

教育部“十二五”职业教育国家规划立项教材

高职高专计算机系列规划教材

# 单片机控制技术项目式教程

王璇 胡国兵 主编 高玉玲 宋维君 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

教育部“十二五”职业教育国家规划立项教材

高职高专计算机系列规划教材

# 单片机控制技术项目式 教程（C语言版）

王璇 胡国兵 主编

高玉玲 宋维君 副主编

杜军 李玲 张智玮 编著

于宝明 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以当前最新的职业教育要求为指导思想,以电子产品中的实用设计项目为载体,以基于工作过程的任务驱动的形式由浅入深地介绍了 MCS-51 单片机的控制技术和实用设计。书中把单片机的知识点融入到各个项目及下层的任务中,每个任务又包含了任务要求、任务分析和任务设计,完整地体现了实际电子产品设计开发的过程。硬件的设计从单片机的 I/O、定时/计数器、中断和串行口的基本应用,到单片机实用的键盘、显示、A/D 转换器和 D/A 转换器的应用,循序渐进地将知识点逐个体现在实际的任务设计中。软件的设计采用通用的 C 语言进行编程。项目后的拓展部分拓宽了知识的宽度和深度。课后的知识思考与项目训练通过理论和实践环节将课堂与课后的学习有机地结合在一起。为了适应不同的读者,本书正文中的硬件电路采用 Proteus 软件环境设计,项目拓展的电路使用配套的实验板,灵活实用。

本书适合作为高职高专电子技术类、通信技术类及信息技术类专业进行单片机项目式教学的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机控制技术项目式教程: C 语言版/王璇, 胡国兵主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.1

高职高专计算机系列规划教材

ISBN 978-7-121-21954-2

I. ①单… II. ①王… ②胡… III. ①单片微型计算机—计算机控制—高等职业教育—教材

IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 276787 号

策划编辑: 吕 迈

责任编辑: 底 波

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订: 北京市李史山胶印厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16.25 字数: 416 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

当前信息技术飞速发展，嵌入式电子技术深入到了人们日常生活的各个方面。单片机是一种嵌入式微控制器，在工业控制、通信设备、智能仪器、智能终端、医疗器械、汽车电器和家用电器等领域都有着广泛的应用。因此，单片机控制技术是工科类高职电子、机电、自动化等相关专业的一门必修的核心专业课程。然而单片机却是一门令学生感到较难学习的课程，不光要掌握其硬件电路的设计，还要编写相应的工作程序，并且要联合调试。我们的目的就是要解决如何使学生想学、爱学、易学并且学懂这门课程。

本书以高等职业教育的职业能力培养目标为指导，注重以理论教育为基础，以技能培训为前提，将理论与实践紧密结合，突出实践性教育环节，注重专业能力的培养，力图做到深入浅出，便于教学，充分体现专业课教学的基础性、实用性、操作性等特点。

本书以实用的产品为课程载体，采用项目导向、任务驱动的模式，将教学内容分为若干个相对独立的项目，每个项目由若干个任务组成，充分体现工学结合的教学模式。教学过程中充分发挥学生的主动性、积极性。学做一体贯穿于整个教学过程中，每个项目由直观的生活现象引入，通过一定的知识准备后去完成任务，每个任务由任务要求、任务分析和任务设计组成，包含器件的选择、硬件电路的设计和软件程序的设计，完整地体现了实际电子产品设计开发的整个工作过程。书中的软件设计采用现在电子行业通用的 C 语言编程，同时引入串行数字温度传感器、串行 A/D 和 D/A 转换器、液晶显示等新知识，对于需要用到的单片机开发软件环境 Proteus 和 Keil C51 也做了简单的介绍，充分体现了教学内容的先进性与实用性。

本书适用于学做一体化的单片机项目式教学，参考学时数为 90 学时，使用者可根据具体情况增减学时数。教学中可根据学时及专业，有选择地介绍项目拓展内容。教材有配套的单片机实验板，但实验板的应用只在项目拓展中，正常的教学内容采用单片机开发环境 Proteus 和 Keil C51 就可以了，这样使教材的使用不受教学条件的限制。

