中地址总线的作用是在进行数据交换时提供地址,CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口;数据总线的作用是传送 CPU 与存储器之间的数据或 CPU 与 I/O 接口之间的数据,或存储器与外设之间的数据;控制总线包括 CPU 发出的控制信号线和外部送入 CPU 的应答信号线等。

将组成微型计算机的 CPU、存储器、I/O 口等部件集成在一个芯片上,即构成单片微型计算机(Single Chip Microcomputer,SCM),此芯片称为单片(单芯片)机。单片机具备一套功能完善的指令系统,其内部组成框图如图 1.2 所示。

由图 1.2 可见,在单片机的内部,各主要部件通过内部总线连接为一体。

需要注意的是,单片机本身只是一个集成度高、功能强的电子元件,只有当它与某些器件或设备有机地结合在一起时才构成了单片机应用系统的硬件部分,配置适当的工作程序后,就可以构成一个真正的单片机应用系统,完成特定的任务。

一个简单的单片机应用系统的结构示意图如图 1.3 所示。

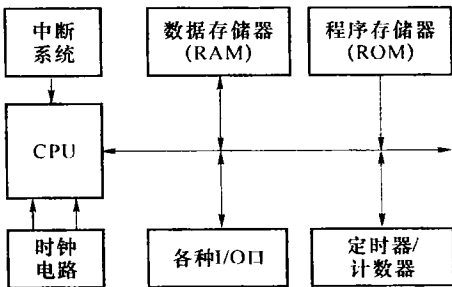


图 1.2 单片机内部组成框图

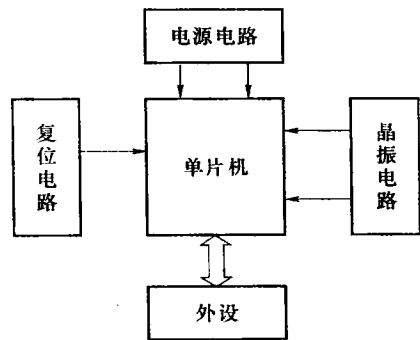


图 1.3 简单的单片机应用系统的结构示意图

### 1.1.2 单片机的发展

1975 年,美国德克萨斯公司推出世界上第一个 4 位 TMS-1000 型单片机,开创了单片机的历史。4 位单片机具有较高的性能价格比,主要用于家用电器和电子玩具,如电视机、空调机、洗衣机、微波炉等。1976 年美国英特尔(Intel)公司首次推出了 8 位单片机 MCS-48 系

列,从而进入了8位单片机时代。如果以8位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为4个阶段。

### 1. 单片机的探索阶段

20世纪70年代,美国的仙童(Fairchild)公司首先推出了第一款单片机F-8,随后Intel公司推出了影响面更大、应用更广的MCS-48系列单片机。这一时期的单片机功能较差,一般都没有串行I/O接口,几乎不带A/D、D/A转换器,中断控制和管理能力也较弱,并且寻址空间的范围小(小于8KB)。MCS-48系列单片机的推出,标志着工业控制领域进入了智能化嵌入式应用的芯片形态的计算机的探索阶段。参与这一探索的还有Motorola、Zilog等大公司,它们都取得了满意的探索效果。这就是单片微型计算机的诞生年代,单片机一词即由此而来。

### 2. SCM的完善阶段

1980年英特尔(Intel)公司推出了MCS-51系列单片机,该系列单片机在芯片内集成有8位CPU、4KB的程序存储器、128B的数据存储器、4个8位并行口、1个全双工串行口、2个16位计数/定时器,寻址范围为64KB,并集成有控制功能较强的布尔处理器。此阶段单片机的主要特点是结构体系完善,性能已经大大提高,面向控制的特点和性能进一步突出。

随着MCS-51系列单片机在结构上的逐渐完善,它在这一阶段的领先地位被确定。MCS-51系列单片机曾经在世界单片机市场占有50%以上的份额,多年来,国内一直以MCS-51系列单片机作为教学的主要机型。在这一阶段摩托罗拉(Motorola)公司的M68系列和Zilog公司的Z8系列也占据了一定的市场份额。

### 3. 从SCM向MCU的过渡阶段

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,飞利浦(Philips)等一些著名半导体厂商以其在嵌入式应用方面的巨大优势,在8051基本结构的基础上,增加了外围电路的功能,突出了单片机的控制功能,将一些用于测量控制系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入单片机芯片中,体现了单片机的微控制器(Micro Controller Unit,MCU)特征。在发展MCU方面,最著名的厂家当数飞利浦公司。

