



银领工程系列

# 单片机 原理及应用

胡长胜 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

银领工程系列

# 单片机原理及应用

胡长胜 主 编

高等教育出版社

## 内容提要

本书以单片机主流机型 MCS-51 为背景,介绍了单片机的基本结构、接口技术、应用系统设计等相关知识。与其他教材不同的是,本书将指令系统的介绍分布在书中不同的章节中,在第 1 章就提出了指令和编程问题,以后各章中都涉及具体指令的应用,从而避免了学生难以理解的问题。本书还讲解了大量的案例,以帮助学生掌握单片机的应用。

本书可作为高职高专院校应用电子技术、电气自动化技术、机电一体化技术等专业的教学用书,也可供工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/胡长胜主编. —北京:高等教育出版社, 2006.5

ISBN 7-04-019404-X

I. 单... II. 胡... III. 单片微型计算机-高等学校:技术学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 043246 号

策划编辑 孙 杰      责任编辑 张海波      封面设计 王凌波      责任绘图 朱 静  
版式设计 马静如      责任校对 王效珍      责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 13  
字 数 310 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 5 月第 1 版  
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷  
定 价 16.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19404-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118

# 出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自2001年10月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004年9月

# 前 言

单片机以其完善的功能、低廉的价格,被广泛地应用在工业控制、仪器仪表、通信、机电一体化、家用电器等领域。单片机技术已成为从事自动化、通信、机电一体化等工作的人员必备的技术。

高职高专教育的人才培养目标,是培养生产、建设、服务、管理一线的应用型人才,突出实用性和针对性。单片机课程具有技术应用与直接面向就业的特点,掌握好单片机知识与技能后,将为日后工作打下坚实的基础。针对目前单片机教学中存在重理论、轻应用的实际情况,本书在内容选取上注重应用性,淡化理论,把在工程实际中广泛应用的知识、技术讲透,并附以工程实际例子,来加强应用性,举例力求完整性;在内容组织上注意高职高专学生的特点,深入浅出,循序渐进。

本书以单片机主流机型 MCS-51 为背景,介绍单片机的基本结构、接口技术、应用系统设计等相关知识,这样的内容编排将有利于读者学习和提高。本书针对高职高专学生的特点,试图向学生解答“何谓单片机?”、“为何要学习单片机?”、“如何学习单片机?”、“如何应用单片机?”等问题。

本书在章节上由单片机的基础知识引申到单片机的应用系统设计,共分 10 章。第 1 章主要讲解单片机的基本概念;第 2 章主要讲述单片机系统的结构组成;第 3 章主要内容是单片机的 I/O 口应用和扩展;第 4 章主要讲述单片机的中断系统应用;第 5 章是定时器/计数器的应用编程;第 6 章为单片机通信功能的应用和实现;第 7 章为模拟量与单片机的接口方法;第 8 章是单片机应用系统的设计方法,是对前面几章内容的总结。

与其他同类教材不同的是,本书将指令系统的介绍分为若干部分,这是本书的一个特点。在第 1 章中就提出了指令和编程的问题,以后的每一章中都涉及指令的应用。这样做的初衷是想给读者一个完整的单片机的概念,使读者充分认识到从事单片机工作,是包括硬件和软件的。另外,根据编者的教学经验,将指令系统的 111 条指令一股脑地讲解给学生,将使学生难以理解和应用,陷入课程虽已学完,编程依旧不会的怪圈。所以在前 8 章的内容中将指令融合进编程中,而将所遇到的指令具体形式单独列出,读者可通过对指令功能的解释对照学习指令的含义和应用,边学边用的方法得到了充分的体现。

本书在第 10 章还介绍了目前流行的仿真开发软件  $\mu$ Vision2。

本教材由胡长胜担任主编,魏京璇担任副主编。第 1~8 章由胡长胜编写,第 9 章由李香服编写,第 10 章及附录由魏京璇编写。在本书的编写中,得到了周乐挺教授的帮助,在此表示衷心的感谢。

全书由北京联合大学叶自爱老师任主审,叶自爱老师认真地审阅了全部书稿并提出了宝贵的修改意见,在此表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中必有疏漏及错误之处,敬请读者批评指正。

