



电子·教育

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 应用电子技术专业

# 单片机原理 与应用

· 刘华东 主 编  
· 张亚华 吴文昌 副主编  
· 吕铁男 主 审

电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

TP 368.1  
97

新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

# 单片机原理与应用

刘华东 主 编

张亚华 副主编

吴文昌

吕铁男 主 审

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以 51 系列单片机为核心,全面系统地介绍了单片机的系统结构、存储器结构、指令系统、程序设计方法;单片机资源:中断系统、定时器、串行口;单片机应用所需资源:可编程接口、数模转换接口、功率接口、I<sup>2</sup>C 芯片;键盘和显示接口。简单介绍单片机应用系统的设计和单片机的新技术:单片机开发设备、仿真器、编程器、单片机应用软件等。

本书内容深入浅出,阐述简洁,系统性强,注重应用操作和实践能力培养。本书可作为高职高专院校电子类及计算机类专业教材。

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

单片机原理与应用 / 刘华东主编. —北京:电子工业出版社, 2003.8  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业  
ISBN 7-5053-9078-3

I.单… II.刘… 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(2003)第 074059 号

责任编辑:吕 迈

印 刷:北京彩艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:17.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

# 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;
2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;
3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;
4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院



# 目 录

## Contents

<b>第 1 章 MCS-51 单片机结构及原理</b> .....	(1)
1.1 单片机的概念.....	(1)
1.1.1 单片机的概念.....	(1)
1.1.2 单片机的应用领域.....	(2)
1.1.3 单片机的产品介绍.....	(3)
1.1.4 单片机的学习方法.....	(5)
1.2 MCS-51 系列单片机的结构和引脚.....	(5)
1.2.1 MCS-51 引脚及功能说明.....	(5)
1.2.2 MCS-51 单片机的结构方框图.....	(7)
1.3 MCS-51 单片机存储器结构.....	(9)
1.3.1 存储器具有的特点.....	(9)
1.3.2 MCS-51 具有的 6 个存储器编址空间.....	(10)
1.3.3 数据存储器.....	(10)
1.3.4 特殊功能寄存器 SFR (专用寄存器).....	(11)
1.4 并行输入/输出口、时序、复位.....	(13)
1.4.1 并行输入/输出口 (I/O).....	(13)
1.4.2 时钟和 CPU 时序.....	(16)
1.4.3 复位、掉电处理.....	(17)
本章小结.....	(18)
习题 1.....	(19)
<b>第 2 章 MCS-51 系列单片机指令系统</b> .....	(20)
2.1 单片机指令系统基础.....	(20)
2.1.1 指令的概念.....	(20)
2.1.2 51 单片机指令系统说明.....	(22)
2.1.3 寻址方式.....	(23)
2.2 数据传送类指令.....	(24)
2.3 算术运算指令.....	(30)
2.3.1 加法指令.....	(31)
2.3.2 十进制调整指令.....	(32)
2.3.3 减法指令.....	(33)
2.3.4 乘法和除法指令.....	(34)



2.4	逻辑运算及移位指令	(35)
2.5	控制转移指令	(39)
2.5.1	无条件转移指令	(39)
2.5.2	调用指令	(42)
2.5.3	条件转移指令	(44)
2.6	布尔变量操作指令	(45)
2.6.1	位传送指令	(46)
2.6.2	位状态控制指令	(47)
2.6.3	位逻辑操作指令	(47)
2.6.4	布尔条件转移指令	(49)
2.6.5	判位变量转移	(49)
	练习1 算术运算练习	(50)
	练习2 数据传送练习	(51)
	练习3 条件转移指令练习	(53)
	本章小结	(56)
	习题2	(56)
<b>第3章</b>	<b>汇编语言程序设计</b>	<b>(58)</b>
3.1	单片机汇编程序设计基础	(58)
3.1.1	汇编语言程序设计步骤	(58)
3.1.2	编制程序的流程图	(59)
3.1.3	伪指令	(60)
3.1.4	汇编程序及手工汇编	(61)
3.2	单片机汇编语言程序设计初步	(61)
3.2.1	顺序程序设计	(61)
3.2.2	分支程序设计	(63)
3.2.3	循环结构与循环程序设计	(65)
3.2.4	子程序结构	(70)
3.2.5	查表及查表程序设计	(74)
3.2.6	散转程序及其设计	(76)
	本章小结	(77)
	习题3	(77)
<b>第4章</b>	<b>定时器 / 计数器、中断和串行口</b>	<b>(79)</b>
4.1	MCS-51 的定时器/计数器	(79)
4.1.1	主要特性	(79)
4.1.2	定时器 / 计数器的结构	(79)
4.1.3	定时器 / 计数器的4种工作方式	(81)
	练习4 定时器应用	(84)
4.2	单片机中断系统	(86)





