

应用型本科“十三五”规划教材

# C51/C52单片机原理 与应用技术

主 编 温宏愿 周 军 刘小军

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>



应用型本科“十三五”规划教材

# C51/C52 单片机原理与应用技术

主 编 温宏愿 周 军 刘小军  
副主编 倪文彬 刘增元 刘 磊  
参 编 曹 阳 张 朋

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书共 12 章,从单片机的基本概念、发展趋势和家族系列等切入,通过阐述单片机的基本原理和内部结构,向初学者介绍单片机的基础知识;从实际和应用出发,详细介绍单片机各资源模块,并以 STC89C52 单片机为例给出具体的项目应用,包括 I/O 端口技术及应用、LED 与 LCD 显示、中断技术及应用、定时/计数器技术及应用、串口通信、矩阵键盘设计及应用、I<sup>2</sup>C 总线通信、模/数转换技术及应用等。另外,本书详细分析基于 STC89C52 单片机的综合设计案例,最后介绍 C51 程序设计与标准 C 语言的区别与联系。

本书每章都以对话式引入,以项目化实操的形式进行编排,旨在培养读者逐步掌握单片机的工作原理,提升读者的电路设计与程序编写能力。本书适合作为各类应用型本科高等院校、高等职业技术学院电气类、电子信息类、自动化类、计算机类及机械电子工程专业的单片机课程教材,也适合于单片机的初学者自学阅读,还可供从事相关工作的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

C51/C52 单片机原理与应用技术/温宏愿,周军,刘小军主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2019.3

ISBN 978-7-5606-5249-8

I. ① C… II. ① 温… ② 周… ③ 刘… III. ① 单片微型计算机 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 026587 号

策划编辑 高 樱

责任编辑 马 凡 雷鸿俊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 咸阳华盛印务有限责任公司

版 次 2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 13.5

字 数 313 千字

印 数 1~3000 册

定 价 30.00 元

ISBN 978-7-5606-5249-8/TP

**XDUP 5551001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

# 应用型本科“十三五”规划教材

## 编审专家委员名单

**主任** 汪志锋(上海第二工业大学电子与电气工程学院 院长/教授)

**副主任** 罗印升(江苏理工学院 电气信息工程学院 院长/教授)

钟黎萍(常熟理工学院 电气与自动化工程学院 副院长/副教授)

**成员** (按姓氏拼音排列)

陈 桂(南京工程学院 自动化学院 副院长/副教授)

邓 琛(上海工程技术大学 电子电气工程学院 副院长/教授)

杜逸鸣(三江学院 电气与自动化工程学院 副院长/副教授)

高 亮(上海电力学院 电气工程学院 副院长/教授)

胡国文(盐城工学院 电气工程学院 院长/教授)

姜 平(南通大学 电气工程学院 副院长/教授)

王志萍(上海电力学院 自动化工程学院 副院长/副教授)

杨亚萍(浙江万里学院 电子信息学院 副院长/副教授)

于海春(淮阴师范学院 物理与电子电气工程学院 副院长/副教授)

郁有文(南通理工学院 机电系 教授)

张宇林(淮阴工学院 电子与电气工程学院 副院长/教授)

周渊深(淮海工学院 电子工程学院 副院长/教授)

邹一琴(常州工学院 电子信息与电气工程学院 副院长/副教授)

# 前 言

21 世纪是信息时代,电子技术的发展日新月异,单片机技术作为其相关专业的应用型本科大学生的必备知识也越来越受到重视。

本书深入浅出地介绍了 51 单片机的各方面知识,具有理论联系实际、硬件结合软件的设计特点,让读者能够轻松地进行学习。全书可分为以下四部分:

