

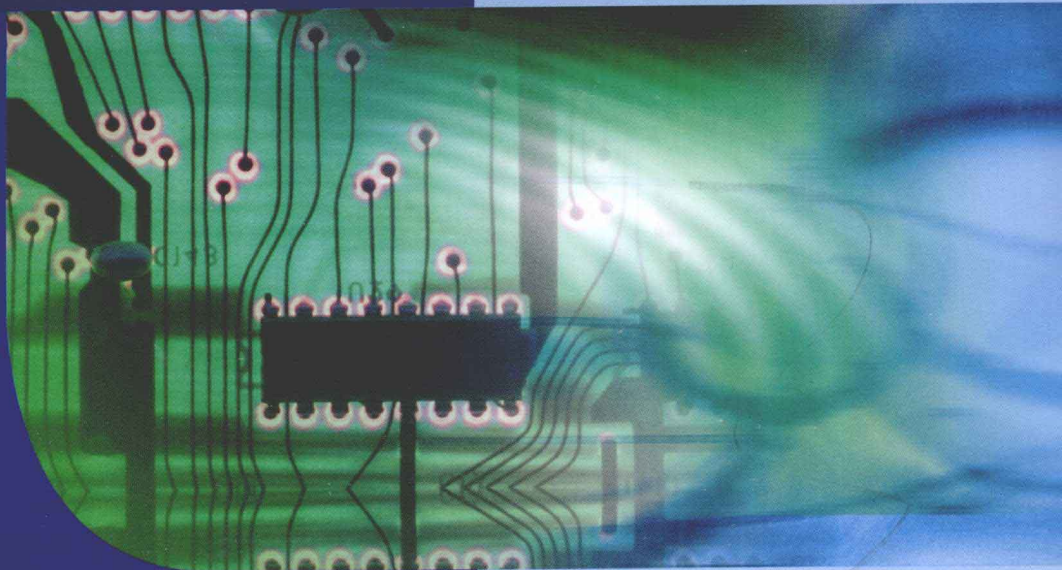


普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

单片机原理及接口技术

◎ 艾学忠 主编 ◎ 刘伟 陈北辰 副主编

DANPIANJI YUANLI JI
JIEKOU JISHU



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

单片机原理及接口技术

主 编	艾学忠		
副主编	刘 伟	陈北辰	
参 编	王 影	童少为	郑宝华

机 械 工 业 出 版 社

本书详细介绍了 MCS-51 单片机的基本结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时/计数器、串行通信等基本内容,并在接口技术部分引入了 MCS-51 单片机与外围器件的四种总线接口形式:1-wire Bus 接口、SMBus/I²C 总线接口、SPI 总线接口、并行总线接口。在介绍扩展接口部分时,将传统的可编程接口芯片 8255、8155、8279 等一带而过,更注重实用性,并增加了典型 I/O 扩展应用部分。在这部分中还详细介绍了各种工业仪表、PLC 等设备中单片机系统的 I/O 扩展电路的设计方法。

本书可作为电气信息类专业本科教材使用,也可供其他专业学生和有关技术人员参考,或作为自学用书。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及接口技术/艾学忠主编. —北京:机械工业出版社, 2012.8
普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-38274-4

I. ①单… II. ①艾… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 088710 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐 凡 责任编辑:徐 凡

版式设计:霍永明 责任校对:杜雨霏

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm • 20.5 印张 • 504 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-38274-4

定价:37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

20 世纪 80 年代,尤其是 90 年代以来,MCS-51 单片机及其衍生产品获得了非常广泛的应用。尤其在我国,由于多数大专院校都采用 MCS-51 单片机作为教学机型,因此大部分单片机系统工程师都熟悉 MCS-51 单片机。近年,随着一些高集成度、高性能的 8 位和 16 位 RISC 单片机的推出,为增加产品的竞争力,一些半导体公司对传统 8051 内核进行了大的改造,主要是提高速度和增加片内模拟和数字外设,大幅度提高了单片机的整体性能。新型 51 内核单片机的出现,使广大单片机系统设计人员看到了 MCS-51 单片机应用的新曙光。

单片机技术是一门发展和更新很快的电子技术,随着集成电路技术的发展,单片机技术在飞速发展,与单片机系统设计密切相关的电子产品也在不断更新,不断涌现出功耗低、速度快、可靠性高的单片机外围接口器件。因此,本书在编写时做了以下考虑:

1) 在“单片机概述”一章中引入单片机技术的最新发展趋势,介绍了单片机向片上系统、可编程系统级芯片发展的总体趋势,分析了 8 位单片机存在的必然性和 8 位单片机的高端发展,并通过 8 位单片机的市场适应性,引出 MCS-51 单片机学习的下文。

2) 书中章节结构按照先原理后应用的顺序安排。在原理部分保留了传统 MCS-51 单片机教材的框架和体系,在接口技术部分引入了 MCS-51 单片机与外围器件的四种总线接口形式:1-wire Bus 接口、SMBus/I²C 总线接口、SPI 总线接口和并行总线接口。

3) 在介绍 MCS-51 单片机扩展接口部分时,将传统的可编程接口芯片 8255、8155、8279 等一带而过,更注重实用性,并增加了典型 I/O 扩展应用部分。在这部分中,还详细介绍了各种工业仪表、PLC 等设备中单片机系统的 I/O 扩展电路的设计方法。

本书可作为电气信息类专业本科教材使用,也可供其他专业学生和有关技术人员参考,或作为自学用书。全书的参考学时为 48~64 学时,教师可根据实际情况对各章所授内容进行取舍。