4.2.1 中断概述·····	(86)
4.2.2 MCS-51 单片机中断系统结构、功能·····	(88)
练习 5 中断系统应用·····	(92)
4.3 串行口·····	(95)
4.3.1 基本概念·····	(95)
4.3.2 MCS-51 单片机的串行口功能与结构·····	(96)
练习 6 串行口应用·····	(101)
本章小结·····	(103)
习题 4·····	(103)
<b>第 5 章 MCS-51 系列单片机的扩展·····</b>	<b>(104)</b>
5.1 MCS-51 系列单片机系统的扩展方法·····	(104)
5.1.1 最小系统和系统扩展方法·····	(104)
5.1.2 MCS-51 的总线组成·····	(104)
5.2 存储器扩展·····	(105)
5.2.1 程序存储器扩展·····	(105)
5.2.2 数据存储器扩展·····	(107)
5.3 串行 E <sup>2</sup> PROM 的应用·····	(107)
5.3.1 I <sup>2</sup> C 总线·····	(107)
5.3.2 串行 E <sup>2</sup> PROM·····	(108)
5.3.3 51 单片机扩展 X24C02·····	(109)
练习 7 音乐程序·····	(111)
本章小结·····	(113)
习题 5·····	(114)
<b>第 6 章 单片机接口·····</b>	<b>(115)</b>
6.1 输入/输出接口概述·····	(115)
6.1.1 I/O 接口的作用·····	(115)
6.1.2 I/O 端口的编址与寻址·····	(115)
6.1.3 并行 I/O 接口扩展·····	(116)
6.2 可编程接口芯片 8255A 的扩展·····	(117)
6.3 键盘、显示接口·····	(122)
6.3.1 按钮开关与单片机的接口·····	(122)
6.3.2 矩阵键盘与单片机的接口·····	(123)
6.3.3 LED 显示器与单片机的接口·····	(124)
6.3.4 zlg7289A LED 数码管及键盘控制器·····	(127)
6.3.5 点阵图形液晶显示模块接口·····	(131)
6.4 单片机功率接口·····	(136)
6.4.1 功率晶体管接口·····	(137)
6.4.2 光电耦合器隔离·····	(137)



6.4.3 双向晶闸管接口·····	( 138 )
6.5 A/D、D/A 转换接口·····	( 139 )
6.5.1 D/A 转换器接口·····	( 139 )
6.5.2 A/D 转换器接口·····	( 142 )
6.5.3 串行接口 A/D 转换器·····	( 148 )
6.5.4 Watchdog·····	( 150 )
练习 8 输入/输出编程·····	( 151 )
练习 9 D/A 转换(驱动小直流电机)·····	( 154 )
练习 10 A/D 转换·····	( 159 )
本章小结·····	( 162 )
习题 6·····	( 162 )
<b>第 7 章 MCS-51 单片机相关产品简介·····</b>	<b>( 163 )</b>
7.1 AT 系列单片机简介·····	( 163 )
7.1.1 AT89 系列单片机简述·····	( 163 )
7.1.2 89 系列单片机的分类·····	( 165 )
7.2 其他系列单片机简介·····	( 167 )
7.3 单片机常用开发工具·····	( 170 )
7.3.1 仿真器·····	( 170 )
7.3.2 编程器·····	( 175 )
本章小结·····	( 178 )
习题 7·····	( 178 )
<b>第 8 章 单片机应用系统设计方法简介·····</b>	<b>( 179 )</b>
8.1 单片机应用系统开发流程·····	( 179 )
8.1.1 单片机应用系统开发流程·····	( 179 )
8.1.2 单片机应用系统开发举例·····	( 180 )
8.2 应用系统硬件设计·····	( 183 )
8.2.1 单片机应用系统的硬件设计·····	( 183 )
8.2.2 单片机控制板的设计原则·····	( 183 )
8.3 应用系统软件设计·····	( 184 )
8.3.1 应用系统软件设计·····	( 184 )
8.3.2 应用系统软件设计举例·····	( 185 )
8.4 单片机应用实例一:水塔水位控制·····	( 187 )
8.5 单片机应用实例二:单片机实验板设计·····	( 190 )
练习 11 综合练习(LCD)·····	( 196 )
本章小结·····	( 201 )
习题 8·····	( 202 )
<b>附录 A 芯片引脚符号图·····</b>	<b>( 202 )</b>
<b>附录 B MCS-51 单片机指令总表·····</b>	<b>( 204 )</b>

