

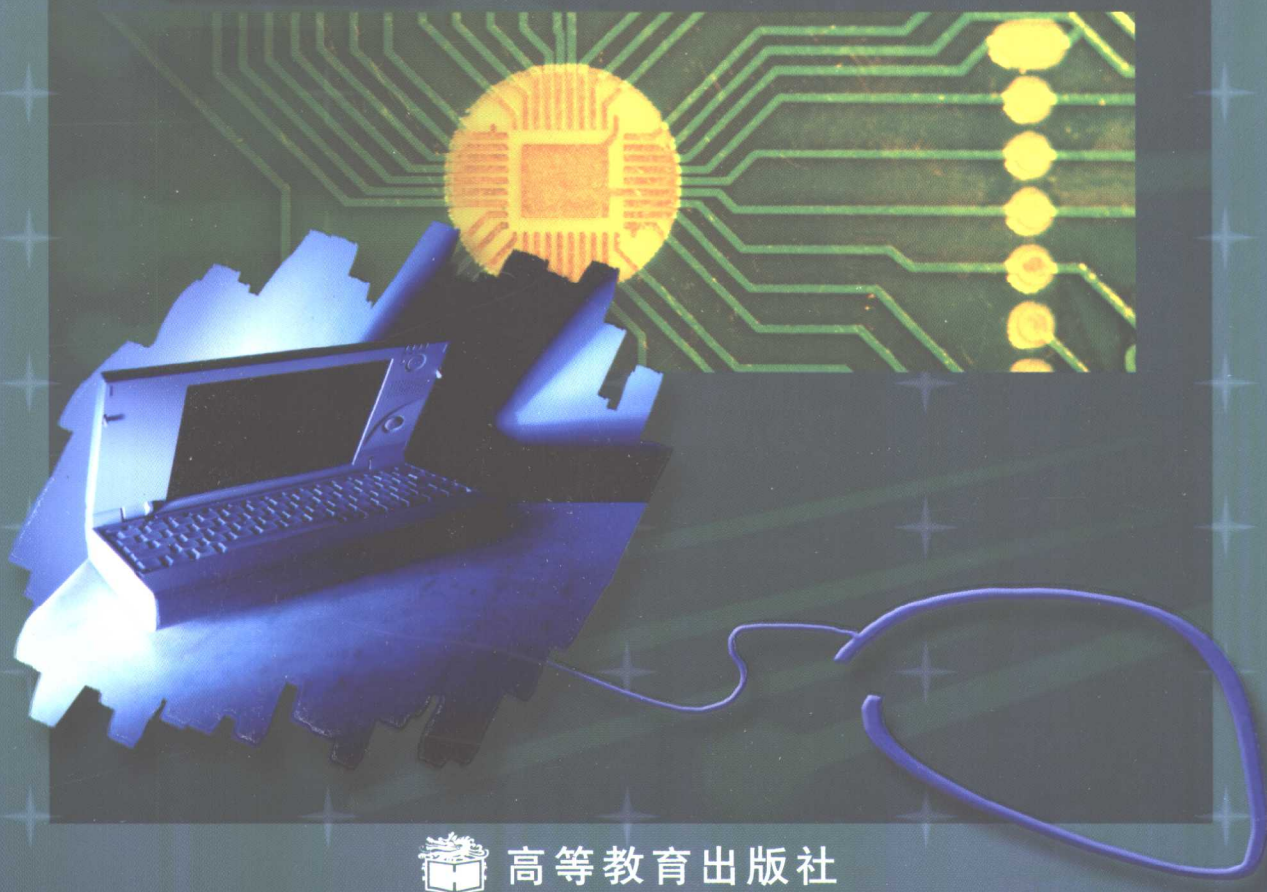
高等学校教材

MCS-51

系列单片机系统 及其应用

第二版

蔡美琴 张为民 何金儿 毛敏 陶正苏 毛义梅



高等教育出版社

内容提要

本书自第一版出版以来,已过去了十几年。此次修订是在第一版的基础上增加近年来 MCS-51 系列单片机新产品和新技术的介绍,如 C 语言在单片机中的应用、串行接口扩展、在线编程系统。主要内容包
括:MCS-51 单片机结构、指令系统、程序设计、系统扩展技术、单片机应用系统设计(包括传感器通道接口
扩展抗干扰的对策)、应用系统开发和调试方法(包括 AEDK 51/96 系统介绍)等。