第一部分(第 1、2 章)简单介绍 51 单片机的历史和应用领域,着重介绍传统 51 单片机的特点、构成及内部资源。

第二部分(第 3~10 章)着重讲解 51 单片机内部资源,并以 STC89C52 单片机为例进行项目化任务设计,如 I/O、定时/计数器、外部中断、串口通信、数码管、LCD、矩阵键盘、I<sup>2</sup>C 总线通信、模/数转换等,在详细介绍原理的同时,辅以清晰的代码对原理进行解释说明,形成原理与实践相结合的学习体系,使初学者能够迅速掌握单片机的基本应用。

第三部分(第 11 章)详细分析单片机综合设计案例,分别是基于单片机的红外遥控接收器设计和 GPS 导航信号接收器设计。这两个程序设计均不是简单地照搬大学课程设计课题中普遍存在的实验,而是重新进行了设计与开发,能够很好地检验读者对单片机学习的深入程度。

第四部分(第 12 章)给出了 C51 程序设计与标准 C 语言的区别和联系,使读者的逻辑思维能力在面向单片机编程的学习过程中得到“质”的提高。

参与本书编写工作的主要人员有温宏愿、周军、刘小军、倪文彬、刘增元、刘磊、曹阳、张朋等。本科生吕晓睿、徐雷、朱鸿杰、崔宇豪、王振路、柴云韬、杨松、邱岳等对书稿的录入、校对和程序验证做了很多工作,在此对他们付出的努力表示感谢!



# 目 录

第 1 章 绪论	1
引言	1
1.1 单片机的基本概念	2
1.2 单片机技术的发展	2
1.2.1 单片机的发展历程	2
1.2.2 单片机的发展趋势	3
1.3 单片机家族	4
1.4 单片机的应用领域	5
1.5 本章小结	6
1.6 习题与思考	6
第 2 章 单片机结构及工作原理	7
引言	7
2.1 单片机的硬件结构	7
2.1.1 中央处理器	7
2.1.2 程序存储器	8
2.1.3 数据存储器	8
2.2 单片机的引脚及功能	13
2.3 时钟电路	14
2.3.1 单片机的时序单位	15
2.3.2 访问外部 ROM 的时序	15
2.3.3 访问外部 RAM 的时序	16
2.4 单片机的工作方式	17
2.4.1 复位方式	17
2.4.2 程序执行方式	18
2.4.3 低功耗工作方式	18
2.5 单片机最小系统	19
2.6 本章小结	20
2.7 习题与思考	20

第 3 章 单片机 I/O 端口技术及应用	21
引言	21
3.1 I/O 端口的基本概念	22
3.1.1 什么是 I/O 端口	22
3.1.2 I/O 各端口内部结构原理	22
3.2 基于 I/O 端口的流水灯软硬件设计	25
3.2.1 任务要求	25
3.2.2 系统设计	26
3.2.3 硬件设计	26
3.2.4 软件设计	26
3.3 基于 I/O 端口的独立按键软硬件设计	29
3.3.1 任务要求	29
3.3.2 系统设计	30
3.3.3 硬件设计	30
3.3.4 软件设计	30
3.4 本章小结	32
3.5 习题与思考	33
第 4 章 单片机显示接口技术及应用	34
引言	34
4.1 LED 显示器及其接口	34
4.1.1 LED 显示器结构与原理	34
4.1.2 LED 显示器接口	35
4.2 基于数码管数据显示的软硬件设计	37
4.2.1 任务要求	37
4.2.2 系统设计	37