# 第 1 章 MCS-51 单片机结构及原理



## 内容提要

1. 本章介绍单片机的概念、分类及应用领域。
2. 单片机从硬件角度看由中央处理器 CPU、程序存储器及数据存储器、输入和输出 I/O 口组成。从软件的角度看由程序控制单片机各部分的运行。本章重点介绍 MCS-51 系列单片机中央处理器、各种存储器、寄存器、输入和输出、复位方法等。

自 1970~1975 年美国多家公司开发出单片微型计算机以来, 单片机技术已成为计算机技术的一个独特分支。本书主要介绍单片机的发展概况, 单片机的基础知识以及单片机原理和应用。

## 1.1 单片机的概念

### 1.1.1 单片机的概念

随着大规模集成电路技术和计算机技术的飞速发展, 把计算机的运算器和控制器 (即 CPU), 存储器和多种接口集成在一块芯片上, 称为微处理器 (Microprocessor), 也叫微控制器, 习惯上叫单片机。

微型计算机问世 20 年来, 发展速度之迅猛, 应用范围之广泛是以往任何技术都无法比拟的。单片机作为嵌入式微控制器其应用很普及, 是电类专业人员需要掌握的一门常用技术。

#### 1. 单片机的组成

一个最基本的微型计算机通常由以下几部分组成:

- (1) 中央处理器 (CPU), 包括运算器、控制器和寄存器组。
- (2) 存储器, 包括 ROM (只读存储器) 和 RAM (静态可读写存储器)。
- (3) 输入输出 (I/O) 接口, 与外部输入输出设备相连接。

随着计算机微型化的发展, 把上述微型计算机的基本功能部件全部集成在一块半导体芯片上, 使得一块集成电路芯片就是一个单片机。单片机除了具备一般微型计算机的功能外, 为了增强实时控制能力, 在绝大部分单片机的芯片上还集成有定时器/计数器, 某些单片机带有 A/D 转换器等功能部件, 使单片机能满足多种控制要求。

单片机结构上的设计重点是面向控制的需要,因此,它在硬件结构、指令系统和 I/O 能力等方面均有其独特之处,其显著的特点之一就是具有非常有效的控制功能,所以单片机不但与一般的微机结构一样是有效的数据处理机,而且还是一个功能很强的过程控制机。只要加上较少的所需要的输入/输出设备或驱动电路,就可以构成一个实用的系统,满足各种应用领域的需要。

## 2. 单片机的特点

单片机具有集成度高、体积小、功耗低、系列齐全、功能扩展容易、使用灵活方便、抗干扰能力强、性能可靠、价格低廉等特点。

## 3. 单片机的发展概况

单片机自从 1975 年诞生以来,经历了近 30 年的发展。目前单片机的产品已达 60 多个系列,300 多个型号。就字长而言,单片机主要有 4 位、8 位、16 位和 32 位。

### 1.1.2 单片机的应用领域

由于单片机具有体积小、使用灵活、成本低、易于产品化等特点,特别是有强大的、面向控制的能力,使它在工业控制、智能仪表、外设控制、家用电器、机器人、军事装置等方面得到了广泛的应用。

单片机的主要应用领域有以下几方面。

#### 1. 智能化产品

单片机与传统的机械产品相结合,使传统的机械产品结构简单化,控制智能化,构成新一代的机-电一体化产品。目前,广泛用于工业自动控制,如数控机床、可编程顺序控制、电机控制、工业机器人,离散与连续过程自动控制等;家用电器,如微波炉、电视机、录像机、音响设备、游戏机等;办公设备,如传真机、复印机等;电讯技术,如调制解调器、声像处理、数字滤波、智能线路运行控制;在电传、打印机设计中由于采用了单片机,取代了近千个机械部件;用单片机控制空调机,使制冷量无级调节的优点得到了充分的发挥并增加了多种报警与控制功能;用单片机实现了通信系统中的实时监控、自适应控制、频率合成、信道搜索等,构成了自动拨号无线电话网、自动呼叫应答设备及程控调度电话分机等。

