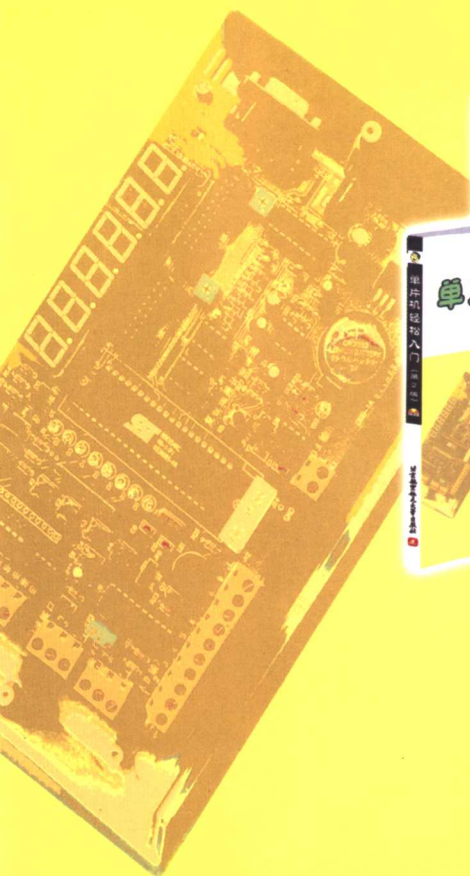




# 单片机轻松入门

(第2版)

周 坚 编著



北京航空航天大学出版社



# 单片机轻松入门

(第2版)

周 坚 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书以 80C51 系列单片机为主体,详细叙述单片机工作原理和应用方面的知识,内容包括单片机结构、指令系统、典型接口器件等。

作者为本书的写作开发了实验仿真板,设计了实验电路板,并以动画形式记录了多个使用实验仿真板做实验的过程及现象。随书光盘提供了作者所设计的实验仿真板、书中所有实例、一些常用工具软件、作者自编软件、实验过程及现象的动画等。读者获得的不仅是一本文字教材,更是一个完整的学习环境。

本书融进了作者多年教学、科研实践所获取的经验及实例,更是在作者对单片机课程进行教学改革的基础上编写而成的。该书还融入了教学改革的成果,摒弃了以学科体系为主线的编排方式,而采用以读者的认知规律为主线的编排方式,充分体现了以人为本的指导思想。

本书可作为中等专业技术学校、中等职业学校、电视大学等的教学用书,也是业余电子爱好者或 PC 机编程爱好者自学单片机的很好的教材。

除本书之外,作者有成熟的教学方法可以交流,并可提供与之配套的实验器材,从而构成单片机教学、自学的完整学习方案。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机轻松入门/周坚编著. —2 版. —北京:北京航空航天大学出版社, 2007. 2

ISBN 978-7-81077-818-3

I. 单… II. 周… III. 单片微型计算机—基本知识  
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 019934 号

© 2007, 北京航空航天大学出版社。版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书及其所附光盘内容。侵权必究。

### 单片机轻松入门(第 2 版)

周 坚 编著

责任编辑 崔肖娜

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1092 1/16 印张:17 字数:435 千字

2007 年 2 月第 2 版 2007 年 2 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81077-818-3 定价:28.00 元(含光盘 1 张)

# 读者书评

周坚老师编写的《单片机轻松入门》这本书的内容,主要取自在网络上流行多年的“平凡的单片机教程”。毫不夸张地说,数年来,成千上万的大学生从这本教材开始了解单片机,从新手变成了高手。

周坚老师对这本书没有墨守成规地遵循传统单片机教材的编写模式:指令、计算机体系结构、内部资源、扩展资源……而是从简单的例子入手,使读者首先对单片机开发流程有直观的了解,然后再一步步深入。

在这本书中,周坚老师用最朴实的语言和恰到好处的比喻,向初学者解释了数字电路及单片机相关的基本概念。毫不夸张地说,只要你懂得一点编程基础,哪怕没有接触过数字电路,也能轻松地通过周坚老师的教材入门。

对于初学者来说,这绝对是一本好书,它用通俗的语言生动地告诉你什么是单片机,用形象的实例告诉你单片机是如何工作的。这是一本入门的好书!