本书是为高等院校计算机及相关专业本科生编写的教材,具有较强的系统性、先进性和实用性。内
容由浅入深,配有习题,便于自学。本书还可供从事微机应用,尤其是从事测试、控制和智能仪器仪表等
工作的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 系列单片机系统及其应用/蔡美琴等. —2 版.
—北京:高等教育出版社, 2004.6
ISBN 7-04-014614-2

I. M... II. 蔡... III. 单片微型计算机, MCS-51 -
高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051000 号

策划编辑 陈红英 责任编辑 陈红英 封面设计 李卫青 责任印制 孔 源

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 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787 * 1092 1/16
印 张 21
字 数 480 000

版 次 1992 年 8 月第 1 版
2004 年 6 月第 2 版
印 次 2004 年 6 月第 1 次印刷
定 价 25.00 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

再版前言

本书出版已十余年了,得到了广大读者的爱护。十余年来单片微型计算机发生了巨大的变化,归纳起来有:①单片机在片 ROM 应用技术得到发展。目前单片机已广泛使用在片存储器技术,最广泛应用的是 Otprom、Flasrom 及 Mskrom,提供了在线编程(ISP)和在应用可编程(IAP)技术,使系统开发技术更趋于方便、高效。②全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有工作电压范围宽、极佳的本质、低功耗及功耗管理特性,因此已成为目前单片机及外围器件流行的半导体工艺。③以串行方式为主的外围扩展技术得到发展。当前单片机外围器件普遍提供了扩展方便,灵活、电路系统简单的串行扩展方式。④8 位单片机的主流地位。这是由面向对象,大多数嵌入应用对象有限响应时间的要求所决定的。从八位机诞生至今,单片机应用领域中八位机仍处于主流地位。

根据上述技术趋势,在学好单片机基本原理和应用方法时,必须结合单片机当前实际应用中的这些技术特征,正确处理教学示范内容与实际产品系统设计的差异。为此我们结合长期的教学和实践经验,在原书的基础上增加了 MCS-51 单片机控制与 C 语言。全书加强了串行接口扩展技术的介绍,结合 C51 和 ISP 技术重写了应用系统的开发和调试的相关章节。意在让读者学到的知识更贴近实际产品的系统设计。

本书可作为高等院校计算机及相关专业学生的教科书,也可作为从事微机应用的广大科技人员的参考书。编者力图使本书有助于读者采用单片机为各自所从事的学科解决实际问题。因此,在编写本书时,力求深入浅出,通俗易懂,并注重理论联系实际,着重实际应用。书中提供了大量实用电路和程序,并列举了应用系统的设计和调试,供读者引用和参考。

全书共 8 章,第一章介绍了单片机的发展趋势。第二章至第四章分别介绍了 MCS-51 单片机的结构、指令系统及其程序设计。第五章介绍 MCS-51 单片机系统扩展技术及应用。第六章介绍单片机应用系统设计及其程序设计实例,并介绍新颖传感器通道接口和应用系统的抗干扰措施。第七章介绍 MCS-51 单片机控制与 C 语言,用 C51 完成 MCS-51 应用系统的软件设计。第八章介绍应用系统的开发和调试,详细叙述了单片机的各种开发手段。并对 ADEK51/96 开发系统进行了介绍。为了阅读方便,书中的汇编程序实例统一采用了下标,例如指令 `MOV R1, #51H`,其中 R1 采用了下标,实际编程时应采用平脚输入到计算机中。例:`MOV R1, #51H`。

