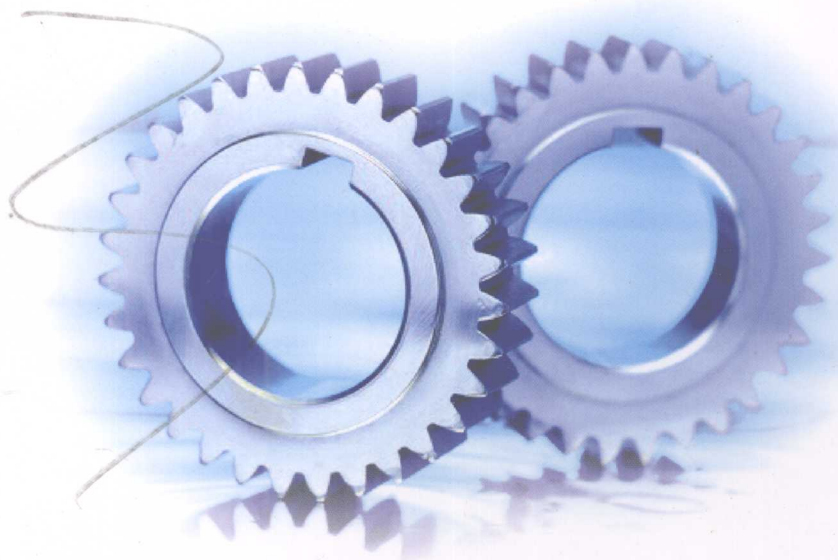



Technology  
实用技术

机 电 一 体 化 技 术

# 单片机应用技术

赵林惠 编



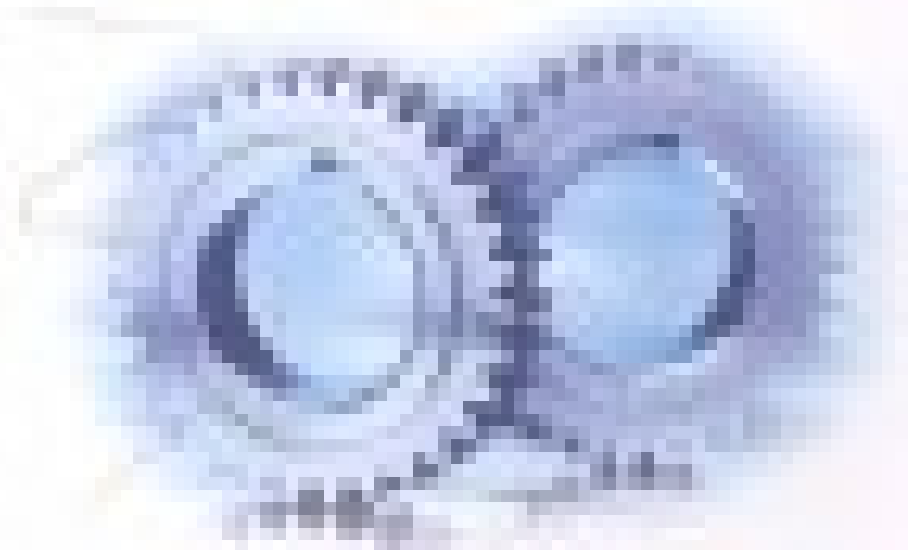
 科学出版社  
www.sciencep.com

第 1 版

第 1 章 绪论

# 单片机应用技术

第 2 版



清华大学出版社

清华大学出版社  
http://www.tup.com.cn

清华大学出版社  
http://www.tup.com.cn

清华大学出版社

## 机电一体化技术

# 单片机应用技术

赵林惠 编

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 赵林惠编. — 北京: 清华大学出版社, 2008

(机电一体化技术)