——互动出版网

我对单片机特别感兴趣,想通过自学来掌握这门技术。我到书店寻找相关书籍,看到周坚老师编写的《单片机轻松入门》后感觉非常适合我,未多加考虑就买了。我用了一个星期的时间一口气从头到尾读完。我按书中的指导,下载 Keil 网站的 EVAL VISIONAN 安装,一直都很顺利……

——郑楚池 hetong@pub.shantou.gd.cn

看了周坚老师编写的这本《单片机轻松入门》,真的觉得单片机学习起来不是想象中那么困难。在学习了这本书后,我帮别人编写了一段很小的应用程序,是控制电机运行的,其主要作用是给包装带打生产日期(原理图及程序见附件)……

——肖杰

强烈推荐周坚老师编著的《单片机轻松入门》!

大家好,同你们一样,我也是个 MCU-LOVER。我学单片机已经有一年了,单片机给我的生活带来了乐趣。但是现在水平还很有限,毕竟无论什么事情,一个人摸索真的很难。我很想结交一些朋友,大家互相交流,互相学习,共同进步,因为平凡的单片机不平凡!

记得我刚学习单片机时用的就是《单片机轻松入门》这本书,效果很好,可以说一本好书能够给我们的学习带来便捷和效率。谢谢!

各位说的不错,本人也在学《单片机轻松入门》,收获不小,已经把学到的知识用在本单位的技术改造上了。

我是一个初学者,还没有入门,现在想自学单片机技术,当看了周坚老师编写的《单片机轻松入门》一书后,感觉非常适合初学者。因为我周围没有懂单片机的人,所以一本好教材就非常重要了。它就是我的老师!

——平凡单片机工作室网站(www.mcustudio.com)BBS 讨论

## 第2版前言

《单片机轻松入门》第1版出版以后,得到了读者的支持与肯定,在短短两年时间里,连续4次印刷。

随着技术的不断进步,第1版书中原来采用的一些技术已有更新的发展;另外,第1版书发行后,读者反馈了大量的建议与意见;同时,作者在教学实践过程中也积累了更多的教学经验,采用的“任务教学法”逐步完善。为更好地服务于读者,作者对《单片机轻松入门》一书进行了修订,即出版第2版。第2版保持了第1版的写作风格,保留了轻松易懂的特点,并在以下几个方面做了修改:

(1) 重新设计了实验电路板。随着技术的飞速发展,第1版中采用的实验电路板技术已落后,第2版对原电路板进行了改进,在保持与第1版兼容的同时,增加了更多的功能,以使其能紧跟技术的发展。

(2) 对各章内容与文字均进行了细致的修改,以使读者更容易理解。

(3) 跟随新出现的技术,对书中各个部分进行修改。例如,针对新版 Keil 软件增加的功能加以说明等。

(4) 将读者学习过程中提出的问题加入到“单片机常见问题问与答”中。

作者从事单片机开发与教学工作多年,常有读者及学员问及:“如何才能快速入门?”。作者的体会是:一定要动手做!仅仅看书是远远不够的。所以本书特别强调“单片机学习环境的建立”,包括本书内容的安排,也是尽可能围绕着一块实验板展开,由小见大,剖析其中应用到的典型开发技术,这样安排有利于读者获得动手练习的机会。此外,读者在学习过程中不要总是想“是否理解”,而应该侧重于“是否做出结果来”;要勤于思考,但又不能“执迷”。一时半会儿无法理解的内容,可以先不去思考其原理,而是将相关例子做出来,看看产生的现象,再对程序做一些修改。例如,原来显示0,改成显示1;原来灯流动的速度很快,现在把它调慢一点等。总之,这时可以抱着“玩一玩”的态度来学习,随着学习的深入,这些原来不懂的内容就能慢慢理解。

作者与很多读者一样,包括单片机在内的许多知识,都是通过读书等方法自学的。因此,深深地认识到,一本好书对于自学者来说是非常重要的,一本好书可以引导学习者进入知识的大门,一本不合适的书却可以断送学习者的热情。本书定位于“引导初学者入门”,要达到这样的目的并非易事,要认真研究学习者的认知规律,采用适当的方法引导。这样的教材,语言表达做到通俗易懂固然重要,但更重要的是教学方法的设计与教学内容的选择。由于作者本身就是从事教学工作的,常常会对这些内容进行思考,加之教学过程中及时收集学员反馈的信息,所以对读者的需求比较了解。因此,本书第1版出版后,受到广大读者的欢迎,许多读者认为“这是单片机入门的好书”,“本书的确可以做到轻松入门”,“本书值得向入门者推荐”。