本书由上海交通大学计算机系蔡美琴和华东师范大学张为民主编,何金儿、毛敏、陶正苏、毛义梅、沈新群、张荣娟参加了本书的编写工作。华东师范大学计算机系张汝杰教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,错漏和不妥之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2004.3 于上海

第一版前言

随着超大规模集成电路技术的发展,单片微型计算机也随之有了很大发展,各种新颖的单片机层出不穷,并已广泛地应用到人类生活的各个领域,成为当今科学技术现代化不可缺少的重要工具。人们迫切希望学习和应用单片机解决各自工作中碰到的技术问题。为此,我们总结了多年的教学 and 实践经验,编写了本书。

本书可作为高等院校计算机及相关专业学生的教科书,同时也可作为从事微型计算机应用的广大科技人员的参考书。编者力图使本书有助于读者采用单片机为各自所从事的学科解决实际问题。因此,在编写本书时,力求深入浅出、通俗易懂,并注重理论联系实际,着重实际应用。书中提供了大量实用电路和程序,并列举了应用系统的设计和调试,供读者引用和参考。

全书共7章。第一章介绍单片机的发展和趋势。第二章至第四章分别介绍 MCS-51 单片机结构、指令系统及其程序设计。第五章介绍 MCS-51 单片机系统扩展技术及应用。第六章介绍单片机应用系统设计方法及设计实例,并介绍新颖传感器通道接口和应用系统采用的抗干扰措施。第七章介绍应用系统的开发和调试,详细叙述了单片机的各种开发手段,并对 SICE 通过单片微机开发器的硬件、软件系统作了详细的剖析,最后列举说明在 SICE 开发系统上调试应用系统的方法。全书内容全面,说理透彻。

本书由上海交通大学计算机系蔡美琴主编,并编写了第一章。第二、三章由同济大学沈新群编写。第四章由上海师范大学张荣娟编写。第五、七章由华东师范大学张为民编写。

本书由兰州大学计算机系席先觉副教授审阅并提出了许多宝贵意见和建议。天津大学许镇宇教授、何丽副教授,北京工业大学李大有教授,南京化工学院陈季琪副教授对编写本书也提出很多建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,错漏和不妥之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

1990.10 于上海

目 录

第一章 绪论	(1)	2.6.2 工作方式	(35)
1.1 单片微型计算机	(1)	2.6.3 应用举例	(37)
1.1.1 单片机的发展概况	(1)	2.7 串行接口	(38)
1.1.2 单片机的发展趋势	(2)	2.7.1 串行接口控制寄存器 SCON 及波特率选择位	(38)
1.2 单片机的应用	(4)	2.7.2 串行接口工作方式	(39)
1.3 8 位单片机的主要生产厂商和机型	(5)	2.7.3 波特率	(43)
习题与思考题	(7)	习题与思考题	(44)
第二章 MCS-51 单片机结构	(8)	第三章 MCS-51 指令系统	(45)
2.1 MCS-51 单片机的外特性	(8)	3.1 概述	(45)
2.1.1 引脚说明	(8)	3.2 寻址方式	(47)
2.1.2 外部总线	(10)	3.3 指令系统	(49)
2.2 MCS-51 单片机内部结构	(10)	3.3.1 指令分类	(49)
2.2.1 MCS-51 组成	(10)	3.3.2 数据传送类指令	(50)
2.2.2 CPU	(12)	3.3.3 算术运算类指令	(55)
2.2.3 存储器	(14)	3.3.4 逻辑操作类指令	(60)
2.2.4 I/O 端口	(14)	3.3.5 位操作类指令	(65)
2.2.5 复位和复位电路	(17)	3.3.6 控制转移类指令	(67)
2.3 MCS-51 存储器	(18)	3.4 伪指令	(73)
2.3.1 程序存储器	(19)	习题与思考题	(75)
2.3.2 内部数据存储器	(19)	第四章 MCS-51 汇编语言程序设计	(78)
2.3.3 外部数据存储器	(21)	4.1 简单程序设计	(78)
2.4 专用功能寄存器	(21)	4.2 分支程序设计	(79)
2.5 中断系统	(25)	4.3 循环程序设计	(80)
2.5.1 中断请求源和中断请求标志	(26)	4.4 散转程序设计	(92)
2.5.2 中断控制	(27)	4.5 子程序和参数传递方法	(95)
2.5.3 中断优先级结构	(29)	4.6 查表程序设计	(98)
2.5.4 中断响应过程	(29)	4.7 数制转换	(101)
2.5.5 外部中断触发方式	(30)	习题与思考题	(105)
2.5.6 中断响应时间	(30)	第五章 MCS-51 系统扩展技术	(106)
2.5.7 MCS-51 的单步操作	(31)	5.1 程序存储器的扩展设计	(106)
2.5.8 多个外部中断源系统设计	(32)	5.1.1 访问外部程序存储器的时序	(106)
2.6 定时器/计数器	(33)	5.1.2 EPROM 接口设计	(107)
2.6.1 结构	(33)	5.1.3 E ² PROM 接口设计	(109)
		5.2 数据存储器的扩展设计	(113)