ISBN 978-7-302-2387-7

I. ①单… II. ①赵… III. ①单片机—应用—教材 IV. TP282.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第080795号

责任编辑: 林力群  
封面设计: 陈鹤峰

清华大学出版社 制作

http://www.tup.com.cn

地址: 北京清华大学学研大厦A座  
邮编: 100084

清华大学出版社 制作

地址: 北京清华大学学研大厦A座  
邮编: 100084

清华大学出版社 制作

清华大学出版社 制作

http://www.tup.com.cn

清华大学出版社  
**科 学 出 版 社**

定价: 34.00元

(北京) 清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书是“机电一体化技术”丛书之一。本书结合具体实例,着重介绍了单片机的内部结构、工作原理、程序设计以及各种常用的接口技术,包括中断系统、定时器/计数器、8255I/O扩展、显示器和键盘接口、数模和模数转换技术。

本书围绕使学生掌握如何运用单片机解决具体问题这一目的,安排了大量实例,且在设计时采取了循序渐进的方式,按照章节内容的安排改变或添加功能,最终实现较复杂的任务,旨在培养和锻炼学生的基本应用技能。以图解的方式说明问题是本书的另一特色。

本书适合作为高等院校机电一体化相关专业教材,也适合作为单片机技术初学者的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/赵林惠编. —北京:科学出版社,2008

(机电一体化技术)

ISBN 978-7-03-022236-7

I. 单… II. ①赵… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第080795号

责任编辑:孙力维 杨凯 / 责任制作:魏谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年7月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年7月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—4000 字数:320 000

定 价: 34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

# 机电一体化技术丛书 编委会名单

主 编 方 新

委 员 (以姓氏笔画为序):

王淑芳 田宏宇 刘晓彤

刘长青 刘 建 赵林惠

郭洪红 席 巍

# 前 言

随着嵌入式应用的发展,单片机所具有的体积小、使用方便灵活、成本低等特点使其广泛应用于电子、家用电器、玩具、航空航天、汽车、仪器仪表等领域,因此对单片机的应用能力成为当代工科大学生及相关领域的技术人员不可或缺的一项技能。

单片机技术的应用性很强,适合机械、自动化、检测、电子工程及信息技术等专业的学生学习。但在多年的教学中我发现,学生在学习单片机课程时总是感觉很难,对其中的很多知识点难以理解,更谈不上掌握。同学们往往在努力一个学期后收获甚微,有的甚至连基本概念都没有建立起来。为此,我院近几年一直在尝试新的教学和考试方法,强调培养学生运用单片机解决具体问题的能力和动手操作能力,而淡化枯燥的理论知识。只有先将学生的兴趣培养起来,才能激发他们进一步学习的热情,而且只有先掌握了最基本的技能,才能唤起他们学习深层次单片机知识的渴望。这个思想促成我们编写了本书。

本书围绕着“什么是单片机?”、“单片机由什么组成?”、“单片机能够做什么以及怎么做?”这几个问题展开,力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进。书中利用大量插图帮助读者直观地理解相关内容。本书以学习单片机基础知识为出发点,不详述学术理论方面的细节,而以实用为主,几乎每章都配有读者可以实际动手完成的任务,因此适合作为高等院校机电一体化相关专业的教材,也适合作为单片机技术初学者的参考书。

本书由赵林惠编写了前8章,第9章中的课程设计项目与赵双华、张保钦、李一男共同完成。编写过程中,得到了许多同行的帮助和支持,感谢他们提出的宝贵意见和建议。另外,对于家人在编写过程中的支持与奉献,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者



39	.....	3.1.1	.....	1
39	.....	3.1.2	.....	1
39	.....	3.1.3	.....	2
30	.....	3.2	.....	3
34	.....	3.3	.....	4
34	.....	3.3.1	.....	4
32	.....	3.3.2	.....	8
38	.....	3.3.3	.....	13
15	.....	3.4	.....	14
74	.....	3.4.1	.....	16
74	.....	3.4.2	.....	17
75	.....	3.5	.....	18
75	.....	3.5.1	.....	19
78	.....	3.5.2	.....	23
80	.....	3.6	.....	24
80	.....	3.6.1	.....	25
111	.....	3.6.2	.....	25
111	.....	3.7	.....	25
85	.....	3.8	.....	25
71	.....	3.8.1	.....	25
74	.....	3.8.2	.....	25