周 坚  
2006年10月

# 前言

以 80C51 为内核的系列单片机在我国已应用多年,80C51 系列单片机教材数不胜数,本书则是一本引导初学者轻松入门的教材。

本书融进了作者多年教学、科研实践所获取的经验及实例,更是在作者对单片机课程进行教学改革的基础上编写的,由一些较新的教学理论作为指导,编排方式与传统的教材不完全相同,主要采用“以任务为中心”的教学模式来编排。作者在课堂教学过程中,改革了原有的授课模式。例如,在讲解“单片机的结构与原理”这部分知识时,安排 5 个任务,以任务为核心,配置了完成该任务而必须掌握的指令、硬件结构知识、软件操作知识等,学完这些知识以后完成该任务;然后较为系统地学习一些硬件结构知识。通过这种方式将学习者普遍感到比较困难的部分知识分解,把一个高的台阶变成若干低的台阶,使得学习者从一开始就能体会到成功的喜悦,有利于学习的顺利进行。在讲授其他部分内容时,也打破学科体系的束缚,以学习者的实际需求为目标。例如,授课时将定时器/计数器、中断、串行接口部分知识安排在指令部分之前;但教学中并没有因为指令部分未学而不举例,而是直接将指令拿来使用。在教学实践中可以看到,学习者并没有因为尚未学“指令”这一概念而无法掌握这些指令的用法。单片机的指令部分内容枯燥乏味又较抽象,是教学中的另一个难点;但按这种教学方法,在学习指令部分的知识之前,学习者已掌握多条指令的用法,加之通过前面内容的学习,有很多知识可用以对指令中的一些抽象概念作出解释,因而学得较轻松。

## 内容安排

作者为本书开发了实验仿真板,设计了实验电路板。随书光盘还提供了一些常用软件,读者获得的不仅是一本文字教材,更是一个完整的学习环境。

在本书内容取舍方面,着重从中等职业学校、中等技术学校、业余电子爱好者的实际出发,适当增加常用计算机基础知识,内容力求深入浅出,尽量结合实例说明问题。

第 1 章介绍了单片机的基本知识,计算机中数据的表示方法,计算机中常用的基本术语,存储器的工作原理及分类。

第 2 章是本书的重点,首先介绍了 Keil 软件的使用、实验仿真板的使用。然后以 5 个待完成的任务为中心,介绍相关的单片机结构与原理、单片机的指令,并且用 Keil 软件和实验仿真板来完成这些任务。一些不便集成到任务中的知识则分散在各任务之间介绍。最后介绍了实验电路板的制作和编程器的知识,建立一个硬件实验环境。学完本章,即已实现初步入门,可以做一些简单的模仿性的开发、编程工作。

第 3 章介绍了定时器/计数器、中断系统、串行接口等单片机内部常用的“外围”电路。本章内容的安排不受学科体系束缚,视每一部分为待完成的任务,以此配置知识点。学习本章知识时,指令部分的知识尚未学习,但在本章举例时用到多条指令。书中对这些指令的用法作了详细介绍,读者不必拘泥于指令的概念,应着重掌握这些指令的用法。

第 4 章介绍了 80C51 的指令系统、汇编语言程序设计。由于这一部分内容相对较为枯

燥、抽象,因此学习起来比较乏味,通常是单片机学习中的一个难点。为此,本书将这部分知识安排在第2、3章以后。读者应注意结合第2、3章有关知识来学习本章内容。

第5章是接口技术的内容,主要介绍键盘、显示器、D/A转换器、A/D转换器、具有I<sup>2</sup>C总线接口的AT24C××系列芯片、具有SPI总线接口的X5045芯片、字符型液晶显示器等接口知识。单片机应用面极广,所涉及的接口技术也非常多,一本书中难以全面介绍,因此本章内容以实用为主,介绍单片机开发中典型、常用的接口技术以及目前较为流行的接口技术。难免挂一漏万,但读者在掌握了这些知识以后,就可以开始做一些实际的项目开发工作,并在开发中继续学习。

第6章引导读者从入门到开发。首先用实验电路板设计若干个简单但比较全面的程序,读者可以利用它们来做一些比较完整的“产品”;然后就某一个项目展开讨论,介绍这个项目开发的全部过程,并提供原理图、源程序等材料,为读者提供一个范例,了解项目开发的过程。