#### 2. 智能化仪表

单片机引入原有的测量、控制仪表后,能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展并使监测、处理、控制等功能一体化,使仪表重量大大减轻,便于携带和使用。同时成本低,提高了性能价格比。长期以来测量仪器中的误差修正、线性化处理等难题也可迎刃而解。单片机智能仪表的这些特点不仅使传统的仪器、仪表发生根本的变革,也给传统的仪器、仪表行业技术改革带来了曙光。

#### 3. 智能化测控系统

测控系统特点是工作环境恶劣,各种干扰繁杂,而且往往要求控制实时,要求检测与控



制系统工作稳定、可靠、抗干扰能力强。单片机最适合应用于工业控制领域，可以构成各种工业检测控制系统。例如，温室人工气候控制、电镀生产线自动控制系统等。在导航控制方面，如在导弹控制、鱼雷制导、智能武器装置、航天导航系统等领域中也发挥着不可替代的作用。

#### 4. 智能化接口

通用计算机外部设备上已实现了单片机的键盘管理、打印机、绘图仪、磁盘驱动器、UPS 等，并实现了图形终端和智能终端。

在计算机应用系统中，除通用外部设备（键盘、显示器、打印机）外，还有许多外部设备和接口全部由主机管理，势必造成主机负担过重、运行速度降低，并且不能提高对各种接口的管理水平，现在一般采用单片机专门对接口设备进行控制和管理，使主机和单片机能并行工作，不仅大大提高系统的运算速度，而且单片机还可以对接口进行预处理，如数字滤波、线性化处理、误差修正等，减少主机和接口界面的通信密度，极大地提高了接口控制管理的水平。例如，在通信接口中采用单片机可以对数据进行编码/解码、分配管理、接收/发送控制等工作。

如要开发单片机的应用，不但要掌握单片机硬件和软件方面的知识，而且还要深入了解各应用系统的专业知识，只有将这两方面的知识融会贯通和有机结合，才能设计出优良的应用系统。

### 1.1.3 单片机的产品介绍

Intel 公司在单片机的早期开发中，一直处于领先地位，因此我们以 Intel 公司的产品为例，介绍其较流行的三种系列产品的功能。当然其他公司也有性价比很高的产品。

#### 1. MCS-48 系列单片机

MCS-48 是 Intel 公司 1976 年以后陆续开发的第一代 8 位单片机系列产品。本系列单片机有很广泛的应用，对后来单片机的发展影响深远，它包括基本型：8048/8748/8035；强化型：8049/8749/8039 和 8050/8750/8040；简化型：8020/8021/8022；专用型：UPI-8041/8741 等。

#### 2. MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列是 Intel 公司 1980 年推出的高档 8 位单片机。该系列包括基本型：8051/8751/8031；强化型：8052/8032；改进型：8044/8344/8744，超级型：83C252/87C252/80C252 等。

基本型采用 HMOS 工艺，片内集成有 8 位 CPU，驻留 4K 字节 ROM（8031 片内无 ROM）和 128 字节 RAM 以及 21 个特殊功能寄存器，片内还包括两个 16 位定时器/计数器、1 个全双工串行 I/O 口（UART）、32 条 I/O 线、5 个中断源和两级中断，寻址能力达 128K 字节（其中程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 各 64K 字节）。指令系统中设置了乘、除运算指令、数据查找指令和位处理指令等。主时钟频率为 12MHz 时，大部分指令周期只需 1 $\mu$ s，乘除指令也仅需 4 $\mu$ s。

强化型 8052 是 1982 年推出的产品，与基本型 8051 不同的是片内 ROM 增加到 8K 字节，RAM 增加到 256 字节，16 位的定时器/计数器增加到 3 个，串行接口（UART）的通信速率比基本型快 6 倍。

改进型的 8X44 系列是在基本型上用一种新的串行接口 SIU 取代 UART。SIU 是一个 HDLC/SDLC 通信控制器，属于 SIO 的通信标准，通信软件已固化在器件内。由于 SIU 是有两根 I/O 线的串行通信方式，因而最适宜远距离通信和作为网络接口。