### 4. MCU的百花齐放阶段

在这一阶段,单片机已成为工业控制领域中普遍采用的智能化控制工具——小到玩具、家电行业,大到车载、舰船电子系统,遍及计量测试、工业过程控制、机械电子、金融电子、商用电子、办公自动化、工业机器人、军事和航空航天等领域。为满足不同的要求,出现了高速、大寻址范围、强运算能力和多机通信能力的8位、16位、32位通用型单片机,小型廉价型、外围系统集成的专用型单片机,还有功能全面的片上单片机系统(System on Chip, SoC),单片机技术进入了全面发展阶段。

纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势是将进一步向着CMOS化、低功耗、小体积、低价格、大容量、高性能、外围电路内装化(嵌入式)和串行扩展技术等方向发展。

(1) CMOS化:CHMOS技术的进步促进了单片机的CMOS化。CHMOS电路已经达到LSTTL的速度,传输延迟时间小于2ns,其综合优势已大于TTL电路,在单片机领域CMOS电路已基本取代了TTL电路。

(2) 低功耗:自20世纪80年代中期以来,NMOS工艺单片机逐渐被CMOS工艺代替,

功耗得以大幅度下降。随着超大规模集成电路技术由  $3\ \mu\text{m}$  工艺发展到  $1.5\ \mu\text{m}$ 、 $1.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.8\ \mu\text{m}$ 、 $0.5\ \mu\text{m}$ 、 $0.35\ \mu\text{m}$  近而实现  $0.2\ \mu\text{m}$  工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十兆任选,这些都使功耗不断下降。现在,几乎所有的单片机都有待机、掉电等省电运行方式。

(3) 小体积、低价格:为满足单片机的嵌入式要求,可以通过减少它的内部资源和改变封装形式,如减少内存、减少外部引脚、采用贴片封装形式等,使它的体积更小,价格更低。为了减小体积,有些甚至把时钟、复位电路等外围器件也全部集成到芯片内,从而使其体积更小,性价比更高。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朝着微型化方向发展。

(4) 大容量:MCS-51 系列单片机中集成有 4 KB 的 ROM 存储器、128 B 的 RAM 存储器,在很多场合下,存储器的容量不够,必须外接芯片进行扩展。为了简化单片机应用系统的结构,应该加大片内存储器的容量。目前,单片机内部 ROM 的容量已可达 64 KB, RAM 最大为 2 KB。

(5) 高性能:主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的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。现在指令速度最高者已达 100 兆指令每秒(Million Instruction Per Seconds, MIPS),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。

(6) 外围电路内装化:随着集成度的不断提高,众多的各种外围功能器件都可以集成在片内。片内集成的部件有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

(7) 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(One Time Programable)及各种类型片内程序存储器的发展,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 I<sup>2</sup>C、SPI 等串行总线的引入,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。

### 1.1.3 单片机的特点与应用

单片机的内部结构形式和其采用的半导体制造工艺,决定了它具有很多显著的特点。单片机的主要特点如下。

(1) 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芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。此外,由于其体积小,易于采取屏蔽措施,因此,特别适合于复杂、恶劣的工作环境。目前,单片机适用的环境温度划分为 3 个等级,即民用级  $0\sim+70\ ^\circ\text{C}$ ,工业级  $-40\sim+85\ ^\circ\text{C}$ ,军用级  $-65\sim+125\ ^\circ\text{C}$ 。相比较而言,通用型微型计算机一般要求在室温下能够工作,抗干扰能力也较低。

(2) 性能价格比高。单片机的设计和制作技术使其价格明显降低,而其功能却是全面和完善的。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般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功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。

(4) 功耗低、工作电压低。这使得单片机适合于便携式产品。

(5) 外部总线增加了 I<sup>2</sup>C(Inter-Integrated Circuit)及 SPI(Serial Peripheral Interface)等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

由于单片机具有显著的优点,它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面。

#### ① 单片机在智能仪表中的应用。

单片机广泛地应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

#### ② 单片机在机电一体化技术中的应用。

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,如微型计算机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,大大提高机器的自动化、智能化程度。

#### ③ 单片机在实时控制中的应用。

单片机广泛地应用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

#### ④ 单片机在分布式多机系统中的应用。

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

#### ⑤ 单片机在人类生活中的应用。

自从单片机诞生以后,它就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

## 1.2 单片机产品简介

近年来,单片机的发展突飞猛进,大批的半导体生产厂家纷纷推出各自的单片机产品,这些新的单片机产品的性能都有很大提高,有些单片机的速度极高,有些单片机的片内资源非常丰富。自单片机诞生至今,单片机已发展成为几百个系列的上万个机种,使用户有较大的选择余地。随着大规模集成电路的发展,单片机从4位发展到8位、16位、32位,根据近年来的使用情况看,8位单片机使用频率最高,其次是32位单片机。目前教学的首选机型仍然是8位单片机,所以本书重点介绍8位单片机产品。