附录A介绍一块强电接口板,可与单片机实验板配合使用,以控制较大功率电器。例如,制作成真正的流水灯等。

附录B为单片机常见问题问答。这是从与作者通信的上千封电子邮件中精选出来的,其问题由学习者提出而非作者凭空想出来,真实地反映了各层次的学习者在学习单片机时遇到的问题。

附录C介绍作者应用单片机实验仿真板进行教学的探索日程,给出一种单片机教学、实习的新思路。

附录D给出了让读者在入门的基础上进一步提高的材料。

附录E为本书所附光盘内容简介。

## 本书特点

单片机是一门实践性很强的学科,必须通过较多的实际操作才能学好这门课程。由于本书面向对象之一是业余电子爱好者,同时考虑到中等技术学校、职业中学的实际情况,本书在安排有关实践内容时,不假设读者是能够随时在实验室中,身边随时有老师教,而是立足于自力更生。书中不仅使用文字对有关实验内容进行细致的分析,而且在附带的光盘上还大量应用动画形式提供实验效果以供参考;对于部分内容还提供完整操作过程的动画记录,以保证读者可以无师自通。

本书安排的例子大部分是由作者编写的,有一些是参考一些资料改写的,全部程序都由作者调试并通过。对于例子的使用说明也尽量详细,力争让读者“看则能用,用则能成”,保证读者在动手过程中常常体会到成功的乐趣,而不是常常遇到挫折。

## 致谢

北京航空航天大学出版社为本书出版做了大量细致的工作,才使得本书顺利出版,在此一并致谢。

王润晓和马四锋提供了其设计的ispro下载型编程器,华旭东、彭金华、夏爱、卢忠涛和吕向阳联参与了部分硬件电路的设计、制作及调试工作,张庆明、史建福等参与了部分程序的调试工作,陈素娣、陈建荣、王玉珍、陈金尧、周瑾、陈琼、宋立新和徐培参与了本书的多媒

体制作、插图绘制、文字输入及排版等工作,在此表示由衷的感谢。

本书作者在提供文字教材的同时,也通过网络为广大读者提供服务,欢迎读者与作者探讨。

网站:平凡单片机工作室(<http://www.mcustudio.com>);

单片机技术与教学 BBS(<http://bbs.mcustudio.com>)。

由于教学改革采用了较新的教学理论作为指导,可能尚未完全成熟,加之作者水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

周 坚

2006年3月



# 目 录

## 第 1 章 概 述

1.1 单片机的发展 .....	1
1.1.1 单片机名称的由来 .....	1
1.1.2 单片机技术的发展历史 .....	1
1.2 学习单片机的准备 .....	3
1.2.1 硬件准备 .....	3
1.2.2 软件准备 .....	3
1.3 计算机数据表示 .....	4
1.3.1 常用的进位计数制 .....	4
1.3.2 二进制的算术运算 .....	5
1.3.3 数制间的转换 .....	6
1.3.4 数的表示方法及常用计数制的对应关系 .....	7
1.3.5 逻辑数据的表示 .....	7
1.4 计算机中常用的基本术语 .....	8
1.5 存储器 .....	9
1.5.1 存储器的工作原理 .....	9
1.5.2 半导体存储器的分类 .....	11
思考题与习题 .....	12

## 第 2 章 一步一步学单片机

2.1 软件实验环境的建立 .....	13
2.1.1 Keil 软件简介、安装与使用 .....	13
2.1.2 实验仿真板简介、安装与使用 .....	22
2.2 用单片机控制 LED .....	26
2.2.1 实例分析 .....	27
2.2.2 用实验仿真板来实现 .....	28
2.2.3 单片机的工作过程 .....	30
2.3 单片机控制 LED 闪烁发光 .....	30
2.3.1 实例分析 .....	30
2.3.2 用实验仿真板来实现 .....	32
2.3.3 单片机的片内 RAM 与工作寄存器 .....	32
2.3.4 延时程序分析 .....	35
2.3.5 延时时间的计算 .....	36
2.4 单片机的复位电路 .....	37
2.5 省电工作方式 .....	38
2.6 单片机控制 8 个 LED 闪烁发光 .....	39
2.6.1 实例分析 .....	39