本书由南京信息职业技术学院的王璇和胡国兵担任主编，高玉玲和宋维君担任副主编。王璇和胡国兵编写了项目 5、项目 7~项目 10，高玉玲编写了项目 1~项目 4，宋维君和王璇编写了项目 6，其他参编人员还有李玲、张智玮、金明、马晓阳、俞金强、尹会明、黄凌、高杉、胡晓燕。本书在编写过程中得到南京中兴通讯的高级工程师杜军的大力帮助，于宝明细心审读了本书，在此表示衷心的感谢。书中部分内容的编写参照了有关文献，谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。

本书配有教学课件，可作为使用本教材教师上课的教案。

由于单片机技术日新月异，加上编者水平有限和编写时间匆忙，书中难免有疏漏和错误之处，恳请读者批评指正，以便再版时修改。作者电子邮箱：wangxuan@njcit.cn。

编 者  
2013 年 8 月

# 目 录

## CONTENTS

项目 1 认识单片机	1	3.1.1 MCS-51 单片机的基本结构	34
任务 1.1 单片机是什么	2	3.1.2 MCS-51 单片机的内部存储器	35
1.1.1 单片机在哪里	2	3.1.3 MCS-51 单片机内部存储器读写控制	39
1.1.2 单片机的样子	3	任务 3.2 MCS-51 单片机的最小系统设计	42
1.1.3 单片机的基本概念	3	3.2.1 MCS-51 单片机芯片介绍	42
任务 1.2 单片机的发展历史及发展趋势	4	3.2.2 单片机复位电路的设计	44
1.2.1 单片机的发展历史	4	3.2.3 单片机时钟电路的设计	44
1.2.2 单片机的发展趋势	5	3.2.4 单片机最小系统的设计	46
任务 1.3 单片机的产品分类	6	项目小结	49
任务 1.4 单片机的特点及应用领域	9	思考与训练	49
1.4.1 单片机的特点	9	项目 4 单片机控制 LED 灯的设计	50
1.4.2 单片机的应用领域	10	任务 4.1 单片机控制单个 LED 灯	51
项目小结	11	4.1.1 MCS-51 单片机的 I/O 口介绍	51
思考与训练	11	4.1.2 单片机控制单个 LED 灯闪烁的设计	54
项目 2 用单片机开发环境进行项目设计	13	任务 4.2 单片机控制多个循环 LED 灯	60
任务 2.1 用 Keil C51 开发环境进行软件设计	14	项目小结	66
2.1.1 安装与配置 Keil C51	14	思考与训练	66
2.1.2 用 Keil C51 创建工程	16	项目 5 定时器与脉冲计数器的设计	68
任务 2.2 用 Proteus 仿真环境进行硬件设计	22	任务 5.1 定时器的设计	69
2.2.1 安装与配置 Proteus	22	5.1.1 MCS-51 单片机内部定时/计数器的原理	69
2.2.2 用 Proteus 绘制单片机原理图	28	5.1.2 用单片机定时/计数器设计定时器(查询方式)	72
项目小结	31	任务 5.2 脉冲计数器的设计	85
思考与训练	32	项目小结	89
项目 3 MCS-51 单片机最小系统的设计	33		
任务 3.1 认识 MCS-51 单片机的内部结构	34		