5.2.1 MCS-51 访问外部 RAM 的定时波形	(114)	6.3.2 计算机电源系统的抗干扰措施	(201)
5.2.2 数据存储器的扩展设计	(114)	6.3.3 地线系统	(205)
5.2.3 串行数据存储器的接口方法	(117)	6.3.4 A/D 和 D/A 转换器的抗干扰措施	(206)
5.3 MCS-51 单片机与可编程并行 I/O 芯片 8255 的接口	(131)	6.3.5 长线传输干扰的排除	(208)
5.4 显示器接口	(140)	6.3.6 几种元器件的抗干扰措施	(209)
5.4.1 发光二极管显示器(LED) 接口	(140)	6.4 8 位 A/D、D/A 转换系统的设计实例	(211)
5.4.2 七段码液晶显示器(LCD) 接口	(142)	习题与思考题	(233)
5.4.3 字符型液晶显示器接口	(145)	第七章 MCS-51 单片机控制与 C 语言	(234)
5.5 键盘接口	(154)	7.1 C 语言与 MCS-51	(234)
5.5.1 键盘工作原理	(155)	7.1.1 C 语言提要	(234)
5.5.2 键盘接口设计	(156)	7.1.2 C51 程序的开发过程	(240)
5.6 串行通信接口	(159)	7.2 用 C 语言写 51 单片机软件的一般方法	(241)
5.6.1 RS-232C 标准接口	(160)	7.2.1 C 语言控制 8051 单片机的 I/O 口	(241)
5.6.2 RS-422A 标准接口	(163)	7.2.2 C 语言对 MCS-51 单片机处理器的运用	(244)
5.6.3 RS-485 标准接口	(164)	7.2.3 C 语言管理 MCS-51 单片机内部定时器	(245)
5.6.4 PC 机与 MCS-51 单片机通信的软、硬件设计	(166)	7.2.4 C 语言管理 MCS-51 单片机中断系统	(246)
5.6.5 多机通信	(170)	7.3 常用 C51 软件设计	(250)
5.7 模拟电路接口技术	(172)	7.3.1 概述	(250)
5.7.1 D/A 转换器与 8051 的接口设计	(172)	7.3.2 用 8255 的键盘 LED 扫描显示软件设计	(250)
5.7.2 A/D 转换器与 8051 的接口设计	(177)	7.3.3 PC 机与 MCS-51 单片机串行通信的 C51 软件实现	(252)
5.7.3 采样、保持和滤波	(186)	7.4 用 C51 完成 MCS-51 应用系统的软件设计	(254)
习题与思考题	(188)	习题与思考题	(268)
第六章 单片机应用系统设计	(189)	第八章 应用系统的开发和调试	(269)
6.1 概述	(189)	8.1 单片机的开发装置	(269)
6.1.1 微型计算机应用系统设计	(189)	8.1.1 单片机的开发	(269)
6.1.2 微型计算机控制系统设计与调试的一般原则	(189)	8.1.2 LCA51 软件的介绍	(274)
6.2 传感器接口电路	(192)	8.2 MCS-51 应用系统的调试	(280)
6.2.1 概述	(192)	8.2.1 调试方法简介	(280)
6.2.2 传感器接口电路	(193)		
6.3 单片机应用系统的抗干扰技术	(200)		
6.3.1 干扰源及其传播途径	(200)		