<b>第 1 章</b>	<b>单片机概述</b>	.....	1
1.1	单片机与嵌入式系统	.....	1
1.1.1	单片机与个人计算机的区别	.....	1
1.1.2	嵌入式系统与单片机的关系	.....	2
1.1.3	位、字节、字长	.....	3
1.2	单片机与 C51 系列单片机	.....	3
1.3	单片机的应用及其工作内容	.....	4
1.3.1	单片机的应用领域	.....	4
1.3.2	单片机的工作内容	.....	4
1.4	学习单片机的数学基础	.....	8
1.4.1	二进制(Binary)	.....	8
1.4.2	十六进制(Hexadecimal)	.....	13
1.4.3	BCD 码	.....	14
1.4.4	ASCII 码	.....	16
1.5	单片机应用程序的开发语言	.....	17
1.6	单片机开发工具	.....	18
1.7	TKStudio 集成开发环境使用简介	.....	19
1.8	知识与技能归纳	.....	23
	思考与练习	.....	24
<b>第 2 章</b>	<b>单片机的结构和原理</b>	.....	25
2.1	单片机的内部组成	.....	25





2.1.1	总线结构	26
2.1.2	单片机的内部结构	27
2.1.3	引脚定义及功能	28
2.2	单片机的工作原理	30
2.3	单片机的存储器	34
2.3.1	半导体存储器	34
2.3.2	存储器的主要指标	35
2.3.3	8051单片机的存储器	36
2.4	输入/输出(I/O)端口	45
2.4.1	并行I/O口的结构和特点	45
2.4.2	并行I/O口的应用实例	49
2.5	CPU时序及时钟电路	57
2.5.1	CPU时序	57
2.5.2	时钟电路	58
2.6	单片机的工作方式	59
2.6.1	复位方式	59
2.6.2	程序执行方式	61
2.7	知识与技能归纳	61
	思考与练习	62
<b>第3章</b>	<b>单片机的指令系统</b>	<b>65</b>
3.1	指令系统概述	65
3.1.1	汇编语言指令格式	65
3.1.2	指令系统标识符	66
3.1.3	寻址方式	67
3.1.4	伪指令	68
3.2	数据传送类指令	70
3.2.1	内部RAM数据传送指令(16条)	71
3.2.2	外部RAM数据传送指令(4条)	74
3.2.3	查表指令(2条)	75
3.2.4	数据交换指令(5条)	77





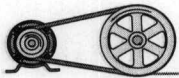
081	3.2.5 堆栈操作指令(2条)	78
041	3.3 算术运算类指令	81
040	3.3.1 加法指令(14条)	81
441	3.3.2 减法指令(8条)	86
441	3.3.3 乘法和除法指令(2条)	87
241	3.4 逻辑操作类指令	89
841	3.5 控制转移类指令	94
041	3.5.1 无条件转移指令(4条)	94
	3.5.2 条件转移指令(8条)	97
121	3.5.3 子程序调用与返回指令(4条)	103
121	3.5.4 空操作指令(1条)	105
121	3.6 位操作类指令	106
121	3.6.1 位数据传送指令(2条)	106
121	3.6.2 位逻辑操作指令(6条)	107
121	3.6.3 位状态(置位、清0)控制指令(4条)	108
121	3.6.4 位条件(控制)转移指令(5条)	108
121	3.7 知识与技能归纳	109
121	思考与练习	110
101	<b>第4章 汇编语言程序设计</b>	113
170	4.1 汇编语言程序设计步骤	113
871	4.2 汇编语言程序设计	114
071	4.2.1 顺序程序设计	114
170	4.2.2 分支程序设计	115
	4.2.3 循环程序设计	118
181	4.2.4 子程序设计	124
181	4.3 综合程序设计	129
881	4.3.1 查表程序	129
881	4.3.2 散转程序	134
281	4.3.3 数制转换程序	135
281	4.3.4 算术运算程序	137