4.2.3 硬件设计 .....	38	5.4 本章小结 .....	66
4.2.4 软件设计 .....	39	5.5 习题与思考 .....	66
4.3 LCD 显示器及其接口 .....	41	<b>第 6 章 单片机的定时/计数器技术及应用</b>	
4.3.1 LCD 显示器结构与原理 .....	41	.....	68
4.3.2 LCD 显示器接口 .....	42	引言 .....	68
4.3.3 LCD 显示器命令字 .....	43	6.1 定时与计数原理 .....	68
4.4 基于 1602 数据显示的软硬件设计		6.2 定时/计数器的控制 .....	69
.....	47	6.3 定时/计数器的工作方式 .....	70
4.4.1 任务要求 .....	47	6.4 定时/计数器的应用 .....	74
4.4.2 系统设计 .....	47	6.4.1 任务要求 .....	74
4.4.3 硬件设计 .....	47	6.4.2 系统设计 .....	74
4.4.4 软件设计 .....	48	6.4.3 硬件设计 .....	75
4.5 本章小结 .....	52	6.4.4 软件设计 .....	75
4.6 习题与思考 .....	52	6.5 本章小结 .....	77
<b>第 5 章 单片机的中断技术及应用</b>	53	6.6 习题与思考 .....	78
引言 .....	53	<b>第 7 章 单片机的串行接口技术及应用</b>	
5.1 中断技术基本概念 .....	53	.....	79
5.1.1 中断的定义和分类 .....	54	引言 .....	79
5.1.2 中断嵌套 .....	55	7.1 串行通信基本概论 .....	79
5.1.3 中断处理过程 .....	55	7.1.1 什么是串行通信 .....	79
5.2 51 单片机的中断系统 .....	56	7.1.2 串行通信协议格式及方式	
5.2.1 51 单片机中断源和中断标志		.....	80
.....	56	7.2 串行口工作原理 .....	81
5.2.2 51 单片机中断请求的控制		7.2.1 串行口的专用寄存器 .....	81
.....	57	7.2.2 串行口的工作方式 .....	83
5.2.3 51 单片机中断的响应过程		7.2.3 串行口的波特率设置 .....	90
.....	59	7.3 基于串行口通信的软硬件设计 .....	91
5.2.4 51 单片机中断请求的撤除		7.3.1 任务要求 .....	91
.....	61	7.3.2 系统设计 .....	91
5.2.5 51 单片机中断编程 .....	62	7.3.3 硬件设计 .....	92
5.3 基于外部中断的软硬件设计 .....	62	7.3.4 软件设计 .....	93
5.3.1 任务要求 .....	62	7.4 本章小结 .....	95
5.3.2 系统设计 .....	62	7.5 习题与思考 .....	96
5.3.3 硬件设计 .....	63	<b>第 8 章 单片机矩阵键盘设计及应用</b>	97
5.3.4 软件设计 .....	64	引言 .....	97

8.1 矩阵键盘的工作原理	97	10.1 模/数转换器的工作原理	121
8.1.1 行列扫描工作原理	97	10.2 A/D 转换常用芯片 PCF8591 简介	
8.1.2 行列反转工作原理	99	10.2.1 PCF8591 结构	122
8.2 矩阵键盘键值显示任务	100	10.2.2 PCF8591 转换工作原理	124
8.2.1 任务要求	100	10.2.3 PCF8591 应用	124
8.2.2 系统设计	100	10.3 基于 PCF8591 电子秤的设计	126
8.2.3 硬件设计	101	10.3.1 任务要求	126
8.2.4 软件设计	102	10.3.2 系统设计	126
8.3 本章小结	104	10.3.3 硬件设计	126
8.4 习题与思考	105	10.3.4 软件设计	127
<b>第 9 章 单片机 I<sup>2</sup>C 总线设计及应用</b>	<b>106</b>	10.4 本章小结	134
引言	106	10.5 习题与思考	134
9.1 I <sup>2</sup> C 总线基本概念	106	<b>第 11 章 单片机综合项目设计</b>	<b>135</b>
9.1.1 I <sup>2</sup> C 总线系统结构	106	引言	135
9.1.2 I <sup>2</sup> C 总线一般特性	106	11.1 基于单片机的红外遥控接收器设计	
9.2 I <sup>2</sup> C 总线传输协议与数据传送	107	.....	135
9.2.1 起始和停止	107	11.1.1 任务要求	135
9.2.2 I <sup>2</sup> C 总线数据传输格式与响应	107	11.1.2 系统设计	135
.....	107	11.1.3 硬件设计	136
9.2.3 器件的寻址字节	108	11.1.4 软件设计	139
9.3 AT24CXX 系列串行 E <sup>2</sup> PROM 存储		11.2 基于单片机的 GPS 导航信号接	
芯片	109	收器设计	143
9.3.1 芯片引脚介绍	109	11.2.1 任务要求	143
9.3.2 芯片的读写操作	109	11.2.2 系统设计	144
9.4 基于 AT24C02 存储器的软硬件设计		11.2.3 硬件设计	144
实例	112	11.2.4 软件设计	149
9.4.1 任务要求	112	11.3 本章小结	175
9.4.2 系统设计	113	11.4 习题与思考	175
9.4.3 硬件设计	113	<b>第 12 章 单片机 C 语言编程语法</b>	<b>176</b>
9.4.4 软件设计	113	引言	176
9.5 本章小结	120	12.1 C 语言与汇编语言的比较	176
9.6 习题与思考	120	12.1.1 两种语言在单片机开发中的	
<b>第 10 章 单片机的模/数转换技术及应用</b>	<b>121</b>	比较	176
引言	121	12.1.2 C51 在单片机开发中的	
.....	121	地位和作用	177