8.2.2 软件调试方法	(285)	附录	(301)
8.3 在线编程(ISP)	(292)	附录 I MCS-51 指令表	(301)
8.3.1 ISP 工作原理	(293)	附录 II MCS-51 指令编码表	(307)
8.3.2 WINISP 的使用	(296)	附录 III 常用芯片引脚	(309)
8.3.3 超级终端的使用	(297)	附录 IV 常用 80C51 单片机系列产 品表	(313)
习题与思考题	(301)		

第一章 绪 论

1.1 单片微型计算机

微型计算机的出现是电子数字计算机广泛应用到人们日常工作和生活领域中去的一个重大转折点。它已深入应用到非微型计算机所无法应用的领域,对社会产生了极大的影响。单片微型计算机是微型计算机发展的一个重要分支,它以其独特的结构和性能,越来越普遍地应用到国民经济建设的各个领域。

单片机全称为单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)。因为单片机主要用于控制系统中,所以又称微控制器 (Microcontroller Unit, MCU) 或嵌入式控制器 (Embedded Controller)。它具有嵌入式应用系统所要求的体系结构、微处理器、指令系统、总线方式、管理模式等。它把计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上,通常片内都含有中央处理部件 (CPU)、数据存储器 (RAM)、程序存储器 (ROM、EPROM、Flash ROM)、定时器/计数器和各种输入/输出 (I/O) 接口,如 RS-232 串行通信口、中断控制、系统时钟及系统总线等。它们之间的相互连结结构如图 1-1 所示。

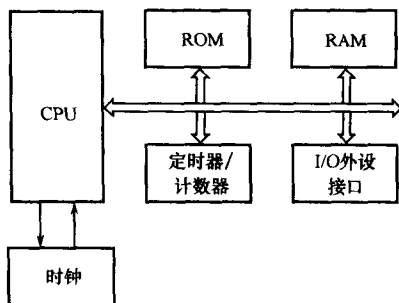


图 1-1 单片机结构

1.1.1 单片机的发展概况

单片机发展至今已 30 余年,若将 8 位单片机的诞生为起点,那么,单片机的发展大致可分为 3 个阶段。

第一阶段(1974 年~1978 年):单片机的初级阶段。以 Intel 公司生产的 MCS-48 单片机系列为代表,该系列单片机内集成了一个 8 位 CPU、一个 8 位平行 I/O 口和一个 8 位定时器/计数器,片内存储器 RAM、ROM 容量较小,它们的寻址范围均不大于 4 KB,无串行接口等。

第二阶段(1978 年~1982 年):单片机的高性能阶段。由于 8 位单片机的应用日益广泛,故各公司和生产厂家都不断改进产品的结构和性能,使单片机功能大大增强,此阶段推出的单片机都有串行接口、16 位定时器/计数器和多级中断控制系统,片内 RAM、ROM 容量也都有增加,且寻址范围均可达 64 KB。这类单片机以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为主流。