本书由吉林化工学院艾学忠主编,其中第 1、8、10 章由艾学忠编写,第 2、3、4、5 章由陈北辰编写,第 6、7 章由王影编写,第 9、11、12、13 章由刘伟编写,童少为、郑宝华对书中图、表进行了整理。本书编者都是一线教师,多年从事单片机原理及接口技术理论教学和课程设计、专业设计、毕业设计及大学生电子设计竞赛的指导工作,教学经验丰富,实践能力强。

由于编者水平所限,书中错误和疏漏之处在所难免,殷切希望广大读者提出宝贵意见。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

编 者

目 录

前言

第1章 单片机概述	1
1.1 单片机的概念	1
1.2 单片机的应用情况	1
1.3 单片机发展	2
1.3.1 单片机发展过程中的四个阶段	2
1.3.2 单片机发展过程中形成的四个分支	3
1.4 单片机主要生产厂商及产品	4
1.5 MCS-51 系列单片机及兼容产品	6
习题	8
第2章 MCS-51 单片机的硬件结构	9
2.1 MCS-51 单片机的外部引脚及功能	9
2.1.1 封装方式及引脚排列	9
2.1.2 外部引脚功能	10
2.2 MCS-51 单片机的内部结构	12
2.2.1 运算器	12
2.2.2 控制器	14
2.2.3 存储器	15
2.2.4 I/O 接口	19
2.3 MCS-51 单片机的工作方式	21
2.3.1 复位及程序运行工作方式	22
2.3.2 低功耗工作方式	22
2.4 MCS-51 单片机的时钟电路与复位电路	23
2.4.1 时钟电路	23
2.4.2 复位电路	25
2.5 MCS-51 单片机的工作时序	26
2.5.1 CPU 取指、执行指令的时序	27
2.5.2 CPU 访问外部 ROM 的时序	28
2.5.3 CPU 访问外部 RAM 的时序	29
习题	31
第3章 MCS-51 单片机的指令系统	32
3.1 指令系统概述	32
3.1.1 指令	32
3.1.2 指令格式	32
3.1.3 指令中常用符号	33

3.2 指令系统的寻址方式与寻址空间	33
3.2.1 寻址方式	34
3.2.2 寻址空间	36
3.3 指令系统分类介绍	37
3.3.1 数据传送类指令	37
3.3.2 算术运算类指令	39
3.3.3 逻辑运算类指令	43
3.3.4 控制转移类指令	45
3.3.5 位(布尔)操作类指令	51
习题	53

第4章 MCS-51 单片机汇编语言

程序设计	55
4.1 汇编语言概述	55
4.1.1 汇编语言语句格式	55
4.1.2 汇编语言程序的设计步骤	56
4.1.3 汇编语言程序的基本结构	57
4.2 汇编语言源程序的汇编	62
4.2.1 手工汇编	63
4.2.2 机器汇编	63
4.2.3 常用伪指令	63
4.3 汇编语言实用程序设计	66
4.3.1 数学运算程序设计	66
4.3.2 排序和数据极值查找程序设计	71
4.3.3 查表程序设计	73
4.3.4 数据的拼拆和转换程序设计	75
习题	76

第5章 MCS-51 单片机的中断系统

5.1 中断系统概述	78
5.2 中断系统的结构	78
5.3 中断源	78
5.4 中断控制	79
5.4.1 中断允许控制寄存器 IE	79
5.4.2 中断优先级控制寄存器 IP	80
5.4.3 中断请求标志寄存器	82
5.5 中断响应过程	83
5.6 外部中断的响应时间	83
5.7 外部中断的触发方式选择	84

5.8 中断请求的撤销	85	7.5.2 RS-422/485 总线标准	129
5.9 中断服务程序的设计	85	习题	136
5.10 多个外部中断源系统设计	88	第8章 单片机与外围电路的接口	
5.11 中断编程实例	89	方式	137
习题	90	8.1 单总线 (1-wire Bus) 接口电路	137
第6章 MCS-51 单片机的定时/		8.1.1 单总线接口电路简介	137
计数器	91	8.1.2 硬件结构	137
6.1 定时/计数器概述	91	8.1.3 命令序列	138
6.1.1 定时/计数器的结构	91	8.1.4 信号方式	140
6.1.2 定时/计数器的工作模式	92	8.1.5 ROM 搜索过程	142
6.1.3 定时/计数器的控制	92	8.1.6 单总线器件接口实例——单片机	
6.2 定时/计数器的工作方式	94	与 DS18B20 温度传感器的	
6.2.1 工作方式 0	94	接口	143
6.2.2 工作方式 1	94	8.2 SMBus/I ² C 总线接口	
6.2.3 工作方式 2	95	电路	147
6.2.4 工作方式 3	95	8.2.1 I ² C 与 SMBus 总线简介	148
6.3 定时/计数器对输入信号的要求	97	8.2.2 SMBus/I ² C 器件连接	148
6.4 定时/计数器的应用	97	8.2.3 SMBus/I ² C 协议	149
6.4.1 工作方式 1 的应用	97	8.2.4 SMBus/I ² C 总线器件接口实例 1	
6.4.2 工作方式 2 的应用	99	——CAT 24CXXX 与单片机	
6.4.3 工作方式 3 的应用	101	接口	151
6.4.4 定时/计数器的综合应用	102	8.2.5 SMBus/I ² C 总线器件接口实例 2	
习题	104	——单片机与 X9241 数字电位	
第7章 MCS-51 单片机的串行口	106	接口	153
7.1 串行通信的基本概念	106	8.2.6 SMBus/I ² C 总线器件接口实例 3	
7.1.1 串行通信中的数据传送方向	106	——单片机与 DS1302 串行实时	
7.1.2 串行通信的方式	107	时钟芯片接口	159
7.1.3 串行通信的控制信号	109	8.3 SPI 总线接口电路	163
7.2 串行口的结构与工作方式	109	8.3.1 SPI 总线简介	163
7.2.1 串行口的结构	109	8.3.2 SPI 总线时序	164
7.2.2 串行口的工作方式	111	8.3.3 SPI 总线数据传输过程	165
7.3 波特率及波特率的产生方法	116	8.3.4 SPI 总线器件接口实例——单	
7.3.1 波特率	116	片机与 TLC2543 12 位 A/D	
7.3.2 波特率的产生方法	116	芯片接口	165
7.4 串行口的编程和应用	118	习题	168
7.4.1 串行口工作方式 0 的应用	118	第9章 MCS-51 单片机外部并行总线	
7.4.2 串行口工作方式 1 的应用	120	与存储器扩展	170
7.4.3 串行口工作方式 2 的应用	123	9.1 外部并行总线与存储器扩展概述	170
7.4.4 串行口工作方式 3 的应用	124	9.2 MCS-51 单片机的外部总线	172
7.4.5 串行口多机通信的应用	125	9.2.1 外部总线结构	172
7.5 串行通信接口电路及串行通信协议	126	9.2.2 外部并行总线电路与地址锁	
7.5.1 RS-232C 总线标准	126	存器	173