12.2	C51 与标准 C 语言的区别与联系	177	12.3.1	寄存器函数库 reg51.h/reg52.h	188
12.2.1	数据类型的差异	177	12.3.2	字符函数库 ctype.h	196
12.2.2	数据存储种类、存储器类型 与存储模式	178	12.3.3	输入/输出函数库 stdio.h	197
12.2.3	位变量及其定义	180	12.3.4	标准函数库 stdlib.h	199
12.2.4	特殊功能寄存器及其定义	181	12.3.5	数学函数库 math.h	200
12.2.5	中断函数格式及定义	181	12.3.6	内部函数库 intrins.h	201
12.2.6	一般指针、存储器指针及其 转换	183	12.3.7	字符串函数库 string.h	202
12.2.7	绝对地址的访问	185	12.3.8	绝对地址访问函数库 absacc.h	204
12.2.8	C51 扩展关键字	187	12.4	本章小结	204
12.3	常用的 C51 库函数	187	12.5	习题与思考	205
				参考文献	206

# 第1章 绪论

【老师】：小明同学，有没有听说过单片机？

【小明】：单片机？被切成一片一片的计算机？（笑）

【老师】：（笑）你思考得很形象。那么你至少听说过 CPU 和 PC 机吧？

【小明】：这个了解，CPU 指中央处理器，而 PC 机是指个人计算机，其中包含了 CPU 和许多外设，如键盘、硬盘、鼠标、显示器，等等。

【老师】：其实单片机的全称是“单片微型计算机”，是指将 CPU、存储器及各种 I/O 接口等部件制作在一块大规模集成电路芯片上，具有一定规模和独立功能的计算机。（拿出实物，如图 1-1 所示。）

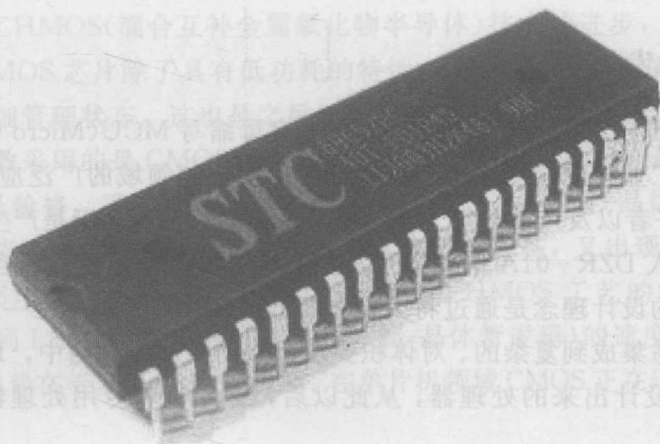


图 1-1 单片机实物

【小明】：（仔细观察）果然是一片。这么一小片芯片有什么用？

【老师】：其实我们的生活已经被单片机包围了，从小小的数字闹钟，到数控洗衣机、智能微波炉、智能烤箱、智能电冰箱等，到处都有单片机的影子。可以说，只要带“数控”或“智能”二字的产品，在其内部必然可以找到单片机的身影。