思考与训练	89	任务 8.2 单片机与计算机通信系统	
<b>项目 6 交通信号灯的设计</b>	91	的设计	176
任务 6.1 LED 数码管显示数字的设计	92	8.2.1 SComAssistant V2.1 串口	
6.1.1 单只 LED 数码管静态		调试助手	176
显示数字	92	8.2.2 单片机与计算机通信系统	
6.1.2 8 位 LED 数码管动态		的设计	177
显示数字	99	项目小结	183
任务 6.2 中断控制流水灯的设计	103	思考与训练	184
6.2.1 MCS-51 单片机的中断		<b>项目 9 信号发生器的设计</b>	185
系统	103	任务 9.1 灯光亮度调节器的设计	186
6.2.2 中断控制 LED 灯的亮灭	109	9.1.1 D/A 转换器的基本原理	186
6.2.3 中断控制流水灯	111	9.1.2 D/A 转换器的技术性能	
任务 6.3 交通信号灯的设计	114	指标	188
项目小结	124	9.1.3 DAC0832 芯片及其与	
思考与训练	124	单片机接口电路	189
<b>项目 7 模拟电子闹钟的设计</b>	126	9.1.4 灯光亮度调节器的设计	197
任务 7.1 键盘的应用	127	任务 9.2 信号发生器的设计	199
7.1.1 独立键盘控制 LED		项目小结	212
灯的点亮	127	思考与训练	212
7.1.2 矩阵键盘控制数码管显示	132	<b>项目 10 数字温度采集系统的设计</b>	214
任务 7.2 电子秒表的设计	138	任务 10.1 数字电压表的设计	215
任务 7.3 模拟电子闹钟的设计	141	10.1.1 A/D 转换器的基本原理	215
项目小结	151	10.1.2 ADC0809 芯片的介绍	217
思考与训练	152	10.1.3 数字电压表的设计	221
<b>项目 8 单片机与计算机通信</b>		任务 10.2 数字温度采集系统的设计	225
<b>系统的设计</b>	153	10.2.1 DS18B20 的工作原理	225
任务 8.1 51 单片机之间的串行		10.2.2 数字温度采集系统的设计	231
通信设计	154	项目小结	244
8.1.1 RS232 串行通信标准	154	思考与训练	244
8.1.2 MCS-51 单片机串行口		<b>附录 A 实验板实物图</b>	246
工作原理	159	<b>附录 B 实验板电原理图</b>	247
8.1.3 单片机之间的双机串行		<b>参考文献</b>	254
通信的设计	169		



### 学习目标

- 初步认识单片机；
- 掌握单片机的基本概念；
- 了解单片机的发展历史及发展趋势；
- 了解单片机的产品分类、特点及应用领域。



### 工作任务

- 叙述什么是单片机；
- 叙述单片机的发展；
- 叙述单片机的产品分类；
- 叙述单片机的特点及应用领域。



### 项目引入

在日常生活中，像手机、MP3、数码相机、GPS 导航和智能家电等常用设备，给我们带来了许多方便和生活情趣，可你了解在这些设备中发挥主要作用的单片机吗？单片机因将计算机的主要组成部分集成在一块芯片上而得名，别看它体积很小，有了它，可以使我们的生活更加丰富多彩。

要了解单片机的控制作用，必须先认识单片机，学习单片机的基础知识。本项目主要是引领学生去认识什么是单片机，通过学习要求学生掌握单片机的概念，了解单片机的发展及应用。

本项目包含四个任务：单片机是什么；单片机的发展历史及发展趋势；单片的产品分类；单片机的特点及应用领域。



## 任务 1.1 单片机是什么

随着电子技术的飞速发展，计算机已渗入生活的各个方面，影响着整个社会，改变了人类的生活方式。

根据规模，计算机可分为：巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型计算机向着两个不同的方向发展：一是向着高速度、大容量、高性能的高档计算机方向；二是向着稳定可靠、体积小、成本低廉的单片机方向发展。

### 1.1.1 单片机在哪里

单片机在哪里呢？它在我们日常生活的各种家用电器中。

比如我们常用的空调，单片机就在其中起着控制协调的作用，接收遥控器发来的控制信号，然后监控和显示温度，控制制冷和制热等，它是空调的中央处理器。

比如洗衣机，单片机在其控制面板中，如图 1.1 所示，它接收面板按键发来的功能控制信息，控制洗衣模式的指示灯显示和时间的数码管显示，控制注水阀的注水与电动机的启动和停止，总之单片机在其中起着控制中心的作用。