9.2.3 读写外部 RAM 时序	175	主要性能	223
9.2.4 读写外部 ROM 时序	177	10.4.2 MCS-51 单片机与 WH-AA 热敏 微型打印机的并行接口	224
9.3 总线的连接与地址空间分配	178	10.4.3 MCS-51 单片机与 WH-AA 热敏 微型打印机的串行接口	225
9.3.1 总线的连接	178	10.5 MCS-51 单片机与键盘接口	228
9.3.2 线选法	179	10.5.1 键盘输入的特点	228
9.3.3 译码法	181	10.5.2 常用键盘接口的工作原理	228
9.4 静态数据存储器的扩展	185	10.5.3 键盘的工作方式	232
9.4.1 常用的 SRAM 芯片	186	10.6 MCS-51 单片机应用系统中典型的 开关量接口电路	234
9.4.2 典型的外扩数据存储器接口 电路	187	10.6.1 开关量输入接口	234
9.5 程序存储器的扩展	189	10.6.2 开关量输出接口	235
9.5.1 常用的 EPROM 芯片	190	习题	247
9.5.2 典型的 EPROM 接口电路	192	第 11 章 MCS-51 单片机与 ADC、 DAC 的接口设计	248
9.5.3 常用的 EEPROM 芯片	193	11.1 D/A 转换器概述	248
9.5.4 典型的 EEPROM 接口电路	195	11.1.1 D/A 转换器工作原理	248
9.6 EPROM 和 RAM 的综合扩展	196	11.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	250
9.6.1 综合扩展的硬件接口电路	196	11.2 MCS-51 与 DAC0832 (8 位并行 DAC) 接口技术	251
9.6.2 扩展存储器电路的软件设计	198	11.2.1 DAC0832 的基本特性	251
习题	200	11.2.2 DAC0832 的接口与应用	252
第 10 章 MCS-51 单片机常用接口 电路	201	11.3 MCS-51 与 TLC5618 (双通道 12 位串行 DAC) 接口设计	257
10.1 扩展 I/O 接口的设计	201	11.4 A/D 转换器概述	260
10.1.1 接口电路的作用	201	11.4.1 A/D 转换器的工作特性与 分类	260
10.1.2 I/O 端口的编址方法	201	11.4.2 A/D 转换器的技术指标与 选择	261
10.1.3 I/O 数据的传送方式	202	11.5 MCS-51 与 8 位逐次比较式 ADC 接口技术	263
10.1.4 扩展 I/O 接口电路的方法	202	11.5.1 与 ADC0809 的接口技术	263
10.1.5 用缓冲器和锁存器扩展 并行 I/O 口	202	11.5.2 与 ADC0804 的接口技术	266
10.1.6 用单片机的串口扩展并 行 I/O 口	204	11.6 MCS-51 与 AD574 (12 位逐次比较 式 ADC) 接口技术	268
10.2 MCS-51 单片机与 LED 显示器 的接口	206	11.7 MCS-51 与 ICL7135 (4 位半双积 分式 ADC) 接口技术	271
10.2.1 LED 显示器接口原理	206	11.7.1 双积分式 ADC 工作原理与 特点	271
10.2.2 LED 显示器工作原理	207	11.7.2 ICL7135 四位半的双积分式 ADC 的应用	273
10.3 MCS-51 单片机与液晶显示器的 接口	215	11.8 ADC 采集系统校准原理	277
10.3.1 LCD 显示器的分类	215		
10.3.2 点阵字符型液晶显示模块介绍	215		
10.3.3 单片机与 LCD 显示器的接口及 软件编程	221		
10.4 MCS-51 单片机与微型打印机的 接口	223		
10.4.1 WH-AA 热敏微型打印机的			