编者

2005 年 12 月

# 目 录

第 1 章 概述	1	本章小结	31
1.1 单片机概述	1	思考题	32
1.1.1 单片机的概念	1	第 3 章 I/O 口及键盘显示器接口	33
1.1.2 MCS-51 单片机和 8051、8031、89C51 等的关系	2	3.1 概述	33
1.1.3 单片机指令系统概述	4	3.2 MCS-51 单片机 I/O 口的应用分析	33
1.1.4 单片机的学习	5	3.2.1 P0 端口	33
1.2 单片机应用举例	5	3.2.2 P1 端口	34
1.2.1 单片机的应用领域	5	3.2.3 P2 端口	35
1.2.2 单片机应用举例	6	3.2.4 P3 端口	35
本章小结	7	3.3 I/O 口扩展	36
思考题	7	3.3.1 使用中、小规模集成电路扩展 I/O 口	36
第 2 章 单片机应用系统总体设计	8	3.3.2 8255 可编程通用并行接口芯片	38
2.1 MCS-51 单片机内部结构和引脚	8	3.3.3 专用并行接口集成电路 8155	42
2.1.1 CPU	9	3.4 键盘、显示器的工作原理	47
2.1.2 存储器组织结构	10	3.4.1 键盘工作原理	47
2.1.3 外部引脚	15	3.4.2 显示器接口与编程	51
2.2 MCS-51 单片机应用系统构成	17	3.4.3 课程任务分析 1 键盘及 LED 显示器接口举例	55
2.2.1 MCS-51 单片机最小系统	17	3.5 指令知识学习	57
2.2.2 MCS-51 单片机总线结构	18	3.5.1 伪指令	57
2.3 MCS-51 单片机存储器扩展	19	3.5.2 本章用到的指令具体形式	57
2.3.1 存储器扩展的编址技术	19	本章小结	59
2.3.2 程序存储器 (EPROM) 的扩展	21	思考题	59
2.3.3 数据存储器的扩展	24	第 4 章 中断系统的设定	60
2.4 MCS-51 单片机的寻址方式	27	4.1 中断系统的概念	60
2.4.1 常用标识符号	27	4.1.1 有关中断的概念	60
2.4.2 寻址方式	28	4.1.2 中断的作用	61
2.5 课程任务 应用系统总体设计	29	4.2 MCS-51 的中断系统	61
2.5.1 智能涡街流量计设计原理	29	4.2.1 MCS-51 的中断系统的结构	61
2.5.2 系统组成与工作原理	30	4.2.2 中断系统相关寄存器	62
2.5.3 功能介绍	30	4.2.3 中断响应	65
2.5.4 技术性能指标	31		

4.3	课程任务分析 2 应用外中断的编程与设计举例	67	编程应用	98
4.3.1	中断系统的编程	67	6.4.1 串行口波特率的计算	98
4.3.2	中断系统设计应用举例	68	6.4.2 串行口编程步骤	99
4.4	相关指令的学习	70	6.4.3 串行口应用与编程	99
4.4.1	堆栈指令的学习	70	6.5 相关指令学习	107
4.4.2	本章使用到的其他指令形式	71	6.5.1 串行口读/写指令	107
	本章小结	71	6.5.2 本章使用到的其他指令具体形式	108
	思考题	71	本章小结	109
<b>第 5 章</b>	<b>定时/计数功能的实现</b>	73	思考题	109
5.1	概述	73	<b>第 7 章</b>	<b>A/D、D/A 接口技术</b>
5.2	MCS-51 单片机的定时器/计数器	73	7.1	概述
5.2.1	定时器/计数器结构与工作原理	73	7.2	A/D 转换及接口技术
5.2.2	定时器/计数器的工作方式	75	7.2.1	A/D 转换的基本知识
5.3	定时器/计数器的编程应用	78	7.2.2	ADC0809 的工作原理
5.3.1	计数初值(时间常数)的计算	78	7.2.3	课程任务分析 5 ADC0809 与单片机接口编程应用
5.3.2	定时器/计数器的编程	79	7.3	D/A 转换及接口技术
5.3.3	编程举例	79	7.3.1	D/A 转换的基本知识
5.4	课程任务分析 3 应用系统定时功能的实现	83	7.3.2	DAC0832 的工作原理
5.4.1	硬件电路	84	7.3.3	DAC0832 与单片机的接口技术
5.4.2	实现时钟计时的基本方法	84	本章小结	122
5.4.3	程序流程	85	思考题	122
5.5	相关指令学习	87	<b>第 8 章</b>	<b>单片机应用系统设计初步</b>
	本章小结	87	8.1	单片机应用系统设计步骤和方法
	思考题	88	8.1.1	单片机应用系统的特点
<b>第 6 章</b>	<b>通信功能的实现</b>	89	8.1.2	单片机应用系统设计与调试的步骤
6.1	串行通信的基础知识	89	8.2	单片机的选型技术
6.1.1	串行通信的分类	89	8.2.1	单片机的品种简介
6.1.2	串行通信的标准接口	91	8.2.2	单片机的选型原则
6.2	串行口的结构与工作方式	94	8.3	单片机程序设计
6.2.1	串行口的结构和工作原理	94	8.3.1	程序结构设计
6.2.2	串行口的几种工作方式	95	8.3.2	软件设计注意事项
6.3	串行口相关控制寄存器的使用	96	8.4	单片机应用系统抗干扰技术
6.3.1	串行口数据缓冲器 SBUF	96	8.4.1	干扰的来源和后果
6.3.2	串行口控制寄存器 SCON	97		
6.3.3	电源控制寄存器 PCON	98		
6.4	课程任务分析 4 串行口			