可见，单片机就在我们日常的生活，在我们身边的各种电器中起着非常重要的作用。

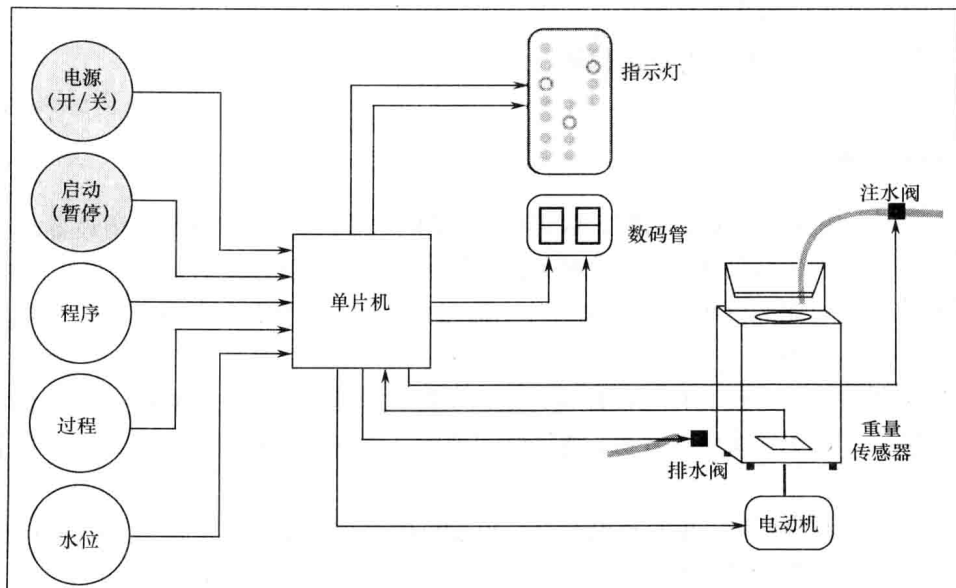


图 1.1 洗衣机的单片机控制图



### 1.1.2 单片机的样子

单片机封装以外形的包装形式不同进行分类,常见的有双列直插式(DIP封装)、塑料J形引脚芯片载体(PLCC封装)和塑料方型扁平式(PQFP封装)等,如图1.2所示。

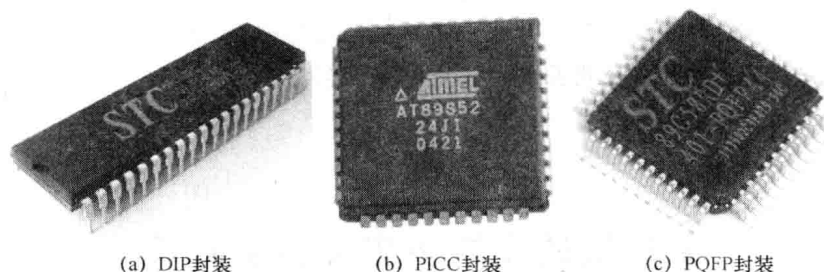


图 1.2 单片机的外观图

DIP封装属于插片式,是最常用的封装形式,插拔或焊接方便,容易加工,体积较大,适合制作样机调试使用。DIP封装的缺口侧圆形标记处为1脚,引脚按逆时针方向排列。

PLCC封装和PQFP封装都属于表面贴装型,外形呈正方形。PLCC封装的引脚从封装的四个侧面引出,呈丁字形,外形尺寸比DIP封装小得多,其中心正上方圆形标记处为1脚。与PLCC不同的是,PQFP引脚通常呈翼形,体积最小,其缺口侧圆形标记处为1脚,适合批量生产时使用。

### 1.1.3 单片机的基本概念

单片机是指集成在一个芯片上的微型计算机,也就是把组成微型计算机的各种功能部件,包括CPU(Central Processing Unit)、随机存取存储器RAM(Random Access Memory)、只读存储器ROM(Read-Only Memory)、基本输入/输出(Input/Output)接口电路、定时器/计数器等部件都制作在一块集成芯片上,构成一个完整的微型计算机,从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图1.3所示。

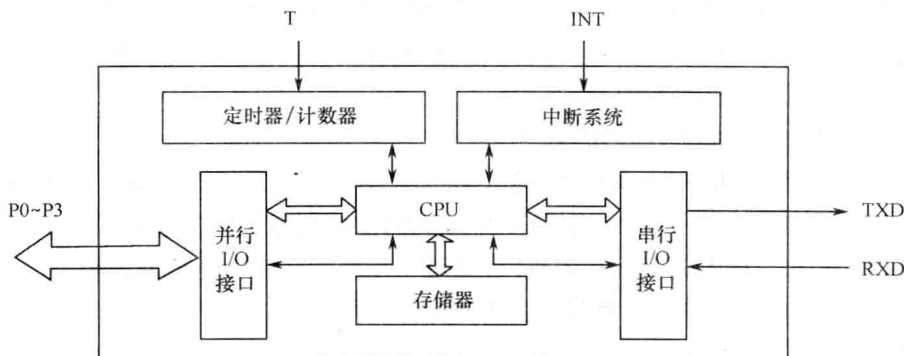


图 1.3 单片机内部结构示意图

单片机把微型计算机的各主要部分集成在一块芯片上,大大缩短了系统内信号传送距离,从而既降低了系统成本,又提高了系统的可靠性及运行速度。因而在工业测控领域中,由单片机为核心的控制系统得到广泛应用。单片机系统是典型的嵌入式系统,是嵌入式系统低端应用的最佳选择。