【小明】：这么神奇！我一定要好好学习一下。

## 引言

单片机(单片微型计算机)是微型计算机的一个重要分支,自 20 世纪 70 年代问世以来,以其体积小、可靠性高、使用方便、操作简单、容易理解、可高度产品化等突出特点,在智能控制、机电一体化、多机系统、电器等各个领域都有广泛的应用。接下来介绍单片机的应用及原理。

## 1.1 单片机的基本概念

简单来说,单片机是一种集成电路芯片,是采用超大规模集成电路技术,把具有数据处理能力的中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、多种 I/O 口、中断系统、定时/计数器等器件(可能还包含显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等)集成到一块硅片上而构成的一个小而完善的微型计算机系统。

1946 年,由约翰·莫克里(John Mauchly)和埃克特(Eckert, John Presper, Jr.)等研制的第一台电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)在美国宾夕法尼亚大学诞生。从此,电子计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)一系列的更新换代。它一方面向着高速、智能化的超级巨型机的方向发展,另一方面向着微型计算机的方向发展。

## 1.2 单片机技术的发展

### 1.2.1 单片机的发展历程

单片机是典型的嵌入式微控制器,常用英文字母缩写 MCU(Micro Controller Unit)表示,它最早被用在工业控制领域。由于单片机在工业控制领域的广泛应用,为使更多的业内人士、学生、爱好者以及产品开发人员掌握单片机这门技术,于是产生了单片机开发板,比较有名的如电子人 DZR-01A 单片机开发板。单片机由芯片内仅包含 CPU 的专用处理器发展而来,最早的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中,使计算机系统更小,更容易集成到复杂的、对体积要求严格的控制设备当中。Intel 公司的 Z80 是最早按照这种理念设计出来的处理器,从此以后,单片机和专用处理器的发展便分道扬镳了。

早期的单片机都是 8 位或 4 位的,其中最成功的是 Intel 的 8031,因为简单可靠、性能不错而获得了广泛好评。此后在 8031 的基础上发展出了 MCS-51 系列单片机系统。基于这一系列的单片机系统直到现在还在广泛使用。

单片机的发展可分为以下几个阶段。

(1) 第一阶段(1976—1978 年):单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM(Single Chip Microcomputer)的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978—1982 年):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 的基础上推出了完善的、典型的单片机系列即 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

① 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

② CPU 外围功能单元的集中管理模式。

③ 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④ 指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3) 第三阶段(1982—1990年):8位单片机的巩固发展及16位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。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特征。随着MCS-51系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用80C51为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道A/D转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990年至今):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入的发展和运用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的8位/16位/32位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

## 1.2.2 单片机的发展趋势

### 1. CMOS(金属栅氧化物)化

近年来,由于CHMOS(混合互补金属氧化物半导体)技术的进步,极大地促进了单片机的CMOS化。CMOS芯片除了具有低功耗的特性之外,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。这也是之后以80C51取代8051为标准MCU芯片的原因,因为单片机芯片多数采用的是CMOS半导体工艺生产技术。CMOS电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的TTL(晶体管-晶体管逻辑电平)电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了HMOS工艺(高密度、高速度MOS)、CHMOS工艺以及CHMOS和HMOS工艺的结合。目前生产的CHMOS电路已达到LSTTL(低功耗肖特基晶体管-晶体管逻辑)的速度,传输延迟时间小于2 ns,它的综合优势在于TTL电路。因此,在单片机领域CMOS正在逐渐取代TTL电路。