8.4.2 单片机应用系统的硬件抗 干扰设计·····	131	9.3.7 逻辑异或操作指令·····	151
8.4.3 软件的抗干扰设计·····	132	9.4 位操作指令·····	153
8.5 课程任务分析 6 应用实例的 设计总结·····	133	9.4.1 位传送指令·····	153
8.5.1 硬件电路设计·····	133	9.4.2 位清 0 置 1 指令·····	153
8.5.2 软件设计·····	136	9.4.3 位运算指令·····	153
8.5.3 系统抗干扰措施·····	138	9.4.4 位测试转移指令·····	154
本章小结·····	138	9.5 控制转移类指令·····	155
思考题·····	139	9.5.1 无条件转移指令·····	156
<b>第 9 章 MCS-51 单片机指令系统说明</b> ·····	140	9.5.2 条件转移指令·····	156
9.1 数据传送类指令·····	140	9.5.3 子程序调用和返回指令·····	157
9.1.1 内部 RAM 传送指令·····	140	9.5.4 空操作指令·····	157
9.1.2 ROM 传送指令·····	141	本章小结·····	159
9.1.3 累加器 A 与片外数据 存储器 RAM 传送指令·····	142	思考题·····	159
9.1.4 堆栈操作类指令·····	142	<b>第 10 章 Windows 集成开发环境</b> $\mu$ Vision2·····	162
9.1.5 交换指令·····	142	10.1 安装、启动 $\mu$ Vision2·····	162
9.1.6 16 位数据传送指令·····	142	10.1.1 安装·····	162
9.2 算术运算指令·····	144	10.1.2 启动·····	162
9.2.1 加法指令·····	145	10.1.3 菜单条、工具栏和快捷键·····	163
9.2.2 带进位加法指令·····	145	10.2 Keil 项目创建·····	167
9.2.3 减法指令·····	145	10.2.1 Keil 工程的建立·····	167
9.2.4 乘法指令·····	146	10.2.2 工程的详细设置·····	171
9.2.5 除法指令·····	146	10.2.3 编译、连接·····	176
9.2.6 加 1 指令·····	146	10.3 Keil 程序的调试·····	177
9.2.7 减 1 指令·····	146	10.3.1 常用调试命令·····	177
9.2.8 十进制调整指令·····	147	10.3.2 在线汇编·····	178
9.3 逻辑运算类指令·····	149	10.3.3 断点设置·····	179
9.3.1 循环移位指令·····	149	10.3.4 实例调试·····	179
9.3.2 累加器半字节交换指令·····	149	10.4 Keil 常用调试窗口·····	180
9.3.3 求反指令·····	150	10.4.1 存储器窗口·····	181
9.3.4 清 0 指令·····	150	10.4.2 工程窗口寄存器页·····	182
9.3.5 逻辑与操作指令·····	150	10.4.3 观察窗口·····	183
9.3.6 逻辑或操作指令·····	150	10.4.4 反汇编窗口·····	183
		附录 MCS-51 单片机实用子程序·····	185
		参考文献·····	198