第三阶段(1982 年至今):8 位单片机的巩固发展和 16 位、32 位单片机的推出阶段。

这个阶段,一方面推出 16 位、32 位单片机和专用机,另一方面不断完善和提高 8 位单片机的性能。目前以 Intel 公司的 MCS-96/196 系列、TI 公司的 MSP430 系列、Motorola 的 68HC12 系列、日立公司的 H8/3048 系列等为主。16 位单片机主要用于工业控制、智能仪器仪表、便携式设备等场合。32 位单片机是今后单片机发展的趋势。随着计算机制造技术和大规模集成电路技术的发展,开发、生产低价的 32 位机将会和 8 位单片机并驾齐驱。32 位单片机领先的是 ARM 嵌入式微处理器系列,其中以 ARMT 处理器系列应用最广泛,主要用于掌上电脑、个人数字助理(PDA)、可视电话、移动电话、数码相机、TV 机顶盒、电视会议机等设备中。

8 位单片机是目前品种最丰富、应用最广泛的单片机。自 8 位单片机问世以来,由于制造工艺的提高和新技术的采用,使 8 位单片机的性能也以惊人的速度提高和完善,当今在单片机内集成的应用系统常用电路越来越多,还有的在单片机内集成了局部网络控制模块,其资源已能满足很多应用场合的需要,加之单片机具有体积小、功耗低、功能强、稳定、可靠、使用灵活、性能/价格比高、于推广应用等显著优点,所以 8 位单片机被广泛应用于自动控制装置、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信系统、计算器、家用电器等领域。

随着半导体工艺技术的发展,在单硅片上的集成度越来越高,使设计者把目标系统所需要的功能部件都集成在单硅片上成为可能,如在单片机中再集成 A/D、D/A、看门狗定时器(Watchdog)、LCD 控制器、局部网络控制模块等。把一个微型的应用系统集成在一块芯片,称其为片上系统 SOC(System on Chip)。SOC 就是将中央处理器(CPU)、模拟 IP 核、数字 IP 核和存储器等都集成在一块片上。SOC 的出现使集成电路发展成为集成系统。片上系统(SOC)可以提供更好的性能、更低的功耗、更小的印制板空间以及更低的成本,因而日益受到人们的重视。

1.1.2 单片机的发展趋势

单片机技术正以惊人的速度向前发展,就已出现的单片机而言也正以其各自独特的优点或先进的技术在进行挑战,主要表现在以下几个方面。

1. CPU 的发展

增加 CPU 的字长或提高时钟频率均可提高 CPU 的数据处理能力和运算速度。CPU 的字长已有 8 位、16 位、32 位和 64 位。时钟频率也已发展到 20 MHz 以上。标准的 8051 单片机一个机器周期要占用 12 个时钟周期,执行一条指令最少要一个机器周期。而现在的单片机执行指令的速度大大地提高了。如 Cygnal 公司的 C8051FXXX 系列是全集成混合信号的片上系统单片机(SOC 单片机),采用了 CIP-51 微处理器内核,该微处理器的 70% 指令的执行是在 1 个或 2 个系统时钟周期内完成,只有 4 条指令的执行需 4 个以上时钟周期。Atmel 公司的 AT90 系列单片机是采用 RISC(Reduced Instruction Set CPU)结构的单片机,该系列单片机可在一个时钟周期执行一条指令,即在执行前一条指令时就取出下一条指令,然后以一个周期执行指令。

还有一些 8051 单片机兼容厂商为了在不提高时钟频率的条件下,加快单片机的运算速度,改善了单片机的内部时序。如 Motorola 单片机使用了锁相环技术或内部倍频技术,使内部总线速度大大高于时钟发生器的频率。68HC08 单片机使用 4.9 MHz 外部振荡器,而

内部时钟达 32 MHz。

2. 片内存储器的发展

早期单片机的片内存储器,一般 RAM 为 64 ~ 128 B,程序存储器 ROM 在 1 ~ 2 KB,新型的单片机片内的 RAM 在 256 B 以上,片内程序存储器也采用了快速闪存(Flash)技术,可在 5V 电压下进行程序的烧录。容量可多达 128 KB 以上。由于采用了 Flash 技术,使得在线编程 ISP(In - System Programming)和在应用中编程技术(In Application Programming, IAP)得以实现。