**注意:** 单片机本身只是一个集成度高、功能强的电子器件,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。

## 任务 1.2 单片机的发展历史及发展趋势

### 1.2.1 单片机的发展历史

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。如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段。

#### (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。

#### (2) 单片机的完善阶段。

1980 年,英特尔 (Intel) 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。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、一个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器,寻址范围为 64KB,并集成有控制功能较强的布尔处理器。此阶段的单片机主要特点是结构体系完善,性能大大提高,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。

#### (3) 单片机向微控制器发展阶段。

Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器 (MCU) 特征。16 位单片机除 CPU 为 16 位外,片内 RAM 和 ROM 容量进一步增大,实时处理能力更强,体现了微控制器的特征。MCS-51 单片机系列向各大芯片设计厂商的广泛扩散,许多芯片设计厂商竞相使用 80C51 作为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、可靠性技术应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。微控制器成为单片机较为准确表达的名词。

#### (4) 微控制器的全面发展阶段。

单片机发展到这一阶段,表明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。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,以及小型廉价、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的阶段。

### 1.2.2 单片机的发展趋势

#### 1. CPU 的发展

##### (1) 采用双 CPU 结构,提高处理能力。

片内有两个 CPU 能同时工作,可以更好地处理外围设备的中断请求,克服单 CPU 在多重高速中断响应时的失效问题。同时,由于双 CPU 可以共享存储器和 I/O 接口的资源,因此,还可更好地解决信息通信问题。

##### (2) 增加数据总线宽度,内部采用 16 位数据总线。

#### 2. 片内存储器的发展

(1) 加大存储容量。MCS-51 系列单片机中集成有 4KB 的 ROM 存储器、128B 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 64KB, RAM 最大为 2KB。早期单片机的片内存储器,一般 RAM 为 64~128B, ROM 为 1~2KB,寻址范围为 4KB。新型单片机片内 RAM 为 256B, ROM 多达 16KB。

##### (2) 片内 EPROM 开始 EEPROM 化。

早期单片机内 ROM 有的采用可擦式的只读存储器 EPROM,然而 EPROM 必须高压编程,紫外线擦除,给使用带来不便。近年来,推出的电擦除可编程只读存储器 EEPROM 可在正常工作电压下进行读写,并能在断电的情况下,保持信息不丢失。因此,有些厂家已开始用 EEPROM 替代原来的片内 EPROM。

##### (3) 闪速存储器。

随着 CMOS 工艺的改进和提高,闪速存储器在不断发展和完善,应用越来越广、容量越来越大、价格越来越低,闪存技术在各个领域得到应用。如 ATMEL 公司将闪存技术应用到单片机中,生产出了带闪速存储器的 AT89 系列。对小系统,外部可以不用扩展存储芯片,从而使得只用单片机就能构成一个完整的控制系统。

##### (4) 串行存储器。

I<sup>2</sup>C 总线的快速发展,使得串行数据存储器在容量和存储速度上有了很大的提高,由于它体积小、口线少、价格低,因而也得到了广泛的应用。

##### (5) 片内程序的保密措施。

为了使片内 EPROM (或 EEPROM) 内容不被复制,一些厂家对片内 EPROM (或 EEPROM) 采用加锁技术。如 Intel 公司 8X252,加锁后的 EPROM (或 EEPROM) 中的程序只能供片内 CPU 读取,不能从片外读取,否则必须先开锁,开锁时,CPU 先自动擦除 EPROM (或 EEPROM) 中的信息,从而达到程序保密的目的。

### 3. 片内 I/O 的改进

- (1) 增加并行口的驱动能力, 能直接输出大电流和高电压。
- (2) 增加 I/O 口的逻辑控制功能。
- (3) 设置了一些特殊的串行接口功能, 构成分布式、网络化系统。