# 第 1 章

## 概 述

**主要内容：**本章主要讨论单片机的基本知识和概念，重点论述单片机在各领域的应用。

**目标要求：**了解各种流行单片机之间的关系；掌握单片机的概念及组成；明确单片机的应用范围及其在各领域中的地位。

### 1.1 单片机概述

#### 1.1.1 单片机的概念

一台具有基本功能的计算机通常由这样几个部分构成：CPU（进行运算、控制）、RAM（数据存储器）、ROM（程序存储器）、I/O（输入/输出）设备（例如，串行口、输入/输出接口等）。计算机的基本组成框图如图 1-1 所示。

谈到微型计算机，人们想到的多是个人计算机（Personal Computer, PC），它由主机、键盘、显示器等组成。在个人计算机中，CPU、RAM、ROM、I/O 等被分成若干块芯片，安装在一个称之为为主板的印制线路板上。

PC 的特点是功能强、使用方便，主要应用于数值计算、数据处理及信息管理。由于其结构的特殊性，不适用于工业领域中 24 小时连续工作的场合。

在工业领域中，用于过程控制的是专用微型计算机，例如工控机，它的特点是可靠性高、实时性强，可适应复杂的应用场合，并且可以连续工作。

还有一类计算机，通常用于智能化仪器、仪表及控制，这就是单片机（Single Chip Microcomputer, SCM），亦称微控制器（Microcontroller Unit, MCU）。顾名思义，这种计算机的最小系统只用了一片集成电路，即可进行简单的运算和控制。

单片机属于第四代电子计算机（以大规模集成电路为特征）。单片机把中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、存储器（Memory）、输入/输出（Input/Output, I/O）接口电路以及定时器/计数器等主要功能部件集成在一块集成电路芯片上。而且有一些单片机中除了上述部件外，还集成了如 A/D、D/A 转换器等其他部分，从而使单片机具有集成度高、体积小、抗

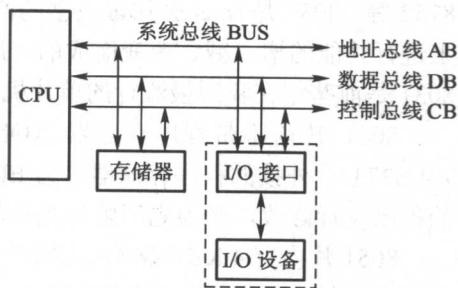


图 1-1 计算机的基本组成框图

干扰能力强、可靠性高、价格低、功耗低、控制功能强、运算速度快、程序相对简单、运用灵活、易实现产品化等特点。

现在，这种单片机的使用领域已十分广泛，如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器等。各种产品一旦用上了单片机，就能起到使产品升级换代的功效，这类产品常在其名称前冠以“智能型”或“微电脑”等词，如智能型洗衣机、智能电度表、微电脑全自动加油机等。

常用的单片机内部结构如图 1-2 所示。

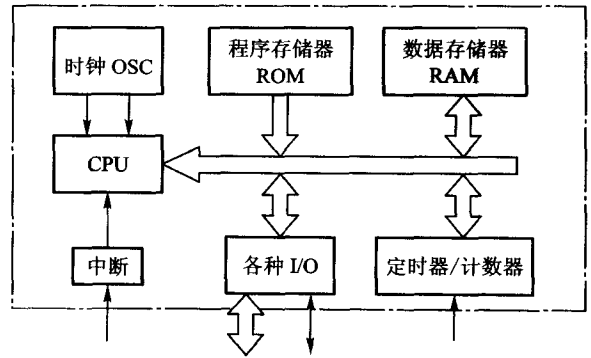


图 1-2 单片机内部结构图

### 1.1.2 MCS-51 单片机和 8051、8031、89C51 等的关系

人们常听说 8051，还有 8031，现在又流行 89C51、89S51 等，它们之间究竟是什么关系？

首先，MCS 是 Intel 公司单片机的系列符号。Intel 先后推出了 MCS-48、MCS-51、MCS-96 等系列单片机。

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称，MCS-51 系列单片机包括 3 个基本型号，即 8031、8051、8751，以及对应的低功耗型号 80C31、80C51、87C51，因而 MCS-51 特指 Intel 的这几种型号。这一系列单片机包括了很多品种，如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等。8051 是 Intel 公司最典型的产品型号，该系列中其他型号的单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而成的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机，而 8031 是前些年在我国最流行的单片机，所以很多场合也会看到 8031 的名称。

8031 片内不带程序存储器 ROM，用户在使用时需外接程序存储器和一个锁存器（如 74LS373），外接的程序存储器多为 EPROM，如 2732、2764 等。用户若想对写入到 EPROM 中的程序进行修改，必须先用紫外光对其进行照射来擦除原有内容，之后再写入新数据。