# 目 录

2.6.2	用实验仿真板来实现	40
2.7	用按钮控制 LED	40
2.7.1	实例分析	40
2.7.2	用实验仿真板来实现	41
2.8	并行 I/O 口	41
2.8.1	并行 I/O 口的功能	42
2.8.2	并行 I/O 口的结构分析	42
2.8.3	I/O 端口的输入功能分析	44
2.9	用单片机实现流水灯	45
2.9.1	实例分析	46
2.9.2	用实验仿真板来实现	46
2.10	单片机内部结构分析	46
2.10.1	80C51 CPU 的内部结构与功能	48
2.10.2	控制器	50
2.11	硬件实验环境的建立	50
2.11.1	实验板原理	51
2.11.2	硬件结构	51
2.11.3	实验电路板的基本使用方法	54
2.11.4	编程器的使用	55
	思考题与习题	57
<b>第3章 定时器/计数器、中断和串行接口</b>		
3.1	定时器/计数器的基本概念	58
3.2	单片机的定时器/计数器	60
3.2.1	定时器/计数器的基本结构及工作原理	60
3.2.2	定时器/计数器的控制字	61
3.2.3	定时器/计数器的4种工作方式	62
3.2.4	定时器/计数器中定时/计数初值的计算	64
3.3	中断系统	65
3.3.1	中断概述	65
3.3.2	中断系统的结构	66
3.3.3	中断控制	68
3.3.4	中断响应过程	70
3.3.5	中断应用实例	71
3.4	定时器/计数器的应用	72
3.4.1	定时器的应用	73
3.4.2	计数器的应用	76
3.5	串行通信	78
3.5.1	串行通信概述	78
3.5.2	单片机的串行接口	81
3.5.3	串行口工作方式	83
3.5.4	串行口应用编程	85

思考题与习题 .....	90
<b>第4章 80C51的指令系统</b>	
4.1 概 述 .....	92
4.1.1 有关指令与程序的基本概念 .....	92
4.1.2 汇编语言格式 .....	93
4.2 指令的寻址方式 .....	94
4.2.1 寻址的概念 .....	94
4.2.2 寻址方式 .....	95
4.2.3 指令中的操作数标记 .....	97
4.3 数据传送类指令及练习 .....	97
4.3.1 数据传送类指令 .....	98
4.3.2 用仿真软件进行指令练习 .....	102
4.4 算术运算指令 .....	105
4.5 逻辑运算类指令 .....	108
4.6 控制转移类指令 .....	111
4.7 位操作类指令 .....	116
4.8 程序设计实例 .....	119
思考题与习题 .....	125
<b>第5章 接口技术</b>	
5.1 LED显示器的接口 .....	127
5.1.1 8段LED显示器的结构 .....	127
5.1.2 LED显示器的接口电路 .....	129
5.2 键盘接口 .....	136
5.2.1 键盘工作原理 .....	136
5.2.2 键盘与单片机的连接 .....	137
5.3 I <sup>2</sup> C总线接口 .....	143
5.3.1 I <sup>2</sup> C总线简介 .....	143
5.3.2 AT24C系列EEPROM的结构及特性 .....	143
5.3.3 AT24C系列EEPROM的使用 .....	145
5.4 SPI总线接口 .....	149
5.4.1 SPI串行总线简介 .....	149
5.4.2 X5045的结构和特性 .....	149
5.4.3 X5045的使用 .....	152
5.5 A/D转换接口 .....	157
5.5.1 A/D转换的基本知识 .....	157
5.5.2 典型A/D转换器的使用 .....	158
5.6 D/A转换接口 .....	160
5.6.1 D/A转换器工作原理 .....	160
5.6.2 典型D/A转换器的使用 .....	161
5.7 字符型液晶显示器接口 .....	163
5.7.1 字符型液晶显示器的基本知识 .....	163

# 目 录

5.7.2 字符型液晶显示器的使用 .....	164
思考题与习题 .....	169
<b>第6章 应用设计举例</b>	
6.1 秒表 .....	171
6.2 可预置倒计时时钟 .....	176
6.3 AT24C01A的综合应用 .....	182
6.3.1 功能描述 .....	183
6.3.2 实例分析 .....	183
6.3.3 实例应用 .....	188
6.4 X5045的综合应用 .....	189
6.4.1 功能描述 .....	189
6.4.2 实例分析 .....	190
6.4.3 实例应用 .....	197
6.5 发动机传感器控制仪的研制 .....	197
6.5.1 开发背景 .....	198
6.5.2 系统分析与设计 .....	198
6.5.3 使用说明 .....	202
6.5.4 程序清单及分析 .....	204
6.6 综合练习 .....	217
思考题与习题 .....	218
<b>附录A 实战——接真正的灯</b>	
A.1 工作原理 .....	219
A.2 元器件的选择 .....	222
A.3 安装及调试 .....	222
<b>附录B 单片机常见问题问与答</b>	
<b>附录C 利用实验仿真板进行单片机教学的探讨</b>	
C.1 问题的提出 .....	237
C.2 解决方案 .....	238
C.3 教学实例 .....	239
C.4 一些问题的说明 .....	242
<b>附录D 进阶与提高</b>	
D.1 DPJ8实验仿真板使用 .....	243
D.2 硬件仿真功能的使用 .....	244
D.3 具有更多功能的实验板 .....	249
D.4 性价比比较高的两款开发工具 .....	250
D.4.1 基于 Keil Monitor-51 Drivr 的仿真器 .....	250
D.4.2 下载型编程器 .....	251
<b>附录E 配套光盘使用说明</b>	
E.1 文件夹内容说明 .....	254
E.2 使用 .....	254
<b>参考文献</b>	