习题	278	12.6.4 指令冗余及软件陷阱	291
第 12 章 MCS-51 单片机应用系统的		12.7 “看门狗”技术和掉电保护	294
可靠性与抗干扰	279	习题	294
12.1 干扰的来源	279	第 13 章 常用 MCS-51 单片机开发	
12.2 供电系统干扰及抗干扰措施	280	工具的使用方法	295
12.2.1 电源噪声来源、种类及危害	280	13.1 μ Vision3 集成开发环境的使用方法	295
12.2.2 供电系统的抗干扰设计	280	13.1.1 创建项目	295
12.3 过程通道干扰的抑制措施——隔离	281	13.1.2 工具选项设置	300
12.3.1 光电隔离的基本配置	281	13.1.3 程序运行与调试	302
12.3.2 光电隔离的实现	282	13.2 Keil Monitor-51 的使用方法	308
12.4 空间干扰及抗干扰措施	283	13.3 SST 系列 51 单片机 ISP 与 IAP 的	
12.4.1 接地技术	283	使用方法	312
12.4.2 屏蔽技术	285	13.3.1 ISP 下载功能	312
12.5 反电动势干扰的抑制	286	13.3.2 采用 SST89E516RD IAP 功能	
12.6 软件抗干扰措施	287	实现在线仿真	315
12.6.1 软件抗干扰的一般方法	287	13.4 STC 系列 51 单片机 ISP 下载方法	315
12.6.2 软件滤波	287	习题	317
12.6.3 开关量输入/输出软件抗		参考文献	318
干扰设计	291		

第 1 章 单片机概述

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,以其极高的性能价格比,受到人们的重视和关注,应用越来越广,发展越来越快。单片机体积小,重量轻,抗干扰能力强,环境要求不高,价格低廉,可靠性高,灵活性好,便于设计者因系统而剪裁,开发较为容易。由于上述优点,单片机在我国已广泛地应用于工业自动化、自动控制、自动检测、智能仪表、家用电器、电力电子、机电一体化等各个方面。

1.1 单片机的概念

单片机在一块半导体晶片上集成了微处理器 (CPU)、存储器 (RAM, ROM, EPROM, EEPROM、FLASH) 和各种输入、输出接口 (定时/计数器、并行 I/O 口、串行口、A/D 转换器、D/A 转换器、PWM 脉宽调制器等)。由于这样的一块集成电路芯片即具有一台计算机的属性,因而被称为单片微型计算机,简称单片机。

因为单片机最早被用在工业控制领域时,处于测控系统的核心地位并嵌入其中,所以单片机也被称为微控制器 (Micro Controller Unit)。单片机是由芯片内仅有 CPU 的专用处理器发展而来的,其初期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,更容易集成进复杂的而且对体积有严格要求的控制设备当中。Intel 公司的 Z80 就是按照这种思想设计的处理器,从其以后,单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。

1.2 单片机的应用情况

单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统,因此它得到了最多的应用。事实上,单片机是世界上数量最多的计算机,现代人类生活中所用的几乎每件电子和机械产品中都会集成有单片机。例如,手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等电脑配件中都配有一两台单片机;个人电脑中也会有为数不少的单片机在工作;汽车上一般配备四十多台单片机;复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作。单片机的数量不仅远超过 PC 和其他计算机的总和,甚至比人类的数量还要多。

(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。单片机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、速率、厚度、角度、长度、硬度、压力等物理量的测量。采用单片机控制可使仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比采用电子或数字电路更加强大。

(2) 在工业控制中的应用 单片机是形式多样的控制系统、数据采集系统的核心部件。例如,工厂流水线的智能化管理系统、电梯的智能化控制和报警系统、过程控制系统中的 PLC 和各种输入/输出模块等,都有单片机应用。

(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、电视机,到电子称量设备等,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有通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为计算机网络与通信设备之间的通信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、无线电对讲等,应有尽有。

(5) 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 某些专用单片机被设计用于实现特定功能,从而可在各种电路中进行模块化应用,而不要求使用人员了解其内部结构。例如音乐集成单片机,它就是应用复杂的类似于计算机的原理,把看似简单的功能,微缩在纯电子芯片中。如音乐信号以数字的形式存于存储器中、由微控制器读出、转化为模拟音乐电信号(类似于声卡)等。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。

(7) 单片机在汽车设备领域中的应用 单片机在汽车电子设备中的应用非常广泛,如汽车中的发动机控制器、基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、空调系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、航空航天等领域都有着十分广泛的应用。

1.3 单片机发展

早期的单片机都是 8 位或 4 位的,其中最成功的是 Intel 公司推出的 8 位单片机 8031,并且因为其易于开发和高可靠性,获得了好评。此后,在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机系统,这一系统的单片机直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高,开始出现 16 位单片机,但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后,随着消费电子产品大发展,单片机技术得到了巨大的提高,随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用,32 位单片机迅速取代了 16 位单片机的高端地位,并且进入主流市场。与此同时,传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,处理能力比起 20 世纪 80 年代已提高了数百倍。目前,高端的 32 位单片机有很高的性价比,主频已经超过 300MHz,性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器,而普通型号的出厂价格跌落至 1 美元,最高端的型号也只有 10 美元。当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上,而在作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机上,甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

1.3.1 单片机发展过程中的四个阶段

将 8 位单片机的推出作为起点,单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

(1) 第一阶段(1976—1978) 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 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978—1982)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 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) 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 系列单片机的广泛应用,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,增强了外围电路的功能,强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段(1990~目前) 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地发展和应用,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。

1.3.2 单片机发展过程中形成的四个分支

随着集成电路技术的发展和单片机应用领域的拓宽,单片机在发展过程中形成了四个分支。

(1) 传统意义上的单片机(Micro Controller Unit, MCU) 传统意义上的单片机以 Intel 公司生产的 MCS-51 系列的单片机 8031、8051、8751 以及衍生产品为主,也包括其他单片机生产厂商的一些产品,如美国 NS 公司的 NS8070 系列,美国 RCA 公司的 CDP1800 系列,美国 TI 公司的 TMS700 系列,美国 Cypress 公司的 CYXX 系列,美国 Rockwell 公司的 6500 系列,美国 Motorola 公司的 6805 系列,美国 Fairchild 公司的 FS 系列及 3870 系列,美国 Zilog 公司的 Z8 系列及 SUPER8 系列,日本 National 公司的 MN6800 系列,日本 Hitachi 公司的 HD6301、HD65L05、HD6305 系列,日本 NEC 公司的 UCOM87、UPD7800 系列等。