8051 片内有 4 KB ROM，无须外接程序存储器和 74LS373，更能体现“单片”的简练。但是用户不能将程序烧写到其 ROM 中，只有将程序交芯片生产厂代为烧写，并且是一次性的，烧写后不能改写其内容，使用极为不便。

8751 与 8051 基本一样，但 8751 片内有 4 KB 的 EPROM，用户可以将自己编写的程序写入单片机的 EPROM 中进行现场实验与应用，EPROM 的改写同样需要用紫外线灯照射一定时间擦除后再烧写。

由于上述类型的单片机应用早，影响很大，已成为事实上的工业标准。20 世纪 80 年代中期以后，很多知名电子公司，如 Amtel、Philips、ANANOG DEVICES、DALLAS 等公司，纷纷以各种方式与 Intel 公司合作，也推出了同类型的单片机，准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。如同一种单片机的多个版本一样，它们虽都在不断改变制造工艺，但内核却未变，也就是说，这类单片机指令系统完全兼容，引脚也基本兼容，在使用时基本可以直接互换。

为满足不同的需求，后续产品对 8051 一般都做了某些扩充，功能或多或少有些改变，功能

更强、市场竞争力更强。人们统称这些与 8051 内核相同的单片机为“51 系列单片机”。但严格地说，它们不能称为 MCS-51 系列单片机，因为 MCS 只是 Intel 公司专用的。

例如，AT89C51、AT89C52、AT89C2051 等就是这几年在我国非常流行的单片机，它是由美国 Atmel 公司开发、生产的。在众多的 51 系列单片机中，Atmel 公司的 AT89C51、AT89S51 更实用。其指令、引脚与 8051 完全兼容，且其片内的 4 KB 程序存储器采用 Flash 工艺，用户可以用电方式瞬间擦除、改写，一般专为 Atmel AT89xx 做的编程器均带有这些功能。显而易见，这种单片机对开发设备的要求很低，开发时间也大大缩短。写入单片机内的程序还可以进行加密，这又很好地保护了用户的劳动成果。再者，AT89C51、AT89S51 目前的售价较低，市场供应也很充足。

AT89S51、52 是 2003 年 Atmel 推出的新型品种，除了完全兼容 8051 外，还增加了在线编程和看门狗功能。

Atmel 公司的 51 系列还有 AT89C2051、AT89C1051 等品种，这些芯片是在 AT89C51 的基础上将一些功能精简后形成的精简版。AT89C2051 去掉了 P0 口和 P2 口，内部的 Flash 存储器也减小到 2 KB，封装形式也由 AT89C51 的 40 脚改为 20 脚，相应的价格也低一些，特别适合在一些智能玩具、手持仪器等程序量不大的电路环境下应用；AT89C1051 在 2051 的基础上，再次精简了串行口功能等，程序存储器再次减小到 1 KB，当然价格也更低。

2051 和 1051 片内都集成了一个精密电压比较器，为用户测量模拟信号提供了极大的方便，在外加几个电阻和电容的情况下，就可以测量电压、温度等常用量。这对很多日用电器的设计是很宝贵的资源。

因此，51 系列单片机已成为被众多制造厂商支持的、具备上百个品种的大家族。到目前为止，其他任何一个单片机系列均未发展到如此的规模且如此具有生命力。51 系列的单片机技术很成熟，价格也较低，并且还在不断地发展。

表 1-1 是部分 51 单片机配置一览表。

表 1-1 部分 51 系列单片机配置一览表

子系列	片内存储器				片内 RAM /B	定时器/计数器	并行 I/O 口/b	串行 I/O 口	中断源	精密比较器	引脚数
	片内 ROM										
	无	有 ROM/KB	有 EPROM/KB	Flash ROM/KB							
Intel MCS-51 子系列	8031	8051 (4)	8751 (4)		128	2×16	4×8	1	5		40
	80C31	80C51 (4)	87C51 (4)								
Intel MCS-52 子系列	8032	8052 (8)	8752 (8)		256	3×16	4×8	1	6		40
	80C32	80C52 (8)	87C52 (8)								