### 2. 低功耗化

单片机的功耗已达mA级,甚至 $1\mu\text{A}$ 以下,使用电压为3~6 V,完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低,而且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. 低电压化

几乎所有的单片机都有WAIT、STOP等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在3~6 V工作。低电压供电的单片机电源下限已可达1~2 V。目前0.8 V供电的单片机已经问世。

### 4. 低噪声与高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

### 5. 大容量化

以往单片机内的ROM(Read-Only Memory,只读存储器)的容量为1~4 KB, RAM(Random Access Memory,随机存取存储器)的容量为64~128 B。但在需要复杂控制的场

合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。

### 6. 高性能化

高性能化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。现指令速度最高者已达 100 MIPS(Million Instruction Per Seconds,兆指令每秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度,就可以用软件模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

### 7. 小容量、低价格化

与上述发展趋势相反,以 4 位或 8 位机为中心的小容量、低价格化也是发展动向之一。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,可广泛用于家电产品。

### 8. 外围电路内装化

随着集成度的不断提高,有可能把众多的外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时/计数器等以外,片内集成的部件还有 A/D 转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器以及彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

### 9. 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,一次性可编程)及各种类型片内程序存储器的的发展,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。

## 1.3 单片机家族

单片机厂商林立,产品琳琅满目,性能各异。目前市场上的单片机产品达 70 多个系列,共 500 多个品种,其中还不包括定制的专用单片机。单片机按生产厂商来分类有 Motorola 单片机、Microchip 机等;按结构划分有集中指令集(CISC)和精简指令集(RISC)。属于 CISC 结构的单片机有 MCS-51 系列、Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、Philips 公司的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 16C 系列和 PIC 系列、Zilog 公司的 Z86 系列、Atmel 公司的 AVR 系列、东芝公司和富士通公司的 32 位单片机等。虽然 8 位单片机功能单一,但使用量很大,在各种刊物上比较多见的 8 位单片机系列有 MCS-51 系列、STC 系列、AVR 系列和 PIC 系列,下面分别对其进行介绍。

MCS-51 系列是应用最广泛的 8 位单片机,最早由 Intel 公司推出,其典型产品是 8051。世界上许多著名的芯片公司(Atmel、Philips、三星等)都购买了 51 芯片的核心专利技术,并在此基础上进行了改进,推出了许多兼容性的 CHMOS 单片机,形成了一个庞大

的 51 体系, Philips、Siemens、Atmel 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品。近年来 MCS-51 单片机获得了飞速的发展,最典型的是 Philips 和 Atmel 公司的产品。Philips 公司在发展 MCS-51 的低功耗、高速度和增强型功能上作了不少贡献,在改善其性能的基础上,发展了高速 I/O 接口和 A/D 转换器,增强了 PWM(脉宽调制)、WDT(看门狗定时器)等功能,并对低电压低功耗、扩展串行总线(C)和控制网络总线(CAN)等功能加以完善。Atmel 公司推出的 AT89Cx 系列兼容了 MCS-51 单片机,完美地将 Flash(非易失闪存技术)与 80C51 内核结合起来。Flash 的可擦写程序存储器给编程和调试带来了极大的便利,能有效地降低开发费用,并使单片机多次重复使用,其典型产品 AT89C51、AT89C52、AT89852 等一度成为最流行的 8 位单片机。

STC 系列单片机是深圳宏晶公司的产品,是以 51 内核为主的系列单片机,芯片在设计时汲取了其他 51 系列单片机很容易被解密的不足,改进了加密机制,是目前很流行的一种单片机。

AVR 单片机是由 Atmel 公司生产的 8 位单片机,是一种基于新的 RISC 结构且内嵌 Flash ROM 的单片机。它综合了半导体集成技术和软件性能的新结构,取消了机器周期,以时钟周期为指令周期,实行流水作业,指令的运行速度可以达到纳秒级,其显著的特点是高性能、高速度、低功耗。在 8 位微处理器市场上,AVR 单片机具有最高 MIPS/mW 能力,是 8 位单片机中的高端产品,由于它出色的性能,目前应用范围越来越广。