87	4.4 汇编语言程序的调试方法	139
118	4.5 汇编语言程序开发实例	140
118	4.5.1 任务一	140
118	4.5.2 任务二	142
118	4.5.3 任务三	144
118	4.5.4 任务四	145
119	4.6 知识与技能归纳	148
119	思考与练习	149
79		
102	<b>第5章 中断系统</b>	151
102	5.1 中断概述	151
102	5.1.1 数据传送方式	151
102	5.1.2 中断技术基础	152
102	5.2 8051 单片机中断系统	155
102	5.2.1 中断源	156
102	5.2.2 中断控制	156
102	5.2.3 中断响应	163
102	5.2.4 中断请求信号的撤除	165
111	5.3 中断程序的设计与应用	167
111	5.3.1 中断程序设计	167
111	5.3.2 中断程序设计实例	170
111	5.3.3 中断程序的调试方法	178
114	5.4 知识与技能归纳	179
112	思考与练习	179
118		
129	<b>第6章 定时器/计数器</b>	181
129	6.1 定时/计数器概述	181
129	6.1.1 定时/计数器的结构	182
131	6.1.2 定时/计数器的工作原理	183
132	6.2 定时/计数器的控制	185
132	6.2.1 控制寄存器 TCON	185



6.2.2	工作方式寄存器 TMOD	186
6.3	定时/计数器的工作方式	188
6.3.1	方式 0	188
6.3.2	方式 1	189
6.3.3	方式 2	190
6.3.4	方式 3	192
6.4	定时/计数程序的设计与应用	192
6.4.1	定时/计数程序设计	192
6.4.2	定时/计数程序设计实例	195
6.5	知识与技能归纳	209
	思考与练习	210
<b>第 7 章 常用接口技术</b>		213
7.1	单片机系统扩展概述	213
7.1.1	单片机扩展系统结构	213
7.1.2	扩展系统编址技术	215
7.2	并行 I/O 接口扩展技术	219
7.2.1	并行 I/O 口扩展概述	219
7.2.2	简单并行 I/O 口扩展	220
7.2.3	可编程并行 I/O 口扩展	223
7.3	输入输出通道接口技术	228
7.3.1	D/A 转换接口技术	229
7.3.2	A/D 转换接口技术	237
7.4	键盘及显示器接口技术	244
7.4.1	键盘接口技术	245
7.4.2	显示器接口技术	250
7.4.3	键盘和显示器综合接口设计实例	259
7.5	接口技术应用实例	260
7.5.1	任务一	260
7.5.2	任务二	262
7.5.3	任务三	263



881	7.5.4 任务四 .....	265
881	7.6 知识与技能归纳 .....	266
881	思考与练习 .....	268
881	第 8 章 单片机应用系统的设计与开发 .....	269
881	8.1 单片机应用系统的结构 .....	269
881	8.2 单片机应用系统的设计过程 .....	270
881	8.3 单片机应用系统设计实例 .....	270
881	8.3.1 室内环境控制系统 .....	270
881	8.3.2 水位控制系统 .....	275
881	8.4 知识与技能归纳 .....	277
881	思考与练习 .....	277
881	第 9 章 课程设计项目 .....	279
881	9.1 电子秒表的设计 .....	279
881	9.2 电子时钟的设计 .....	280
881	9.3 步进电机的控制 .....	280
881	9.4 直流电机的控制 .....	281
881	9.5 数字温度计的设计 .....	282
881	9.6 交通灯控制系统的设计 .....	282
881	9.7 波形发生器 1 的设计 .....	283
881	9.8 波形发生器 2 的设计 .....	284
881	9.9 项目设计报告参考格式 .....	285
881	参考文献 .....	287
881	附录 8051 指令速查表 .....	289



ROM(只读存储器)和ROM(Read Only Memory,只读存储器)构成。输入输出接口(单口、双口、并行口、串行口)组成。在个人计算机上,微处理器芯片或芯片组集成在系统板上,而在单片机中,这些部件全部集成在一块芯片上,因此称之为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)。图1.2为两种不同封装形式的单片机。