续表

子系列	片内存储器					定时器/ 计数器	并行 I/O 口/b	串行 I/O 口	中 断 源	精 密 比 较 器	引 脚 数
	片内 ROM				片内 RAM /B						
	无	有 ROM/KB	有 EPROM/KB	Flash ROM/KB							
Atmel 89C 系列				89C51 (4)	128	2×16	4×8	1	5		40
				89C52 (8)	256	3×16	4×8	1	6		40
				89C1051 (1)	128	2×16	15		5	1	20
				89C2051 (2)	128	2×16	15	1	5	1	20
				89S51 (4)	128	2×16	4×8	1	5		40

由于 8051 已成为单片机领域的实际标准，所以是单片机教学的首选机型。对于学习者来说，掌握 51 系列单片机中的一种型号的使用方法后，一般也能使用 51 系列单片机中其他型号的单片机。

### 1.1.3 单片机指令系统概述

#### 1. 单片机指令系统的概念

单片机要正常运行，需事先按照预定的功能编制程序。单片机是由逻辑电路组成的，只能识别二进制的代码。用二进制编码指令编写的程序称为机器语言。单片机在指令的表达式上不是直接使用二进制机器码，最常用的是十六进制的形式。为了便于人们理解、记忆和使用，通常用助记符号（即汇编语言）来描述单片机的指令。一个单片机所能执行指令的集合即为单片机的指令系统。

程序是由指令组成的，指令又是由操作码和操作数组成的，汇编语言则是指令的表示符号。各种类型的单片机都有相应的汇编程序，将汇编语言指令“翻译”成为机器码，放在存储器中，单片机才能执行。

现在有很多半导体厂商都推出了自己的单片机产品，种类繁多，但不同的单片机的指令系统却不一定相同，或不完全相同。单片机的指令系统是由开发和生产厂商定义的，因此要掌握某种（类）单片机，必须首先学习其指令系统。

#### 2. MCS-51 单片机的指令系统

MCS-51 单片机的指令系统共有 111 条指令，其特点是指令少、功能强、执行速度快、寻址方式多。

MCS-51 单片机的汇编指令由操作码助记符字段和操作数字段组成，其指令的一般格式如下：

标号：操作码助记符 [目的操作数]，[源操作数]；注释

操作码助记符和目的操作数、源操作数是指令的核心部分，标号是该指令的符号地址，注

释是对该指令的解释。按操作数的个数来分，MCS-51 的指令有单操作数指令、双操作数指令、三操作数指令，还有无操作数的指令。按存储字节数来分，MCS-51 单片机的指令有单字节、双字节及三字节指令。其中单字节指令有 49 条，双字节指令有 45 条，三字节指令有 17 条。

### 1.1.4 单片机的学习

学习单片机是否很困难呢？应当说，对于已经具有电子电路，尤其是数字电路基本知识的读者来说，不会有太大困难。如果对 PC 机有一定基础，特别是已学习过微机原理，那么再学习单片机就更容易了。单片机和 PC 机一样，是实践性很强的一门技术，学习好单片机，最主要的是实践，在实践中增长经验。读者在可能的情况下，应选择相关的课题并参与其研发，从而加深对单片机的认识，提高自己有关单片机应用及实践的能力。单片机的开发需要软/硬件结合，所以不能只满足于编程技巧如何完美，平时也要注意硬件知识的积累，并且与相关课程的学习结合起来。

## 1.2 单片机应用举例

### 1.2.1 单片机的应用领域

由于单片机具有上述显著的特点，在测量和控制领域均得到了广泛的应用，归纳起来可分为以下几个方面。

#### 1. 在智能化仪器、仪表中的应用

目前普遍采用单片机系统替代传统的测量系统，使仪器、仪表结构简化、精度和稳定性提高，并具有智能化和网络化的特点。同时，使监测、处理、控制等功能一体化，降低了成本，提高了性能/价格比。这一方面的典型应用有智能流量计算仪表、智能转速表、电子秤、考勤机、智能传感器、计时器等。

#### 2. 在工业实时过程控制中的应用

单片机还可以用于各种物理量的采集与控制，电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以利用单片机方便地实现。在这类系统中，利用单片机作为系统控制器，可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法，实现期望的控制指标，从而提高生产效率和产品质量。其典型应用是电机转速控制、温度控制、自动生产线等。

#### 3. 在交通、军事、计算机网络和通信技术领域中的应用

这类应用包括由单片机构成的集中显示系统、电子导航系统、自动驾驶系统、交通指挥系统、出租车计价器、移动通信系统及电话计费器等。

#### 4. 在机电一体化、办公自动化中的应用

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体、具有智能化特征电子产品，它是机械行业发展的方向。单片机在机电一体化产品的开发中可以发挥巨大的作用。典型产品有机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