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司的 8 位单片机产品,其价格低廉、性能出色,具有低工作电压、低功耗、驱动能力强等特点。PIC 系列单片机采用 RISC 指令集、Harvard 双总线结构及指令流水线技术,运行效率高。

综上所述,MCS-51 系列是 8 位单片机中的代表产品之一,其结构简单,是初学者的首选,但是由于 MCS-51 单片机已经停产,所以在任务设计部分,我们选取 STC89C52 单片机作为替代。STC 公司生产的这种单片机是一种低功耗、高性能的 CMOS 8 位微控制器,具有 8 KB 系统可编程 Flash 存储器。STC89C52 使用了经典的 MCS-51 内核,但是做了很多的改进,使得芯片具有传统 51 单片机不具备的功能。在单芯片上,拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统内可编程 Flash,使得 STC89C52 为众多嵌入式控制应用系统提供了高灵活、超有效的解决方案。

## 1.4 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,且功能比采用电子或数字电路的仪器仪表更强大,例如精密的测量设备(功率计、示波器及各种分析仪)。

### 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、各种报警系统的控制以及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,如电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、音响视频器材、电子称量设备等,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,这为单片机在计算机网络和通信领域中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,如手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信系统以及集群移动通信、无线电对讲机等。

### 5. 在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,例如医用呼吸机以及各种分析仪、监护仪、超声诊断设备与病床呼叫系统等。

### 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,虽然它实现的功能看似简单,但实际上它微缩在纯电子芯片中,其原理很复杂,类似于计算机的原理,其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,再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,也方便更换。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

## 1.5 本章小结

本章是单片机原理与应用绪论部分。主要介绍了单片机的概念、发展历程、发展趋势、分类以及今后的发展方向及特点。通过对本章的学习,读者可对单片机有初步的认识。

## 1.6 习题与思考

- (1) 简述单片机的发展历程。
- (2) 简述单片机的应用领域有哪些。
- (3) 简述单片机的发展趋势。

## 第2章 单片机结构及工作原理

【小明】：老师，在上一章节我已经了解了单片机的发展史和应用领域，一堆术语看得有点晕，能不能介绍一些更加具体的内容？

【老师】：(笑)其实你可以先跳过第1章，从第2章开始。

【小明】：(汗……)

【老师】：那么，接下来我们就来看一下单片机的内部结构，看看单片机的肚子里到底有些什么东西。

### 引言

通过对上一章内容的学习，我们知道了单片机是一种处理器芯片，它是用来计算、控制各种程序和电路的。那我们想一想：我们写的程序到底存放在单片机内部的哪个地方呢？程序的执行到底由哪个模块负责呢？针对这些问题，下面我们详细道来。

## 2.1 单片机的硬件结构

### 2.1.1 中央处理器

中央处理器(Central Processing Unit, CPU)是一块超大规模的集成电路，是一台计算机的运算核心(Core)和控制核心(Control Unit)。它的功能主要是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。

中央处理器主要包括运算器即算术逻辑运算单元(Arithmetic Logic Unit, ALU)以及高速缓冲存储器(Cache)与实现它们之间联系的数据(Data)、控制及状态的总线(Bus)。它与内部存储器(Memory)和输入/输出(I/O)设备合称为电子计算机的三大核心部件。

#### 1. 物理结构

中央处理器物理结构主要包括运算逻辑部件、寄存器部件和控制部件等。

(1) 运算逻辑部件。其可以执行定点或浮点算术运算操作、移位操作以及逻辑操作，也可执行地址运算和转换。

(2) 寄存器部件。其包括寄存器、专用寄存器和控制寄存器；它又可分定点数和浮点数两类，它们用来保存指令执行过程中临时存放的寄存器操作数和中间(或最终)的操作结果。通用寄存器是中央处理器的重要部件之一。