### 1.2.1 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的高性能 8 位单片机,可分为两个子系

列 4 种类型,如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类

资源配 置	片内 ROM 的形式				片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	定时器 与计数器	中断源
	子系 列	无	ROM	EPROM				
8×51 系列	8031	8051	8751	8951	4 KB	128 B	2×16	5
8×C51 系列	80C31	80C51	87C51	89C51	4 KB	128 B	2×16	5
8×52 系列	8032	8052	8752	8952	8 KB	256 B	3×16	6
8×C252 系列	80C232	80C252	87C252	89C252	8 KB	256 B	3×16	7

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,52 子系列属于增强型。52 子系列作为增强型产品,由于资源数量的增加,使芯片的功能有所增强。例如,片内 ROM 的容量从 4 KB 增加到 8 KB,片内 RAM 的单元数从 128 B 增加到 256 B,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。

单片机配置的片内程序存储器(ROM)可分为以下 4 种。

① 片内掩膜 ROM(如 8051)。它是利用掩膜工艺制造而成的,一旦生产出来,其内容便不能更改,因此只适合于存储成熟的固定信息,大批量生产时的成本很低。

② 片内 EPROM(如 8751)。这种存储器可由用户按规定的方法多次编程,若编程之后想修改,可用紫外线灯制作的擦抹器照射 20 min 左右,存储器复原,用户可再编程。这对于研制和开发系统特别有利。

③ 片内无 ROM(如 8031)。使用 8031 时必须外接 EPROM,单片机扩展灵活,适用于研制新产品。

④ E<sup>2</sup>PROM(或 Flash ROM)(如 89C51)。其片内 ROM 电可擦除,使用更方便。

### 1.2.2 80C51 系列单片机

80C51 系列单片机是在 MCS-51 系列单片机的基础上发展起来的。20 世纪 80 年代中期以后,Intel 公司将 MCS-51 系列单片机中 8051 的内核使用权以专利互换或出售形式转让给许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、Atmel、NEC、SST、华邦等,因此,这些厂家生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品,准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些单片机与 8051 的系统结构(指令系统)相同,都采用 CMOS 工艺,因而常用 80C51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机。80C51 系列单片机都是在 8051 的基础上作了一些扩充,其更有特点、功能更强、更具市场竞争力。由于 80C51 系列得到众多制造厂商的支持,所以发展成为上百个品种的大家族,成为当前 8 位单片机的典型代表。

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。AT89 系列单片机是由美国 Atmel 公司率先推出的,它最突出的优点是采用 Flash 存储器(其内容至少可以改写 1 000 次),这使得单片机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,使其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,如 Philips 的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列、中国台湾 Winbond 公司的 W78 系列等。后来人们称这一类产品为 89 系列单片机,它实际上仍属于 80C51 系列单片机。如果不写前缀仅写 89C51,可能是 Atmel 公司的产品,也

可能是 Philips 公司或 SST 公司的产品。

89C51 的性能相对于 8051 已经算是非常优越的了,不过在市场化方面,89C51 受到了 PIC 单片机阵营的挑战。89C51 最致命的缺陷在于不支持 ISP(在线更新程序)功能,必须加上 ISP 功能等新功能才能更好地适应市场需要。在这样的背景下,Atmel 推出了 89S51。现在,作为市场占有率第一的 Atmel 公司已经停产 AT89C51,并用 AT89S51 代替(Philips 等公司的 89C51/52 仍有产品)。由于 89S51 采用 0.35 新工艺,新增加很多功能,同时性能有了较大提升,但价格基本不变甚至比 89C51 更低,所以更具竞争力。

89S51 相对于 89C51 增加的新功能包括:ISP 在线编程功能,这个功能的优势在于改写单片机存储器内的程序不需要把芯片从工作环境中剥离,它是一个强大易用的功能;最高工作频率为 33 MHz,比 89C51 的极限工作频率 24 MHz 更高,从而具有更快的计算速度;具有双工 UART 串行通道;内部集成把关定时器(俗称看门狗定时器),不再需要像 89C51 那样外接把关定时器单元电路;双数据指示器;电源关闭标识;全新的加密算法,这使得对于 89S51 的解密变为不可能,程序的保密性大大加强,可以有效地保护知识产权不被侵犯;向下完全兼容 MCS-51 系列单片机全部子系列产品,也就是说在 MCS-51 系列单片机上运行的程序,在 89S51 单片机上一样可以正常运行。

### 1.2.3 其他常用单片机系列综述

当今单片机厂商琳琅满目,单片机产品性能各异。在准备单片机开发时,首先要了解市场上常用的单片机系列概况。生产 80C51 系列单片机的厂家除了前面提到的公司外,还有美国的 Microchip 公司、TI 公司、意法 ST 公司,以及日本以及中国台湾地区的系列产品都有一定特色。这些厂家除了生产单片机外,一般都开发有其他系列的产品。