5. 在日常生活及家用电器领域中的应用

目前国、内外各种家用电器已普遍采用单片机代替传统的控制电路。在空调、洗衣机、电冰箱、微波炉、电视机、录像机、VCD、音响等家用电器的设计与生产上都已经普遍采用单片机，从而使产品升级，实现了智能化，极大地满足了用户对于人性化方面的要求。

1.2.2 单片机应用举例

下面以自动绕线机的 000~999 数显匝数计数器为例说明单片机的应用。

1. 设计任务

利用单片机 AT89C51 设计一个数显计数器，能够实现绕线机的转数的测量，将转数值在 LED 上显示出来，当达到设定值时输出一个停止信号。用 3 位数码显示，要求使用的元器件数量尽可能少。

2. 电路原理图

用 AT89C51 单片机来制作一个数显计数器，除了单片机所要求的复位电路和振荡电路连接外，在 AT89C51 单片机的 P3.2 引脚接一个轻触开关，作为计数开始的命令按钮；P1 口接入 3 位拨盘开关，输入设定值；定时器/计数器输入端 T0 接入经过电平转换的输入脉冲信号，绕线机每转一圈，计数器的值加 1；由 P3.7 驱动继电器动作，计数值与设定的数值相同时，输出一个停止信号（低电平）；用单片机的 P0 口接 3 个共阴极 LED 数码管的字形输入，P3.0、P3.1、P3.2 接其位控制，用作为 000~999 计数值的显示。

硬件电路图如图 1-3 所示。其中基本元件包括：AT89C51 单片机 1 片、共阴极 LED 数码管 3 只、拨盘开关 3 只、TIP521-2 光电耦合器 1 只、12 V DC 继电器 1 只、12 MHz 晶体振荡器 1 只、30 pF 电容 2 只、25 V 10 μF 电容 1 只、电阻 7 只、CD40106 反相器 1 片、动合按钮 1 个。