# 第 1 章

## 概 述

计算机是应数值计算要求而诞生的。在相当长的时期内,计算机技术都是以满足越来越多的计算量为目标来发展的;但是随着单片机的出现,它使计算机从海量数值计算进入到智能化控制领域。从此,计算机就开始沿着通用计算机领域和嵌入式领域两条不同的道路发展。

### 1.1 单片机的发展

单片机自问世以来,以其极高的性能价格比,越来越受到人们的重视和关注。目前,单片机被广泛应用于智能仪表、机电设备、过程控制、数据处理、自动检测和家用电器等方面。

#### 1.1.1 单片机名称的由来

无论规模大小、性能高低,计算机的硬件系统都是由运算器、存储器、输入设备、输出设备以及控制器等单元组成。在通用计算机中,这些单元被分成若干块独立的芯片,通过电路连接而构成一台完整的计算机。而单片机技术则将这些单元全部集成到一块集成电路中,即一块芯片就构成了一个完整的计算机系统。这成为当时这一类芯片的典型特征,因此,就以 Single Chip Microcomputer 来称呼这一类芯片,中文译为“单片机”,这在当时是一个准确的表达。但随着单片机技术的不断发展,“单片机”已无法确切地表达其内涵,国际上逐渐采用 MCU(MicroController Unit)来称呼这一类计算机,并成为单片机界公认的、最终统一的名词。但国内由于多年来一直使用“单片机”的称呼,已约定俗成,所以目前仍采用“单片机”这一名词。

#### 1.1.2 单片机技术的发展历史

20 世纪 70 年代,美国仙童公司首先推出了第一款单片机 F-8,随后 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机系列,其他一些公司如 Motorola、Zilog 等也先后推出了自己的单片机,取得了一定的成果,这是单片机的起步与探索阶段。总体来说,这一阶段的单片机性能较弱,属于低、中档产品。

随着集成技术的提高以及 CMOS 技术的发展,单片机的性能也随之改善,高性能的 8 位单片机相继问世。1980 年 Intel 公司推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机,性能得到很大的提高,应用领域大为扩展。这是单片机的完善阶段。

1983年 Intel 公司推出了 16 位 MCS-96 系列单片机,加入了更多的外围接口。例如,模/数转换器(ADC)、看门狗(WDT)、脉宽调制器(PWM)等,其他一些公司也相继推出了各自的高性能单片机系统。随后许多用在高端单片机上的技术被下移到 8 位单片机上,这些单片机内部一般都有非常丰富的外围接口,强化了智能控制器的特征,这是 8 位单片机与 16 位单片机的推出阶段。

近年来,Intel、Motorola 等公司又先后推出了性能更为优异的 32 位单片机,单片机的应用达到了一个更新的层次。

随着技术的进步,早期的 8 位中、低档单片机逐渐被淘汰,但 8 位单片机并没有消失,尤其是以 80C51 为内核的单片机,不仅没有消失,还呈现快速发展的趋势。

目前,单片机的发展有如下一些特点:

**CMOS 化** 由于 CMOS 技术的进步,大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,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。

**低电压、低功耗化** 单片机允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6 V 范围内工作,低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2 V,1 V 以下供电的单片机也已问世。单片机的功耗已从 mA 级降到  $\mu\text{A}$  级,甚至 1  $\mu\text{A}$  以下。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。

**大容量化** 随着单片机控制范围的增加,控制功能的日渐复杂,高级语言的广泛应用,对单片机的存储器容量提出了更高的要求。目前,单片机内 ROM 最大可达 256 KB 以上, RAM 可达 4 KB 以上。

**高性能化** 通过进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算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。现指令速度高者已达 100 MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指令每秒)。