### 4. 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。

### 5. 低功耗化

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。

### 6. 内固化应用软件和系统软件

将一些应用软件和系统软件固化于片内 ROM 中, 以便简化用户应用程序的编制工作, 为用户开发和应用提供方便。

总之, 单片机今后将向高性能、高速、低压、低功耗、低价格、存储容量增大、外围电路内装化等方向发展。

## 任务 1.3 单片机的产品分类

按照单片机数据总线的位数, 我们可以把单片机分为 4 位、8 位、16 位和 32 位机。

4 位单片机的控制功能较弱, CPU 一次只能处理 4 位二进制数。这类单片机常用于计算器、各种形态的智能单元以及作为家用电器中的控制器。

8 位单片机是目前品种最为丰富, 应用最为广泛的单片机, 具有体积小、功耗低、功能强、性价比高、易于推广应用等显著优点。代表产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列和 MCS-51 系列、Microchip 公司的 PIC 系列、ATMEL 公司研发的 AVR 系列等。8 位单片机在自动化装置、智能仪器仪表、过程控制、通信、家用电器等许多领域得到广泛应用。

16 位单片机是在 1983 年以后发展起来的。典型产品有 Intel 公司的 MCS-96/98 系列、Motorola 公司的 M68HC16 系列、NS 公司的 783XX 系列、TI 公司的 MSP430 系列等。16 位机主要应用于工业控制、智能仪器仪表、便携式设备等场合。其中 TI 公司的 MSP430 系列以其超低功耗的特性广泛应用于低功耗场合。

32 位单片机的字长为 32 位, 是单片机的顶级产品, 具有极高的运算速度。目前市面上常见的 ARM 处理器架构, 可分为 ARM7、ARM9 以及 ARM11。这类单片机主要应用

于汽车、航空航天、高级机器人、军事装备等方面。它代表着单片机发展中的高、新技术水平。

我们通常按照单片机的生产厂家分为不同系列的单片机，下面分别进行介绍。

## 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。它可分为两个子系列 4 种类型，如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机分类

子系列	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
	无	ROM	EPROM	EEPROM				
8X51 系列	8031	8051	8751	8951	4KB	128B	2×16	5
8XC51 系列	80C31	80C51	87C51	89C51	4KB	128B	2×16	5
8X52 系列	8032	8052	8752	8952	8KB	256B	3×16	6
8XC252 系列	80C232	80C252	87C252	89C252	8KB	256B	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，而 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。如片内 ROM 的容量从 4KB 增加到 8KB，片内 RAM 的单元数从 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。

单片机配置的片内程序存储器 ROM 可分为以下 4 种。

(1) 片内掩模 ROM (如 8051)，它是利用掩模工艺制造而成的，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，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 20min 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) EEPROM (或 FlashROM) (如 89C51)，其片内 ROM 可电擦除，使用更方便。

注意：本教材就是以 MCS-51 系列单片机为主要学习对象。

## 2. 80C51 系列单片机

80C51 是 MCS-51 系列中的一个典型品种，其他厂商生产的与 80C51 兼容的单片机统称为 80C51 系列，如 Philips、Siemens (Infineon)、Dallas、ATMEL 等。近年来，80C51 系列又有了许多发展，推出了一些新产品，主要是改善单片机的控制功能，如内部集成了高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT 等，以及低电压、低功耗、电磁兼容、串行扩展总线和控制网络总线性能等。

ATMEL 公司研制的 89CXX 系列是将 Flash Memory (EEPROM) 集成在 80C51 中，作为用户程序存储器，并不改变 80C51 的结构和指令系统。

Philips 公司的 83/87CXX 系列不改变 80C51 的结构、指令系统，省去了并行扩展总

线,属于非总线的廉价性单片机,特别适合于家电产品。

Infineon(原 Siemens 半导体)公司推出的 C500 系列单片机在保持与 80C51 兼容的前提下,增强了各项性能,尤其是增强了电磁兼容性能,增加了 CAN 总线接口,特别适用于工业控制、汽车电子、通信和家电领域。

鉴于 80C51 系列单片机在硬件方面的广泛性、代表性和先进性以及指令系统的兼容性,将其作为本教材的学习对象;至于其他类型的单片机,在深入学习和掌握了 80C51 单片机之后再去学习已不是什么难事。