# 第 1 章

## 单片机概述

本章首先介绍有关单片机的基本知识,包括单片机的概念、嵌入式系统的概念、位和字长的概念等,通过具体实例来说明单片机的作用及其应用领域,并介绍了学习单片机所应具备的数学基础知识,包括数制、编码和基本运算,最后介绍单片机系统开发所使用的语言、开发工具以及一种典型开发集成环境——TKStudio的使用。

### 1.1 单片机与嵌入式系统

#### 1.1.1 单片机与个人计算机的区别

如图 1.1 所示,我们常用的计算机实际上是一个微型计算机系统,包括硬件部分和软件部分。其中硬件的核心部分是微型计算机,由 CPU(Central Processing Unit,中央处理单元,进行运算和控制)、内存储器(由 RAM(Random Access Mem-

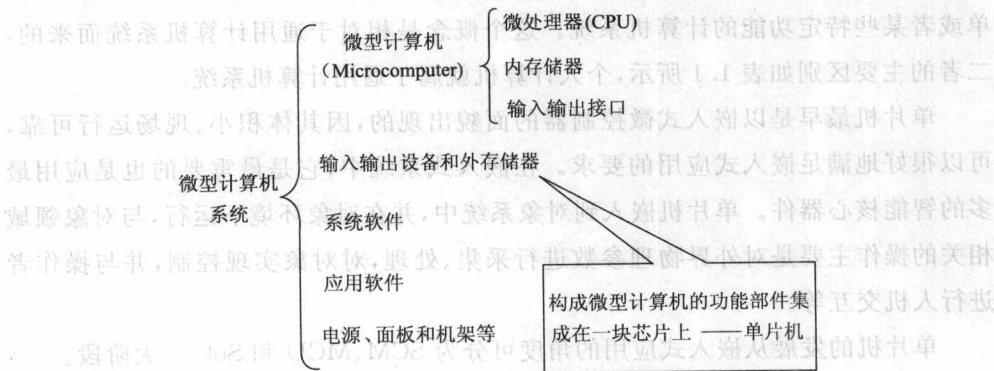


图 1.1 微型计算机系统、微型计算机与单片机组成图





ory, 随机存储器)和 ROM(Read Only Memory, 只读存储器)构成)、输入/输出接口(串行口、并行口等)组成。在个人计算机上微型计算机被分成若干块芯片或者插卡, 安装在一个称之为主板印制电路板上。而在单片机中, 这些部分全部被集成在一块电路芯片中, 因此称之为单片微型计算机(SCM: Single Chip Microcomputer), 简称为单片机。图 1.2 为两种不同封装类型的单片机。

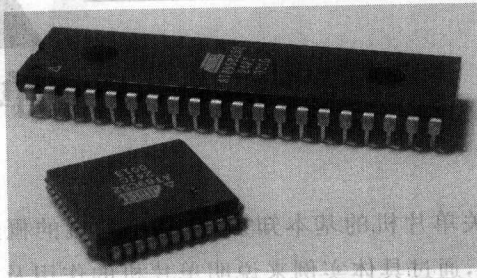


图 1.2 单片机实物图

单片机系统是硬件和软件结合的产物, 由图 1.1 可看出, 我们日常使用的实际上是一个微型计算机系统, 我们购买计算机后都要安装操作系统(Windows, Unix, Linux)以及各种应用软件(Word, Excel, IE, Realplay 等)才能进行写文档、上网、发邮件、看电影等等。同样, 今后我们要学习的各种单片机的应用也均是一个个单片机系统, 也就是说, 我们不光学习它的硬件组成, 还要学习如何用单片机的语言(汇编语言)编写程序。硬件与软件, 二者缺一不可。

### 1.1.2 嵌入式系统与单片机的关系

嵌入式系统(Embedded System)是指嵌入到工程对象中能够完成某些相对简单或者某些特定功能的计算机系统。这个概念是相对于通用计算机系统而来的, 二者的主要区别如表 1.1 所示, 个人计算机就属于通用计算机系统。