采用 CMOS 工艺的 8XC51 系列，其基本结构和功能与基本型相同。87C51 和 8XC252 还具有两级程序保密系统，可禁止外部对片内 ROM 中的程序进行读取，为用户提供了一种保护软件不被窃取的有效手段。由于采用 CMOS 工艺，功耗极低。

超级型 8XC252 系列是超 8 位单片机。它们的结构、引脚和指令与 MCS-51 系列完全相同，但具有 MCS-96 系列高速输入/输出（HIS/O）功能和脉冲宽度调制功能。

51 系列由 Intel 公司转让技术给 Philips 公司后，Philips 公司生产了几十种兼容芯片，产品性能也有提高。

ATMEL 公司生产了 AT89C51、AT89C52 和 AT89C1051、AT89C2051 等，在这些单片机片内采用可加密闪存存储器，性能优良，性价比极高，在我国单片机应用产品中被大量使用，也是我们将来课程设计和产品开发的首选芯片之一。台湾也在生产 51 内核的单片机。

总之，51 系列单片机资料很多，实验开发设备较为普及，各高校都有长期积累的教学经验和相应的师资力量。教育系统已形成共识，认为 51 系列单片机最适合初学者学习。

### 3. MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1983 年研制出 MSC-96 系列 16 位单片机。它与 8 位机比较，主要有两个特点。第一，集成度高。它的内部除了有常规 I/O 口、定时/计数器、全双工串行口外，还有高速 I/O 部件、多路 A/D 转换、脉宽调制输出以及监视定时器。第二，运算速度快。MCS-96 具有丰富的指令系统、先进的寻址方式和带符号运算等功能，使运算速度大大提高。它不但可以对字或字节操作，还可以进行带或不带符号的乘除运算。

MCS-96 系列单片机有 809X（外接 ROM）、839X（内驻掩膜 ROM）和 879X（内驻 EPROM）机种，其总体结构是相同的。按其内部是否带 A/D 转换器，每类机种又可分两种机型，其中 BH 型芯片可由用户设定，使外部数据总线为 16 位长或 8 位长。内部带 A/D 转换器的 BH 型芯片还具有采样保持电路。

各种不同系列的单片机由于其内部功能单元组成及指令系统不尽相同，表现出各种不同的特点，从用户使用角度来看应当有所选择。在各系列的单片机中，片内 ROM 的配置状态通常有 4 种形式。

（1）片内驻留掩膜 ROM。这种单片机（如 MCS-51 中的 8051）是由厂家用掩膜技术把应用程序写入片内 ROM 中。用户无法自行改写片内的程序，推广应用受限制。

（2）片内驻留 EPROM。这种单片机（如 MCS-51 中的 8751）可由用户把应用程序写入片内 ROM 中，用紫外线擦除后又能重新写入程序。

（3）片内无 ROM。这种单片机（如 MCS-51 中的 8031）必须外接 EPROM 芯片作为程序存储器，其容量可视需要来灵活配置，这是目前学校教学中使用最广泛的一种单片机，不仅其价格低廉，而且可供用户灵活使用。



(4) 片内带闪速可编程电可擦除只读存储器(如 AT89C51), 这是目前应用产品开发中使用最多的一种单片机系列。

### 1.1.4 单片机的学习方法

单片机应用与开发作为一个系统性很强的技术, 涉及到的知识点较多, 只有全面掌握相关内容, 多练习、多理解、多记忆才能灵活使用, 单片机作为一种现代电子技术, 必须掌握合理的、相应的学习方法。

(1) 要学习别人成熟的设计思想。首先, 掌握基本原理、规律、各知识点的应用方法和内在联系, 教学上采用“授人以渔”的方法, 学习上最终要求灵活运用知识, 举一反三。

(2) 单片机中很多内容可采用: 记忆-理解-练习使用-再理解记忆-最后熟练使用。如专用寄存器和指令系统, 第一次接触时我们只能被动地记忆、理解, 当我们在编程练习、系统设计中多次使用后, 我们才能较好地理解和掌握它们, 最后就能较好地使用它们。