### 3. 其他常用单片机系列

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,还有日本以及中国台湾地区的系列产品也都有一定特色。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 Atmel 公司为了充分发挥其 Flash 的技术优势,在 1997 年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。通过这几年的发展,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 JTAGICE 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 1000 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(用万用编程器),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 128B 到 4KB 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(POWERDOWN)及闲置(IDLE)低功耗功能。一般耗电在 1~2.5mA 之间,WDT 关闭时为 100nA,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)10~40mA,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,是作电动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 PIC16C5X, 适用于各种对成本要求严格的家电产品。又如 PIC12C5XX 是世界上第一个 8 引脚的低价位单片机, 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。它对基本级产品进行了改进, 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 PIC12C6XX。该级产品的性能很高, 如内部带有 A/D 转换器、EEPROM 数据存储器、比较器输出、PWM 输出、 $I^2C$  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的设计。

高级系列产品如 PIC17CXX 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 (160ns) 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 PIC17CXX 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, 所以适用于高、中档的电子设备。

### (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 也有 30 多个品种, 年产量在 1 亿片以上。升级产品有 68HC12。16 位机 68HC16 也有 10 多个品种。32 位单片机的 683XX 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模为主, 最近推出了 OTP 计划以适应单片机发展新趋势。

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

## 任务 1.4 单片机的特点及应用领域

### 1.4.1 单片机的特点

与通用微机相比较, 单片机在结构、指令设置上均有其独特之处, 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, 用做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。这样，小容量的数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机片内，以加速单片机的执行速度。但单片机内的 RAM 是作为数据存储器用，而不是作为高速缓冲存储器（Cache）用的。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要，单片机有更强的逻辑控制能力，特别是单片机具有很强的位处理能力。

(3) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上引脚数目有限，为了解决实际引脚数和需要的信号线的矛盾，采用了引脚功能复用的方法，引脚处于何种功能，可由指令来设置或由机器状态来区分。

(4) 单片机的外部扩展能力很强。在内部的各种功能部件不能满足应用需求时，均可在外部进行扩展（如扩展 ROM、RAM，I/O 接口，定时器/计数器，中断系统等），与许多通用的微机接口芯片兼容，给应用系统设计带来极大的方便。

单片机在控制领域中还有以下几方面的优点：

(1) 体积小、成本低、运用灵活、易于产品化，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。

(2) 面向控制，能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务，因而能获得最佳的性价比。

(3) 抗干扰能力强，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。

(4) 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。

注意：小型、灵活、方便、经济就是单片机的主要特点。

## 1.4.2 单片机的应用领域

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域，大致可分如下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用。

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，广泛应用于仪器仪表中，结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比起采用电子或数字电路更为强大，如精密的测量设备（功率计、示波器、各种分析仪）。

(2) 在工业控制中的应用。

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如，工厂流水线的智能化管理，电梯智能化控制、各种报警系统，与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用。

可以这样说，现在的家用电器基本上都采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材到电子称量设备，五花八门，无所不在。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用。

现代的单片机普遍具备通信接口，可以很方便地与计算机进行数据通信，为在计算机

网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件,现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从手机,电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信到日常工作中随处可见的移动电话,集群移动通信,无线电对讲机等。

(5) 单片机在医用设备领域中的应用。

单片机在医用设备中的用途也相当广泛,如医用呼吸机,各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

(6) 在各种大型电器中的模块化应用。

某些专用单片机设计用于实现特定功能,从而在各种电路中进行模块化应用,而不要使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机,看似简单的功能,微缩在纯电子芯片中(有别于磁带机的原理)就需要复杂的类似于计算机的原理。如音乐信号以数字的形式存于存储器中(类似于 ROM),由微控制器读出,转化为模拟音乐电信号(类似于声卡)。在大型电路中,这种模块化应用极大地缩小了体积,简化了电路,降低了损坏、错误率,也便于更换。



## 项目小结

本项目主要介绍了单片机的概念、发展、产品分类、特点及应用领域,通过四个任务完成了对单片机的认识。

单片机在一块超大规模芯片上,集成了一部完整微机的全部基本单元,具有很高的性价比和相当小的体积,广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域。

单片机的发展经历了“探索”、“完善”、“MCU 化”、“全面发展”四个阶段,并将进一步向着 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。



## 思考与训练

### (一) 知识思考

1. 什么是单片机? 单片机由哪些基本部件组成?
2. 单片机的发展经历了哪些阶段?
3. 单片机有哪些特点? 主要应用在哪些领域?