3. 加强片内输入/输出接口功能

最初的单片机,片内只有并行输入/输出接口、定时器/计数器,它们的功能也较差,在实际应用中往往还要通过特殊的接口扩展功能,这样既增加了应用系统结构的复杂性,也降低了系统的稳定性。

近几年来,新型单片机内的接口,无论从类型上还是从数量上都有很大的发展。这不仅大大地提高了单片机的功能,且使系统的总体结构也大大地简化了。例如,有些单片机的并行 I/O 口能直接输出大电流和高电压,可直接用以驱动数码管 LED、液晶显示管 LCD 等。集成在片内的部件也越来越多。常见的有 A/D 转换器、D/A 转换器、串行通信接口、看门狗电路、网络控制模块、用于变频控制的脉宽调制控制电路等。

4. 半导体工艺技术的发展

早期的单片机采用 PMOS 工艺,随后逐渐采用 NMOS、HMOS 和 CMOS 工艺。现在的单片机基本上都采用 CMOS 工艺,半导体工艺技术的发展,对提高单片机的综合性能有很大好处,主要表现在以下几个方面。

(1) 提高集成度 早期单片机采用 5 μm 的工艺,后来采用 4 ~ 3 μm ,此时芯片上的电路复件性已可提高 2 ~ 4 倍。当前大部分采用 0.6 μm 以下的工艺,有的甚至采用 0.13 μm 的工艺,故使一块硅片上集成的部件就更多。

(2) 低功耗化 单片机的制作现已采用 CMOS 工艺。采用 CMOS 工艺制作的单片机本身具有低功耗的优点,为了进一步降低功耗,很多单片机都设置了等待(Wait)、停止(Stop)和睡眠(Sleep)等低功耗的工作方式。例如 TI 公司的 MSP430 系列单片机,它具有 LPM1、LPM3 和 LPM4 三种低功耗的工作方式。在工作电压为 3 V,工作方式为 LPM1 时,CPU 静止、振荡器处于 1 ~ 4 MHz、外围电路处于活动的情况下,只消耗约 50 μA 的电流。在工作方式为 LPM4 时,CPU、外围电路、振荡器都处于静止状态,只消耗约 0.1 μA 的电流。

(3) 工作电压范围加宽 对于采用 NMOS 工艺制作的单片机,工作电压一般为 4.5 ~ 5.5 V。采用 CMOS 工艺的单片机,一般都可以在 3 ~ 6 V 的条件下工作。目前有的单片机工作电压更低,如 TI 公司的 MSP430X11X 系列单片机工作电压是 2.2 V。

(4) 单片机的外型封装 早期单片机的外型封装都采用双列直插式(DIP)的封装。如今外型封装还有方型(PQFP、PLCC)的,有的还采用贴片工艺封装方式,以减小体积。外型封装如图 1-2 所示。

5. 低噪声与高可靠性技术

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容

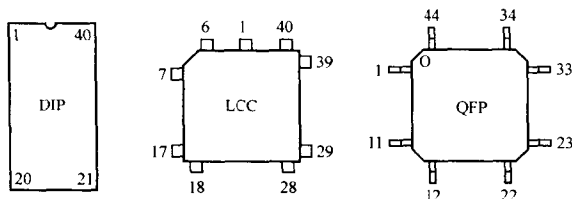


图 1-2 单片机的封装

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采取了一些新的技术措施。如有很多系列单片机在片内增加了看门狗定时器, Motorola 公司的 MC68HC08 系列单片机采用了 EFT(Electrical Fast Transient)的抗干扰技术。

6. ISP 及 IAP

在线编程技术(ISP)及在应用中编程技术(IAP)是通过计算机的并口或串口对单片机进行程序下载编程的。单片机引出的编程线与 I/O 线共用,不增加单片机的额外引脚。ISP 为开发、调试提供了方便,并使单片机系统远程调试、升级成为现实。IAP 可实现单片机在应用中的再编程,为仪器仪表的智能化提供了重要的技术手段。