由于 MCS-51 系列单片机的衍生产品相对 8031、8051、8751 而言功能得到了扩展,性价比提高很多,因此,这些产品在工业控制和仪器仪表设计方面得到了广泛应用。其中,美国 Atmel 公司生产的 AT89C5X 单片机,荷兰 Philips 公司生产的 P87LPCXXX 单片机,中国台湾华邦公司生产的 W78E5X、W77E5X 单片机,意法半导体公司生产的 SST89 系列单片机,中国宏晶科技生产的 STC 系列单片机是 MCS-51 系列单片机衍生产品中的代表。

(2) 片上系统级芯片(System on Chip, SoC) 所谓 SoC 技术,是一种高度集成化、固体化的系统集成技术。使用 SoC 技术设计系统的核心思想,就是除了那些无法集成的外部电路或机械部分以外,其他所有的系统电路全部集成在一起,使整个应用电子系统全部集成

在一个芯片中。用 SoC 设计单片机系统嵌入式结构, 为设计者提供了现有技术所无法比拟的优越条件。国际上一些集成电路生产厂商也推出了针对 SoC 设计的技术平台和产品, 通过在 FPGA 上集成 IP 硬核, 实现模块的 SoC 化, 如最新的 PCIe 以太网模块、高速串行收发器、DSP 模块以及嵌入式处理器等, 都在向 SoC 方向发展。

单片机是现代电子技术应用中的主流技术, 特别是在工业和民用的独立电子系统中, 单片机起着系统核心的作用。由于单片机系统特有的固件特性, 使单片机在 SoC 技术中占有重要的地位。换句话说, 传统的单片机也在向着 SoC 方向发展。

(3) 可编程系统级芯片 (Programmable System On Chip, PSoC) PSoC 是一种对于标准的“全数字式”微控制器设计、纯粹的模拟设计以及介乎此二者之间的所有设计而言具有同等的高实用性器件, 也是一种具有极其灵活且完全可编程的混合信号 SoC 的基本原理的全新一代器件。最早推出 PSoC 的是美国的 Cypress Semiconductors 公司。该公司 2005 年推出的 PSoC Express 是第一款使系统工程师无需掌握汇编语言或 C 语言编程技术即可开发微控制器设计的开发工具。由于 PSoC Express 在更高的抽象概念水平上运行, 且无需固件开发, 因此设计人员只需要数小时或数天时间即可完成对 PSoC 的新设计开发、仿真及编程, 而无需再耗时数周乃至数月。由于其内置便携性支持, 无缝多重处理器架构、设计可视化功能以及丰富的内容程序库, 因此采用 PSoC Express 工具能够更快地完成设计工作, 并实现更高的可靠性。

(4) 嵌入式微处理器 (Embedded MCU, EMCU) EMCU 是嵌入式系统的核心, 是控制、辅助系统运行的硬件单元。EMCU 包括的范围极其广阔, 从最初的 4 位处理器、目前仍在大规模应用的 8 位单片机, 到最新的受到广泛青睐的 32 位、64 位嵌入式 CPU。

EMCU 是由通用计算机中的 CPU 演变而来的。它的特征是具有 32 位以上的处理器, 具有较高的性能, 当然其价格也相应较高。但与计算机处理器不同的是, 在实际嵌入式应用中, 只保留与嵌入式应用紧密相关的功能硬件, 去除其他的冗余功能部分, 这样就以最低的功耗和资源实现嵌入式应用的特殊要求。和工业控制计算机相比, EMCU 具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点。目前主要的 EMCU 有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM/Strong ARM 系列等。其中, ARM/Strong ARM 是专为手持设备开发的 EMCU, 属于中档价位的产品。

1.4 单片机主要生产厂商及产品

自 20 世纪 80 年代以来, 单片机在微电子领域发展非常迅速, 投放市场的单片机产品有几十个系列、数百个品种。目前, 世界上比较著名的单片机生产厂商和主要机型如下:

(1) Intel 公司的 8051 单片机 最早由 Intel 公司推出的 8051/31 系列单片机, 也是世界上用量最大的单片机产品之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 186、386、奔腾等与 PC 类兼容的高档芯片的开发上, 8051 类单片机主要由 Atmel、Philips、三星、华邦等公司接产。这些公司都在保持与 8051 单片机兼容的基础上改善了 8051 许多特点 (如时序特性), 提高了速度, 降低了时钟频率, 放宽了电源电压的动态范围, 降低了产品的价格。

(2) Atmel 公司的单片机 Atmel 公司的 8 位单片机有 AT89XX 和 AT90XX 两个系列, AT89XX 系列是 8 位 FLASH 单片机, 与 8051 系列单片机相兼容, 静态时钟模式。

AT90XX 系列单片机是增强 RISC 结构, 全静态工作方式, 内载在线可编程 FLASH 的单片机, 也叫 AVR 单片机。

(3) Zilog 公司的单片机 Z8 单片机是 Zilog 公司的产品, 采用多累加器结构, 有较强的中断处理能力, 产品为 OTP 型, 开发工具价廉物美。Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用, 以 18 引脚封装为主, ROM 为 512B~2KB。最近 Zilog 公司又推出了 Z86 系列单片机, 该系列内部可集成廉价的 DSP 单元。