**小容量、低价格化** 以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化是单片机的另一发展方向。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。

**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 及各种类型片内程序存储器技术的发展,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。

**ISP 技术** ISP(In-System Programming)在系统可编程是指可以通过特定的编程工具对已安装在电路板上的器件编程写入最终用户代码,而不需要从电路板上取下器件。利用 ISP 技术不需要编程器就可以进行单片机的实验和开发,单片机芯片可以直接焊接到电路板上,调试结束即成为成品,免去了调试时由于频繁地插入取出芯片对芯片和电路板带来的不便。

**IAP 技术** IAP(In-Application Programming)是指在用户的应用程序中对单片机的程序存储器进行擦除和编程等操作,IAP 技术应用的一个典型例子是可以较为容易地实现硬件的远程升级。

在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者。Intel 公司将 80C51 单片机的内核以专利互换或出售的方式转让给其他许多公司,如 Philips、Atmel、NEC 等。因此,目前有很多

公司在生产以 80C51 为内核的单片机,这些单片机在保持与 80C51 单片机兼容的基础上,改善了 80C51 单片机的许多特性。这样,80C51 就成为有众多制造厂商支持的、在 CMOS 工艺基础上发展出上百品种的大家族,现统称为 80C51 系列。

这一系列单片机包括很多种,其中 89S51 就是近年来在我国流行的单片机。它由美国 Atmel 公司开发生产,最大的特点是内部有可以多次重复编程的 Flash ROM,而且 89S51 内部的 Flash ROM 可以直接用编程器来擦写(电擦写),使用方便。

## 1.2 学习单片机的准备

在学习单片机之前,首先要做好一些软、硬件准备工作,有一个学习环境才能有比较大的收获。现在单片机的开发工作一般离不开计算机,所以这里假定读者手边都有计算机可供使用。

### 1.2.1 硬件准备

需要准备的硬件有:可以对 89S51 单片机芯片编程的编程器一只或下载线一条;用于硬件实验的实验板一块;如果有条件,还可以再准备一台仿真器,它会给你的学习带来很大的方便。

有很多商品化的编程器可供选择,其价格从数百元到数千元直到数万元不等。下载线的价格不高,Atmel 公司公布了自制下载线的方案并提供了所需要的编程软件,网上也可以找到很多更易于使用的编程软件,有一定电子技术基础的读者可以自行动手制作下载线。本书附录中为读者推荐了一种性价比比较高的下载线,读者可以根据自己的条件来准备。仿真器的品种很多,价格从千元以下的入门级产品一直到数千元甚至上万元的高档产品都有销售,本书附录为读者介绍了一种性价比比较高的仿真器,可以根据各人自身的经济条件选择。

本书第 2 章介绍了一块实验板,这块实验板上安装有 8 个发光二极管,4 个按钮,6 位数码管。具有 I<sup>2</sup>C 总线接口的 AT24C×× 系列串行 EEPROM 芯片;具有 I<sup>2</sup>C 总线接口的实时时钟芯片 PCF8563;具有开机复位、电压跌落检测、看门狗、SPI 接口的串行 EEPROM 4 种功能集于一体的芯片 X5045;安装有 RS232 串行接口芯片,可与微机通信;安装有字符型液晶显示器的插座。整个实验板制作成本不高,却包含了现在最流行的一些芯片的用法,书中安排的多个与硬件有关的实验,可以在这块实验板上完成。

### 1.2.2 软件准备

软件使用目前最流行的 Keil 软件,其中所带的汇编器和连接器可用于汇编语言的学习。Keil 是商业软件,它同时也有供学习者使用的 Eval 版本,该版本的功能与正式版一样,但生成的代码量有一定的限制,最终生成的代码不能超过 2 KB,对于学习来说这已经足够了。读者可以到 <http://www.keil.com> 网站去下载 Keil 的最新版本软件。该软件带有一个集成开发环境( $\mu$  Vison2),可以在这一集成开发环境中编译、连接和调试。该集成开发环境提供了一些软件仿真的方法,如模拟 I/O 口输入,观察 I/O 输出,对串行口进行调试等,功能强大,可以在一定程度上代替仿真器使用。