(3) 当前单片机产品系列和型号很多, 是否需要全面学习? 由于单片机技术都是建立在计算机技术之上, 系统结构和技术大同小异, 但又不能通用, 本书建议读者选取资料多, 应用较广的一种系列芯片进行研究, 掌握相应的技术后再学习别的单片机则事半功倍。

## 1.2 MCS-51 系列单片机的结构和引脚

MCS-51 系列单片机是在一块芯片上集成了 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和多功能 I/O 口等基本功能部件的一台计算机。单片机必须配备部分外围元件才能工作, 其系统核心是单片机芯片。今后的课程将围绕 8051 芯片讲解单片机原理和应用。

### 1.2.1 MCS-51 引脚及功能说明

8051 单片机的外形采用 40 条引脚双列直插封装 (DIP) 或 LCC/QFP 封装。DIP 封装的引脚和逻辑符号如图 1.1 所示。

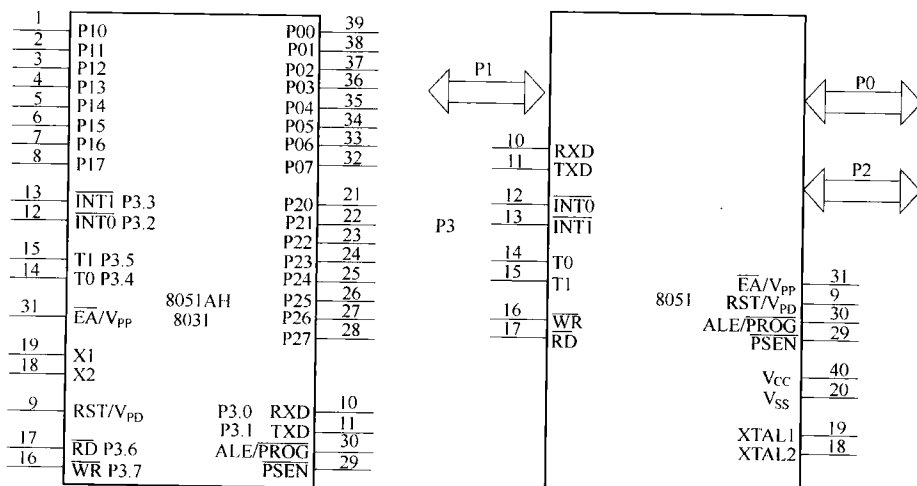


图 1.1 单片机的引脚和逻辑符号



MCS-51 因为受到集成电路芯片引脚数目的限制, 所以有许多引脚具有双功能。现对各引脚功能简要说明如下。

(1) 主电源引脚  $V_{CC}$  和  $V_{SS}$

$V_{CC}$  电源输入端。工作电源和编程校验 (8051/8751) 为 +5V。

$V_{SS}$  (GND) 接共用地端。每个电路芯片都少不了直流电源。

(2) 时钟振荡电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1 和 XTAL2 分别用做晶体振荡电路的反相器输入和输出端。在使用内部振荡电路时, 这两个端子用来外接石英晶体, 振荡频率为晶体振荡频率, 振荡信号送至内部时钟电路产生时钟脉冲信号。这个部分给单片机提供工作节拍, 是单片机的主频。

(3) 控制信号引脚  $RST/V_{PD}$ 、 $ALE/\overline{PORG}$ 、 $\overline{PSEN}$  和  $\overline{EA}/V_{PP}$

由于单片机很多引脚使用方法相同, 常把其引脚分为控制总线、地址总线、数据总线。总线指一类在使用方法上功能相同的引脚。这里讲到的 4 条引脚可看成是控制总线 ( $ALE/RST/\overline{EA}/\overline{PSEN}$ )。

$RST/V_{PD}$ —— $RST$  为复位信号输入端。当  $RST$  端保持两个机器周期 (24 个时钟周期) 以上的高电平时, 使单片机完成复位操作。 $V_{PD}$  为内部 RAM 的备用电源输入端。当主电源  $V_{CC}$  一旦发生断电或电压降到一定值时, 可通过  $V_{PD}$  为单片机内部 RAM 提供电源, 以保护片内 RAM 中的信息不丢失, 使  $V_{CC}$  上电后能继续正常运行。