(4) NS 公司单片机 COP8 单片机是美国国家半导体公司 (NS) 的产品, 该公司以生产先进的模拟电路著称, 能生产高水平的数字模拟混合电路。COP8 单片机片内集成了 16 位 A/D, 这是单片机中不多见的。COP8 单片机内部使用了抗 EMI 电路, 在看门狗电路以及 STOP 方式下单片机的唤醒方式上都有独到之处。此外, COP8 的程序加密控制也做得特别好。

(5) TI 公司的单片机 德州仪器 TI 提供了 TMS370 和 MSP430 两大系列通用单片机。TMS370 系列单片机是 8 位 CMOS 单片机, 具有多种存储模式、多种外围接口模式, 适用于复杂的实时控制场合。MSP430 系列单片机是一种超低功耗、功能集成度较高的 16 位低功耗单片机, 特别适用于要求功耗低的场合。

(6) Microchip 公司的单片机 Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机。它的主要产品是 16C 系列 8 位单片机, 其突出的特点是体积小, 功耗低, CPU 采用 RISC 结构, 仅 33 条指令, 运行速度快, 抗干扰性好, 可靠性高, 有较强的模拟接口, 代码保密性好, 早期产品全部是 OTP 器件。目前, 大部分产品有其兼容的 FLASH 程序存储器的芯片。一般单片机价格都在 1 美元以下。

(7) Motorola 公司的单片机 Motorola 是世界上最大的单片机厂商, 品种全、选择余地大、新产品多是其特点。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 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 有十多个品种。32 位单片机的 683XX 系列有几十个品种。近年来, 以 PowerPC、Coldfire、M. CORE 等为 CPU, 以 DSP 为辅助模块集成的单片机也纷纷推出。Motorola 单片机特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多, 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 的 8 位单片机过去的策略是以掩膜为主, 最近推出 OTP 计划以适应单片机发展趋势, 在 32 位机上, M. CORE 在性能和功耗方面都胜过 ARM7。

(8) Scenix 公司的单片机 Scenix 公司推出的 8 位 RISC 结构 SX 系列单片机与 Intel 的 Pentium II 等一起被“Electronic Industry Yearbook 1998”评选为 1998 年世界十大处理器。在技术上, SX 系列单片机采用双时钟设置, 指令运行速度可达 50/75/100MIPS, 具有虚拟外设功能和柔性化 I/O 端口, 所有的 I/O 端口都可单独编程设定, 公司提供各种 I/O 的库函数, 用于实现各种 I/O 模块的功能, 如多路 UART、多路 A/D、PWM、SPI、DTMF、FS、LCD 驱动等, 采用 EEPROM/FLASH 程序存储器, 可以实现在线系统编程, 通过计算机 RS-232C 接口, 采用专用串行电缆即可对目标系统进行在线实时仿真。

(9) Philips 公司的单片机 Philips 公司的 P87LPCXXX、P8XC5XX 系列单片机是 8 位 FLASH 单片机, 与 8051 系列单片机相兼容, 其低功耗特性在同类产品中较为突出。

另外, Philips 公司还生产 32 位的 ARM 核的单片机, LPC2100 系列基于一个支持实时

仿真和跟踪的 16/32 位 ARM7TDMI-S CPU, 并带有 128/256KB 嵌入的高速 FLASH 存储器。128 位宽度的存储器接口和独特的加速结构使 32 位代码能够在最大时钟速率下运行。对代码规模有严格控制的应用可使用 16 位 Thumb 模式将代码规模降低超过 30%, 而性能的损失却很小。

(10) 华邦公司的单片机 华邦公司的 W77XX 和 W78XX 系列 8 位单片机的引脚和指令集与 8051 兼容, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期, 速度提高了 3 倍, 工作频率最高可达 40MHz, FLASH 容量从 4KB 到 64KB, 有 ISP 功能。同时, 增加了 Watch Dog Timer, 有 6 组外部中断源、2 组 UART 接口、2 组 Data pointer 及 Wait state control pin。

在 4 位单片机方面华邦公司有 W921 系列和带 LCD 驱动的 W741 系列。在 32 位机方面, 华邦公司使用了惠普公司 PA-RISC 单片机技术, 生产低端的 32 位 RISC 单片机。

(11) 富士通公司的单片机 富士通公司也有 8 位、16 位和 32 位单片机, 但 8 位机使用的是 16 位机的 CPU 内核。也就是说, 8 位机与 16 位机所用的指令相同, 使得开发比较容易。8 位单片机有著名的 MB8900 系列, 16 位机有 MB90 系列。富士通公司注重于服务大公司、大客户, 帮助大客户开发产品。

(12) NEC 公司的单片机 NEC 单片机自成体系, 以 8 位单片机 78K 系列产量最高, 也有 16 位、32 位单片机。16 位以上单片机采用内部倍频技术, 以降低外时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。NEC 的销售策略着重于服务大客户, 并投入相当大的技术力量帮助大客户开发产品。

(13) 东芝公司的单片机 东芝单片机的特点是从 4 位机到 64 位机, 门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大的市场。8 位机主要有 870 系列、90 系列等, 该类单片机允许使用慢模式, 采用 32kHz 时钟时功耗低至 $10\mu\text{A}$ 数量级, 而且 CPU 内部多组寄存器的使用, 使得中断响应与处理更加快捷。东芝公司的 32 位单片机采用 MIPS3000ARISC 的 CPU 结构, 面向 VCD、数字相机、图像处理等市场。