#### 1. Atmel 公司的 AVR 系列

AVR 系列单片机是 1997 年 Atmel 公司为了充分发挥其 Flash 的技术优势而推出的全新配置的精简指令集(RISC)单片机,简称 AVR。该系列单片机一进入市场,就以其卓越的性能而大受欢迎。通过几年的发展,AVR 单片机已形成系列产品,其 Attiny 系列、AT90S 系列与 Atmega 系列分别对应为低、中、高档产品(高档产品含 JTAG ICE 仿真功能)。

AVR 系列单片机的主要优点如下。

(1) 程序存储器采用 Flash 结构,可擦写 1 000 次以上,新工艺的 AVR 器件,其程序存储器擦写可达 1 万次以上。

(2) 有多种编程方式。AVR 程序写入时,可以并行写入(用专用编程器),也可用串行 ISP(通过 PC 的 RS232 口或打印口)在线编程擦写。

(3) 多累加器型、数据处理速度快,超功能精简指令。它具有 32 个通用工作寄存器,相当于有 32 条立交桥,可以快速通行。AVR 系列单片机中有 128 B 到 4 KB 的 SRAM(静态随机数据存储器),可灵活使用指令运算,存放数据。

(4) 功耗低,具有休眠省电功能(Power Down)及闲置(IDLE)低功耗功能。一般耗电在 1~2.5 mA 之间,WDT 关闭时为 100 nA,更适用于电池供电的应用设备。

(5) I/O 口功能强、驱动能力大。AVR 系列单片机的 I/O 口是真正的 I/O 口,能正确反映 I/O 口输入、输出的真实情况。它既可以作三态高阻输入,又可设定内部拉高电阻作输入端,便于为各种应用特性所需。它具有大电流(灌电流)10~40 mA,可直接驱动晶闸管 SSR 或继电器,节省了外围驱动器件。



(6) 具有 A/D 转换电路,可作数据采集闭环控制。AVR 系列单片机内带模拟比较器, I/O 口可作 A/D 转换用,可以组成廉价的 A/D 转换器。

(7) 有功能强大的计数器/定时器。计数器/定时器有 8 位和 16 位,可作比较器、计数器、外部中断,也可作 PWM,用于控制输出。有的 AVR 单片机有 3~4 个 PWM,是作电机无级调速的理想器件。

## 2. Microchip 公司的 PIC 系列

Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机。它的主要产品是 PIC 系列 8 位单片机,它的 CPU 采用了精简指令集(RISC)结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。

PIC 8 位单片机产品共有 3 个系列,即基本级、中级和高级。用户可根据需要选择不同档次和不同功能的芯片。

基本级系列产品的特点是低价位,如 PIC16C5 $\times$ ,适用于各种对成本要求严格的家电产品。又如 PIC12C5 $\times\times$ 是世界上第一个 8 脚的低价位单片机,因其体积很小,完全可以应用在以前不能使用单片机的家电产品中。

中级系列产品是 PIC 最丰富的品种系列。它在基本级产品上进行了改进,并保持了很高的兼容性。外部结构也是多种的,有从 8 引脚到 68 引脚的各种封装,如 PIC12C6 $\times\times$ 。该级产品的性能很高,如内部带有 A/D 变换器、E<sup>2</sup>PROM 数据存储器和比较器输出、PWM 输出、I<sup>2</sup>C 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。

高级系列产品如 PIC17C $\times\times$ 单片机的特点是速度快,所以适用于高速数字运算的应用场合,加之它具备一个指令周期内(160 ns)可以完成 8 $\times$ 8 位二进制乘法运算能力,所以可取代某些 DSP 产品。再有,PIC17C $\times\times$ 单片机具有丰富的 I/O 控制功能,并可外接扩展 EPROM 和 RAM,使它成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一,所以很适合在高、中档的电子设备中使用。

## 3. Motorola 公司的单片机

Motorola 公司是世界上最大的单片机厂商,该公司的特点是品种全、选择余地大、新产品多,在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08,68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 有 30 多个品种,年产量在 1 亿片以上。升级产品有 68HC12。16 位机 68HC16 有 10 多个品种。32 位单片机的 683 $\times\times$ 系列也有几十个品种。

Motorola 单片机的特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低很多,因而使得高频噪声低,抗干扰能力强,更适合用于工控领域及恶劣的环境。Motorola 8 位单片机过去的策略是以掩膜为主,最近推出了 OTP 计划以适应单片机发展新趋势。在 32 位机上,M. CORE 在性能和功耗方面都胜过 ARM7。

由于 Motorola 单片机产品以前主要是以掩膜为主,不太适合于教学,所以始终没有被选做教学用机型。

## 1.3 单片机控制的灯闪烁系统的开发

发光二极管 LED 在许多场合用来做状态指示灯,如电源指示灯、设备工作指示灯或指