$ALE/\overline{PROG}$ —— $ALE$  为地址锁存允许信号, 在访问外部存储器时,  $ALE$  用来锁存  $P0$  送出的低 8 位地址信号。在不访问外部存储器时,  $ALE$  也以时钟振荡频率的 1/6 的固定速率输出, 因而它又可用做外部定时或其他需要, 每当访问外部数据存储器时, 将跳过一个  $ALE$  脉冲。 $ALE$  能驱动 8 个 LSTTL 门输入。 $\overline{PROG}$  是对 8751 内部 EPROM 编程时的编程脉冲输入端。

$\overline{PSEN}$ ——外部程序存储器的读选通信号。当访问外部 ROM 时,  $\overline{PSEN}$  产生负脉冲作为外部 ROM 的选通信号。在访问外部 RAM 或片内 ROM 时, 不会产生有效的  $\overline{PSEN}$  信号。 $\overline{PSEN}$  可驱动 8 个 LSTTL 门输入端。

$\overline{EA}/V_{PP}$ ——访问外部程序存储器控制信号。对 8051 和 8751, 它们的片内有 4KB 的程序存储器。当  $\overline{EA}$  为高电平时, CPU 访问程序存储器有两种情况: 一是访问的地址空间在 0~4K 范围内, CPU 访问片内程序存储器; 二是访问的地址超出 4K 时, CPU 将自动执行外部程序存储器的程序。对于 8031,  $\overline{EA}$  必须接地, 只能访问外部 ROM。 $V_{PP}$  为 8751 EPROM 的 21V 编程电源输入端。

(4) 4 个 8 位 I/O 端口—— $P0$ ,  $P1$ ,  $P2$  和  $P3$

$P0$  口 ( $P0.0 \sim P0.7$ )——第一功能是一个 8 位漏极开路型的双向 I/O 口。这时  $P0$  口可看成是用户数据总线。第二功能是在访问外部存储器时, 分时先提供低 8 位地址和后提供 8 位双向数据总线。这时先作为地址总线再作为数据总线, 在对 8751 片内 EPROM 进行编程和校验时,  $P0$  用于数据的输入和输出。引脚的分时复用是计算机芯片节省引脚的基本方法, 这样的情况后面还有很多。同样的引脚在不同的时间或不同的地方做不同的用途, 初学者应注意这种用法。

$P1$  口 ( $P1.0 \sim P1.7$ )——是一个内部带提升电阻的 8 位准双向 I/O 口。在对 8751 片内 EPROM 编程和校验时,  $P1$  口用于接收低 8 位地址。





P2 口 (P2.0~P2.7) —— 第一功能是一个内部带提升电阻的 8 位准双向 I/O 口。第二功能是在访问外部存储器时, 输出高 8 位地址。在对 8751 片内 EPROM 进行编程和校验时及扩展外部存储器时, P2 口用于接收和发出高 8 位地址。

P3 口 (P3.0~P3.7) —— 第一功能是一个内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。在系统中, 这 8 个引脚都有各自的第二功能, 见表 1.1。

表 1.1 P3 口各位的第二功能

P3 口引脚	第二功能
P3.0	RXD (串行输入口)
P3.1	TXD (串行输出口)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0 输入端)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入端)
P3.4	T0 (定时器 0 外部输入端)
P3.5	T1 (定时器 1 外部输入端)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写脉冲输出端)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读脉冲输出端)

各端口的带负载能力有差异, P0 口的每一位能驱动 8 个 TTL 门输入端; P1~P3 口的每一位只能驱动 4 个 TTL 门输入端。

## 1.2.2 MCS-51 单片机的结构方框图

### 1. MCS-51 的核心电路

MCS-51 系列单片机的典型芯片是 8051, 其结构方框图如图 1.2 所示, 它包含如下功能部件。

- (1) 一个 8 位 CPU;
- (2) 一个片内振荡器和时钟电路;
- (3) 4K 字节片内程序存储器 ROM;
- (4) 128 字节片内数据存储器 RAM;
- (5) 可寻址 64K 外部程序存储器;
- (6) 64K 外部数据存储器空间及控制电路;
- (7) 21 个特殊功能寄存器 (专用寄存器);
- (8) 32 条可编程的 I/O 线 (4 个 8 位并行 I/O 端口);
- (9) 两个 16 位定时器/计数器;
- (10) 一个可编程全双工串行口;
- (11) 具有 5 个中断源, 两个优先级嵌套中断结构。

各功能部件由内部总线联系在一起。