(14) Epson 公司的单片机 Epson 公司以擅长制造液晶显示器著称, 故 Epson 单片机主要为该公司生产的 LCD 配套。其单片机的 LCD 驱动部分做得特别好, 而且在低电压、低功耗方面也很有特点。目前 0.9V 供电的单片机已经上市, 不久的将来, LCD 显示的手表类单片机将使用 0.5V 供电。

(15) 三星公司的单片机 三星公司的单片机有 KS51 和 KS57 系列 4 位单片机、KS86 和 KS88 系列 8 位单片机、KS17 系列 16 位单片机和 KS32 系列 32 位单片机。三星单片机为 OTP 型 ISP 在片编程功能。三星公司以生产存储器芯片著称, 在存储器的市场供大于求的形势下, 涉足参与单片机的竞争。三星公司在单片机技术上引进消化发达国家的技术, 生产与之兼容的产品, 然后以价格优势取胜。例如, 在 4 位机上采用 NEC 公司的技术, 在 8 位机上引进 Zilog 公司 Z8 的技术, 在 32 位机上购买了 ARM7 内核, 还有 NEC 公司的技术、东芝公司的技术等。三星公司的单片机裸片的价格相当有竞争力。

1.5 MCS-51 系列单片机及兼容产品

在计算机领域, 系列机是指同一厂商生产的具有相同系统结构的机器。MCS 是 Intel 公司单片机的系列符号。Intel 推出有 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列

单片机包括三个基本型 80C31、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。

20 世纪 80 年代中期以后, Intel 把 8051 内核以专利的形式转让给了许多半导体厂商, 如 Amtel、Philips、Ananog Devices、Dallas、华邦等。这些厂商生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品, 准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。这些单片机与 8051 的系统结构相同, 采用 CMOS 工艺, 因而常用 80C51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机。它们对 8051 一般都作了一些扩充, 更有特点、功能更强、市场竞争力更强, 因而不应该把其称为 MCS-51 系列单片机。MCS 只是 Intel 公司专用的。

MCS-51 系列及 80C51 系列单片机有很多品种, 它们的指令系统相互兼容, 主要在内部结构上有所区别。目前使用的 MCS-51 系列单片机及其兼容产品通常分成以下几类:

(1) 基本型 典型产品为 8031/8051/8751。8031 内部包括 1 个 8 位 CPU、128 B 的 RAM, 21 个特殊功能寄存器 (SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口, 2 个 16 位定时器/计数器, 但片内无程序存储器, 需外扩 EPROM 芯片。

8051 是在 8031 的基础上, 片内又集成有 4KB 的 ROM, 作为程序存储器, 是一个程序不超过 4KB 的小系统。ROM 内的程序是公司制作芯片时, 代为用户烧制的, 出厂的 8051 都是含有特殊用途的单片机。所以 8051 应用在程序已定且批量大的单片机产中。

8751 是在 8031 基础上, 增加了 4KB 的 EPROM, 它构成了一个程序小于 4KB 的小系统。用户可以将程序固化在 EPROM 中, 可以反复修改程序。但其价格相对于 8031 较贵。8031 外扩 1 片 4KB 的 EPROM 就相当于 8751。

(2) 增强型 Intel 公司在 MCS-51 系列三种基本型产品基础上, 又推出增强型系列产品, 即 52 子系列, 典型产品有 8032/8052/8752。它们的内部 RAM 增到 256B, 8052、8752 的内部程序存储器扩展到 8KB, 16 位定时/计数器增至 3 个, 6 个中断源, 串行口通信速率提高 5 倍。

(3) 低功耗型 代表性产品为 80C31/87C51/80C51。它们均采用 CMOS 工艺, 功耗很低。例如, 8051 的功耗为 630mW, 而 80C51 的功耗只有 120mW, 它们用于低功耗的便携式产品或航天技术中。此类单片机有两种掉电工作方式: 一种掉电工作方式是 CPU 停止工作, 其他部分仍继续工作; 另一种掉电工作方式是除片内 RAM 继续保持数据外, 其他部分都停止工作。此类单片机的功耗低, 非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。

(4) 专用型 如 Intel 公司的 8044/8744, 它们在 8051 的基础上, 又增加一个串行接口部件, 主要用于利用串行口进行通信的总线分布式多机测控系统。

再如美国 Cypress 公司最近推出的 EZU SR-2100 单片机, 它是在 8051 单片机内核的基础上, 又增加了 USB 接口电路, 可专门用于 USB 串行接口通信。

(5) 超 8 位型 在 8052 的基础上, 采用 CHMOS 工艺, 并将 MCS-96 系列 (16 位单片机) 中的一些 I/O 部件, 如高速输入/输出 (HSI/HSO)、A/D 转换器、脉冲宽度调制 (PWM)、看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT) 等, 移植进来构成新一代 MCS-51 产品, 功能介于 MCS-51 和 MCS-96 之间。Philips 公司生产的 80C552/87C552/83C552 系列单片机即为此类产品。目前此类单片机在我国已得到了较为广泛的使用。

(6) 片内 FLASH 存储器型 随着半导体存储器制造技术和大规模集成电路制造技术的发展, 片内带有闪烁 (FLASH) 存储器的单片机在我国已得到广泛的应用。例如, 美国