单片机最早是以嵌入式微控制器的面貌出现的, 因其体积小、现场运行可靠, 可以很好地满足嵌入式应用的要求。在嵌入式系统中, 它是最重要的也是应用最多的智能核心器件。单片机嵌入到对象系统中, 并在对象环境下运行, 与对象领域相关的操作主要是对外界物理参数进行采集、处理, 对对象实现控制, 并与操作者进行人机交互等。

单片机的发展从嵌入式应用的角度可分为 SCM、MCU 和 SoC 三大阶段。

SCM(Single Chip Microcomputer)阶段, 即单片微型计算机, 主要是寻求最佳的单片形态、嵌入式系统的最佳体系结构。



MCU(Micro Control Unit)阶段,即控制器阶段,主要是不断扩展满足嵌入式应用和设计系统要求的各种外围电路与接口电路,以突显其智能控制能力。SoC(System on Chip)阶段,即片上系统阶段,主要是寻求应用系统在芯片上的最大化解决。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SoC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。

表 1.1 嵌入式计算机系统与通用计算机系统的比较

计算机系统	定义	特点
通用计算机系统	满足海量高速数据处理的计算机系统的统称	对运行速度要求高
嵌入式计算机系统	面对工控领域的测控对象,嵌入到应用系统中的计算机系统的统称	对控制功能要求高

### 1.1.3 位、字节、字长

计算机使用二进制数,即只有“0”和“1”两个数码。

位(bit):表示一个二进制数的最基本也是最小的单位。如 100 为 3 位二进制数,10011011 是 8 位二进制数。

字节(Byte):一字节等于 8 位二进制数。

字长:CPU 一次能够处理二进制信息的位数,通常也指 CPU 与输入/输出设备或内存存储器之间一次传送二进制数据的位数。计算机的字长与处理能力和计算精度有关,字长越长,计算精度越高,处理能力越强,但计算机的结构也变得更复杂。

CPU 的字长有 1 位、4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位,对应的计算机就是 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。目前单片机大多是 8 位机或 16 位机,本书所介绍的 51 系列单片机就是 8 位机,这意味着如果要处理 16 位数据的话就应该分两次处理。

## 1.2 单片机与 C51 系列单片机

一提到单片机,读者一定经常听到这样一些名词:MCS-51、8051、C51 等,它们之间究竟是什么关系呢?

MCS-51 是指由美国 INTEL 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括了许多品种,如 8031、8051、8751 等,其中 8051 是最典型的产品,该系列单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。



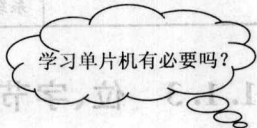


有人 INTEL 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司,所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机,当然,功能或多或少有些改变,以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机是 AT89C51(简称 C51),是美国 ATMEL 公司以 8051 为内核开发生产的。本书就以此单片机为基础,各种任务与实例均用此种单片机实现。

## 1.3 单片机的应用及其工作内容

### 1.3.1 单片机的应用领域

目前,个人计算机、笔记本电脑的使用非常普遍,连小学生都懂得如何上网、发邮件、打游戏等,我们还学习单片机干什么?而且与计算机相比,单片机的功能小得多,那学它究竟有什么用呢?实际上,随着自动化程度的提高,工业和现实生活中的许多需要计算机控制的场合并不要求计算机有很高的性能,因为这些应用场合对数据量和处理速度要求不高,如果使用计算机将增加成本。单片机凭借体积小、质量轻、价格便宜等优势,成为计算机的替代品,比如空调温度的控制,冰箱温度的控制等都不需要很复杂很高级的计算机。应用的关键在于是否满足需求,是否有很好的性能价格比。



单片机已经渗透到各行各业以及生活的各个领域,包括导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、摄像机、全自动洗衣机、程控玩具、电子宠物、机器人、智能仪表、医疗器械等。