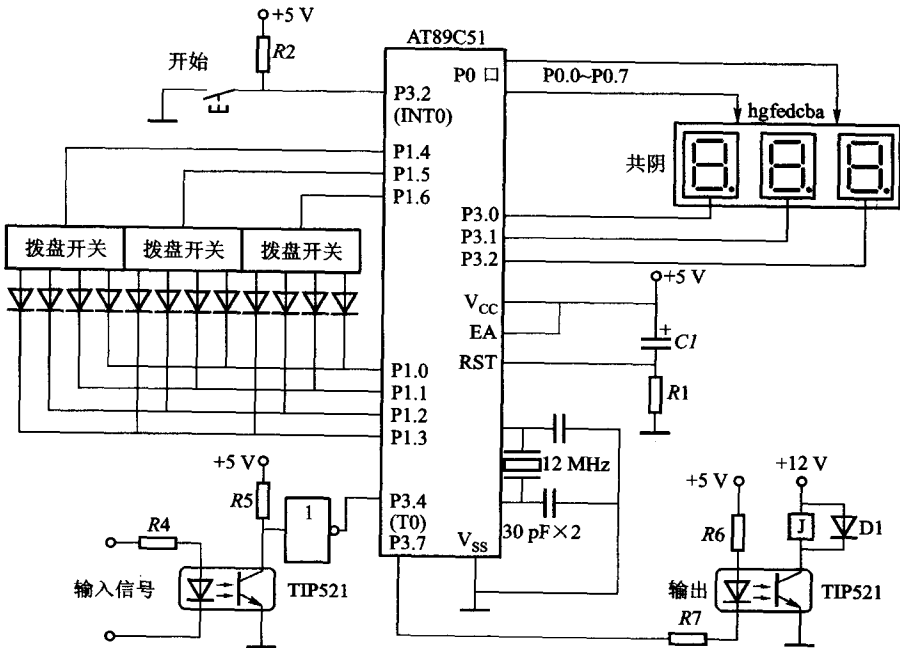


图 1-3 自动绕线机数显计数器硬件电路图

### 3. 系统工作过程

① 通过拨盘开关设置计数设定值，可按要求的值设定。

② 按开始按钮后系统开始计数，每当有一个输入脉冲，单片机内部的计数器加 1，该数值经过转换后送 LED 显示器显示。同时将计数值与设定值比较。

③ 当计数值与设定值相同时，由 P3.7 口输出一个低电平，持续时间为 1 s。同时将计数值缓冲区清 0，以备下次计数使用。

### 4. 程序设计内容

① 系统初始化，设定 T0 为计数器功能。

② 开始时单片机取拨盘开关的值，并将该值送显示器进行显示。该值作为设定值，放入设定值缓冲区。同时设定定时器/计数器的计数初值。

③ 单片机取按钮的状态，确认是否开始（可设为中断方式）。

④ 如果已开始，单片机进入计数工作状态。

⑤ 单片机对计数值进行数码显示。计数值是二进制数，要将其进行显示，必须将其转换为十进制数，含有百位、十位和个位。应把百位、十位和个位拆开，分别送出百位、十位和个位数值到对应的数码管上显示。

⑥ 通过查表方式，分别显示出个位、十位和百位数字。

⑦ 比较计数值与设定值。若相等，则由 P3.7 输出停止信号，并做相应处理。

### 5. 程序框图

程序框图如图 1-4 所示。

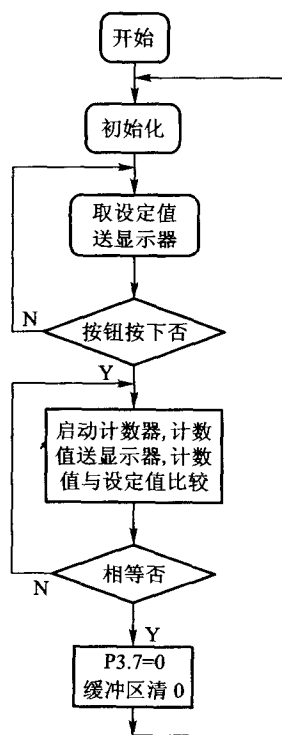


图 1-4 程序框图

## 本章小结

单片机是把中央处理器、存储器、定时器、I/O 接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。MCS 是 Intel 公司单片机系列的符号。

MCS-51 单片机共有 111 条指令，其指令系统的特点是指令少、功能强、执行速度快、寻址方式多。

单片机具有集成度高、体积小、可靠性高、价格低、易实现产品化等特点，所以特别适合于测量和控制领域。

## 思考题

1. 什么是单片机？单片机由哪些部件组成？它们各有什么特点？
2. 举例说明单片机的实际用途。
3. 说明 MCS-51 和 8051、8031、89C51 等单片机的关系。



## 第 2 章

# 单片机应用系统总体设计

**主要内容：**本章主要介绍 MCS-51 单片机的内部结构和外部引脚以及单片机最小应用系统和应用系统扩展的概念，并给出单片机的具体应用实例。

**目标要求：**了解外部引脚的作用、单片机的复位电路、时钟电路接法、指令时序及系统扩展的概念；掌握 MCS-51 单片机的内部结构、内部存储器组织、程序状态字 PSW 等特殊功能寄存器及应用系统的组成。

## 2.1 MCS-51 单片机内部结构和引脚

8051 单片机的内部总体结构如图 2-1 所示。

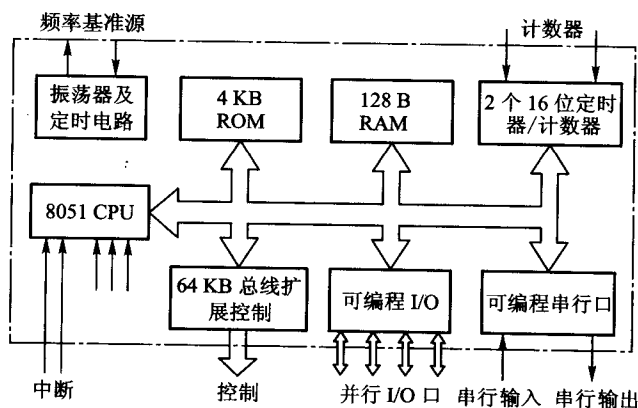


图 2-1 8051 单片机的内部总体结构

8051 单片机的内部包含以下部件：

- ① 8 位 CPU、片内振荡器。
- ② 4 KB ROM、128 B RAM。
- ③ 21 个特殊功能寄存器。
- ④ 32 根 I/O 线。
- ⑤ 可寻址的 64 KB 外部数据、程序存储空间。
- ⑥ 2 个 16 位定时器/计数器。
- ⑦ 中断结构：具有 2 个优先级、5 个中断源。