Atmel 公司推出的 AT89C51 单片机。

在众多的 MCS-51 单片机及各种增强型、扩展型等衍生品种的兼容机中, Philips 公司生产的 80C552/87C552/83C552 系列单片机和美国 Atmel 公司的 AT89C51 单片机在我国使用较多。尤其是美国 Atmel 公司推出的 AT89C51 单片机。它是一个低功耗、高性能的含有 4KB FLASH 存储器的 8 位 CMOS 单片机, 时钟频率高达 20MHz, 与 MCS-51 的指令系统和引脚完全兼容。FLASH 存储器允许在线 (+5V) 电擦除、电写入或使用编程器对其重复编程。此外, 89C51 还支持由软件选择的两种掉电工作方式, 非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。由于片内带 EPROM 的 87C51 价格偏高, 而 89C51 芯片内的 4KB FLASH 存储器可在线编程或使用编程器重复编程, 且价格较低, 因此 89C51 受到了应用设计者的欢迎。

(7) 片上系统级芯片型 目前, 最具代表性的片上系统级芯片型是美国 Silicon Labs 公司生产的 C8051FXXX 系列单片机。C8051FXXX 系列单片机是完全集成的混合信号系统级芯片 (SoC), 具有与 80C51 兼容的高速 CIP-51 内核, 与 MCS-51 指令集完全兼容, 片内集成了数据采集和控制系统中常用的模拟、数字外设及其他功能部件, 内置 FLASH 程序存储器、内部 RAM, 大部分器件内部还有位于外部数据存储器空间的 RAM, 即 XRAM。C8051FXXX 系列单片机具有片内调试电路, 通过 4 脚的 JTAG 接口或 2 脚的 C2 接口可以进行非侵入式、全速的在系统调试。

尽管 MCS-51 系列以及 80C51 系列单片机有多种类型, 但是掌握好 MCS-51 的基本型 (8031、8051、8751 或 80C31、80C51、87C51) 是十分重要的, 因为它们是具有 MCS-51 内核的各种型号单片机的基础, 也是各种增强型、扩展型等衍生品种的核心。

本书常用 MCS-51 或 8031 这两个名称, MCS-51 是包括了 8031, 8051 和 8751 这三个基本产品的总称。后者, 仅指特定的 8031。

习 题

- 1-1 什么是单片机? 单片机与微处理器、CPU、微计算机之间有什么区别?
- 1-2 MCS-51 单片机有几种基本型号芯片? 它们之间有什么区别?
- 1-3 MCS-51 单片机与 80C51 系列单片机有什么关系?
- 1-4 请举例介绍几个单片机生产厂商。
- 1-5 简要说明单片机的发展趋势。

第2章 MCS-51 单片机的硬件结构

本章主要对 MCS-51 单片机的硬件结构和组成进行介绍。通过本章的学习，应熟悉并掌握单片机的硬件结构及工作原理。本章中的内容是学习单片机原理及单片机应用设计的基础。

2.1 MCS-51 单片机的外部引脚及功能

2.1.1 封装方式及引脚排列

MCS-51 单片机的引脚是相互兼容的，常见的封装方式有 40 脚双列直插封装方式 (DIP) 和 44 脚方形封装方式 (PLCC) 两种。

采用 HMOS 工艺制造的 MCS-51 单片机一般采取双列直插封装方式 (DIP)，如图 2-1a 所示；而采用 CHMOS 工艺制造的 80C51 和 80C52 除了采用常见的双列直插封装方式外，有时也采用方形封装方式 (PLCC)，如图 2-1b 所示。

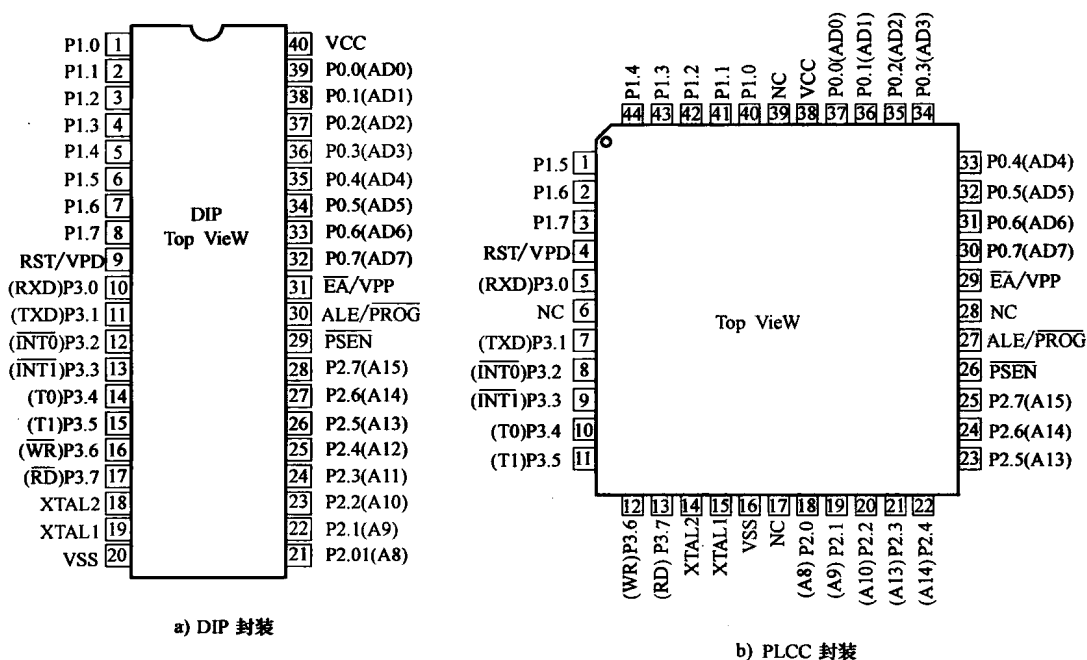


图 2-1 MCS-51 的封装方式及引脚排列

不同的芯片之间，其引脚功能也会略有区别。同时，由于引脚数目的限制，有一部分引脚还会具有第二功能。