## 1.3 计算机数据表示

计算机用于处理各种信息,首先需要将信息表示成具体的数据形式。选择什么样的数制来表示数,对机器的结构、性能和效率有很大影响。二进制是计算机中数制的基础。

所谓二进制形式,是指每位数码只取两个值,要么是“0”,要么是“1”,数码最大值只能是1,超过1就应向高位进位。为什么要采用二进制形式呢?这是因为二进制最简单,它仅有两个数字符号,这就特别适合用电子元器件来实现。制造有两个稳定状态的元器件一般比制造具有多个稳定状态的元器件要容易得多。

计算机内部采用二进制表示各种数据,对于单片机而言,其主要的数据类型分为数值数据和逻辑数据两种。下面分别介绍数制的概念和各种数据的机内表示、运算等知识。

按进位的原则进行计数,称为进位计数制,简称“数制”。数制有多种,在计算机中常用的有十进制、二进制和十六进制。

### 1.3.1 常用的进位计数制

#### 1. 十进制数

按“逢十进一”的原则进行计数,称为十进制数。十进制的基为“10”,即它所使用的数码为0~9,共10个数字。十进制各位的权是以10为底的幂,每个数所处的位置不同,它的值是不同的,每一位数是其右边相邻那位数的10倍。

对于任意一个4位十进制数,都可以写成如下形式:

$$D_3 D_2 D_1 D_0 = D_3 \times 10^3 + D_2 \times 10^2 + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0,$$

上述式子各位的权分别是十、百、千,即以10为底的0次幂、1次幂、2次幂和3次幂,通常简称为0权位、1权位、2权位、3权位等,上式称为按权展开式。

例:  $3\ 525 = 3 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0$

#### 2. 二进制数

按“逢二进一”的原则进行计数,称为二进制数。二进制的基为“2”,即它所使用的数码为0、1,共2个数字。二进制各位的权是以2为底的幂,任意一个4位二进制数按权展开式如下:

$$B_3 B_2 B_1 B_0 = B_3 \times 2^3 + B_2 \times 2^2 + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0$$

由此可知,4位二进制数中各位的权是:

$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
8	4	2	1

例:  $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (11)_{10}$

#### 3. 十六进制数

按“逢十六进一”的原则进行计数,称为十六进制数。十六进制的基为“16”,即它使用的数码共有16个:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。其中A、B、C、D、E、F所代表的数的大小相当于十进制的10、11、12、13、14和15。十六进制的权是以16为底的幂,任意一个4位十六进制数的按权展开式为:



$$H_3 H_2 H_1 H_0 = H_3 \times 16^3 + H_2 \times 16^2 + H_1 \times 16^1 + H_0 \times 16^0$$

例:  $(17F)_{16} = 1 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = (383)_{10}$

由于十六进制数易于书写和记忆,且与二进制之间的转换十分方便,因而人们在书写计算机语言时多用十六进制。

#### 4. 二——十进制编码

计算机中使用的是二进制数,但人们却习惯于使用十进制数,为此需要建立一个二进制数与十进制数之间联系的桥梁,这就是二——十进制。

在二——十进制中,十进制的10个基数符0~9用二进制码表示,而计数方法仍采用十进制,即“逢十进一”。为了要表示10种状态,必须要用4位二进制数(3位只能表示0~7,不够用)。4位二进制一共有16种状态,可以取其中的任意10种状态来组成数符0~9。显然,最自然的方法就是取前10种状态,这就是BCD码,也称之为8421码,因为这种码的4个位置的1分别代表了8、4、2和1。

学习BCD码,一定要注意区分它与二进制的区别,表1-1列出几个数作为比较。

表1-1 二进制、十进制、十六进制数、BCD码的对应关系

十进制数	十六进制	二进制	BCD码	十进制数	十六进制	二进制	BCD码
0	0	00000000	00000000	10	A	00001010	00010000
1	1	00000001	00000001	11	B	00001011	00010001
2	2	00000010	00000010	12	C	00001100	00010010
3	3	00000011	00000011	15	F	00001111	00010101
4	4	00000100	00000100	100	64	10000000	10000000

从表1-1中不难看出,对于小于10的数来说,BCD码和二进制码没有什么区别,但对于大于10的数,BCD码和二进制码就不一样了。

### 1.3.2 二进制的算术运算

二进制算术运算的规则非常简单,这里介绍常用的加法和乘法规则。

#### 加法规则

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

#### 乘法规则

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

例: 求  $11011 + 1101$  的值。

$$\begin{array}{r} 11011 \\ + 1101 \\ \hline 101000 \end{array}$$