### 1.3.2 单片机的工作内容

下面我们用两个例子来解释一下单片机在控制中所起的作用,希望读者能够明白单片机究竟能够做些什么事情,以便对单片机的工作内容有一个大概的了解。

#### 1. 智能空调控制系统

智能空调中的温度、湿度及种种运行模式的控制都是依靠单片机实现的。其中,单片机作为控制器,其作用是根据各种不同的输入信号及空调的当前状态,通过预定的指令打开或关闭继电器来实现开、关控制,如图 1.3 所示。

单片机的基本工作首先是将从室温传感器测得的温度值与设定的室内温度值相比较,根据比较的结果决定是接通还是断开空调中空气压缩机(或加热器)的电

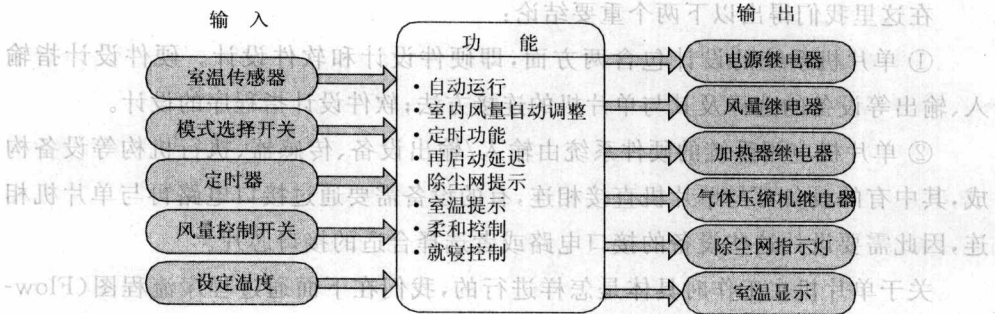
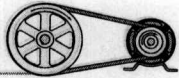


图 1.3 室内空调控制系统框图

源。除此之外,通过单片机控制还可以实现其他功能。例如,当空调的模式选择开关选至“就寝模式”时,单片机就会在空调定时器运行 1 小时之后,自动将室温控制在比设定值高  $3^{\circ}\text{C}$  (暖风时降低  $5^{\circ}\text{C}$ ) 的舒适温度上,这样人睡着后不会感觉冷(或热)。另外,当我们把模式选择开关选至“柔和模式”时,空调所实现的风量自动调节及再启动时的 3 分钟延时(为延长气体压缩机的使用寿命,再启动时要延时一段时间后才接通电源开关),都是通过单片机控制实现的。再有,用发光二极管(LED; Light Emitting Diode)一直显示室内温度,当换气扇累计运行 100 小时后,自动点亮提示清除除尘网的指示灯等,这些功能也都是由单片机控制完成的。

综上所述,当室内空调中嵌入了单片机后,就使该空调具有了以往机械式空调无论是从结构还是从价格上都不可能实现的“极其细致”的功能,使空调在舒适、节能、操作简便等方面都得到了很大的提高。

在这个例子中我们看到,嵌入实用机器中的单片机芯片,是从相当于人“五官”的输入设备中接收信号,并对它们进行仔细的“处理”后,再将相应的输出信号送至相当于人的“手和脚”的输出设备,由它们来执行相应的控制,以此提高机器的性能。在这里,相当于人脑的单片机,要按预先给定的程序,根据当时的各种输入信号对机器的运行状态进行判断,即按照一定的控制算法,计算出实施最佳控制所需要的各种控制信号,并将这些信号输送给输出设备。这里程序的好坏决定了这个单片机在机器中的应用价值。换句话说,即使采用同一型号的单片机的,如果编写不同的程序,就可以使被控机器或设备具有不同的功能。在此,我们重申一遍前面提到的一个重要概念:单片机系统是硬件和软件结合的产物,二者缺一不可。另外,可看出这个单片机应用系统的硬件除了作为控制器的单片机以外,还由输入设备(用于设定温度)、输出设备(用于显示温度)、传感器(用于测量温度)、继电器(用于开或关电源、加热器等设备)等设备组成,构成了一个典型的单片机应用系统。