1.2 单片机的应用

单片机是在一块芯片上集成了 CPU、存储器、输入/输出部件、时钟电路及各种应用系统所需的部件,如 A/D 转换器、D/A 转换器等。它具有体积小、使用灵活方便、成本低、易于产品化、抗干扰能力强、可在各种恶劣的环境下可靠地工作等特点。特别是它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,整个工业设备和工艺将进行一次以普及应用微机为特征的技术改造。

单片机主要可用于以下几方面。

1. 测控系统中的应用

控制系统特别是工业控制系统的工作环境恶劣,各种干扰也强,而且往往要求实时控制,故要求控制系统工作稳定、可靠、抗干扰能力强。单片机是最适宜于控制领域,如数控机床、电镀生产线自动控制等。

2. 智能仪表应用

用单片机制作的测量、控制仪表,能使仪表向数字化、智能化、多功能化、柔性化方向发展,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,同时其成本低也提高了性能/价格比,如数字式 RLC 测量仪、智能转速表、计时器等。

3. 智能产品

单片机与传统的机械产品结合,使传统机械产品结构简化,控制智能化,构成新型的机、电、仪一体化产品。如数控车床、电脑空调机、各种家用电器和通信设备等。

4. 在计算机外设中应用

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,还有许多用于外部通信。如数据采集、多路分配管理、驱动控制接口等。在接口中采用单片机进行控制和管理后,主机和单片机就能并行工作,这不仅大大提高了系统的运算速度,而且单片机还可对接口信息进行预处理,以减少主机和接口的通信密度,提高了接口控制管理的水平,如绘图仪控制器、打印机控制器等。

1.3 8 位单片机的主要生产厂商和机型

目前世界上较为著名的部分 8 位单片机的生产厂商和部分主要机型如下:

Intel(美国英特尔)公司: MCS-51/96 及其增强型系列。

NS(美国国家半导体)公司: NS8070 系列。

RCA(美国无线电)公司: CDP1800 系列。

TI(美国得克萨斯仪器仪表)公司: TMS7000 系列。

Cypress(美国 Cypress 半导体)公司: CYXX 系列。

Rockwell(美国洛克威尔)公司: 6500 系列。

Motorola(美国摩托罗拉)公司: 6805 系列。

Fairchild(美国仙童)公司: FS 系列和 3870 系列。

Zilog(美国齐洛格)公司: Z8 系列及 SUPER8 系列。

Atmel(美国 Atmel)公司: AT89 系列。

National(日本松下)公司: MN6800 系列。

Hitachi(日本日立)公司: HD6301、HD65L05、HD6305 系列。

NEC(日本电气)公司: μ COM87、(μ PD7800)系列。

Philips(荷兰飞利浦)公司: P89C51XX 系列。

其中 Intel 公司的 MCS-51 系列及其增强型系列在 8 位单片机市场中占的份额最大,达 50% 左右,由于 MCS-51 系列单片机比 MCS-48 系列的性价比要高得多,所以自 1980 年 MCS-51 系列单片机推出至现在,其市场仍很坚挺,这已是我国在工业检测、控制领域中的优选机型和机型。

80C51 系列单片机是在 Intel 公司 MCS-51 基础上发展起来的,它以 MCS-51 系列中的 8051 为基础,发展了各种功能不同、结构不同、性能各异的各种单片机型号。许多半导体公司、电气厂商,如 Philips、Atmel、华邦、LG 都在发展 80C51 型号系列。不同厂家在发展 80C51 系列时,都保证所有型号产品具有良好的兼容性,包括指令兼容、总线兼容和引脚兼容。

80C51 系列单片机按总线型式分类,可分为总线型和非总线型两类。总线型是指具有并行总线接口(P_0 、 P_2)可以向外扩展总线,引脚与 8051 一致。非总线型是指芯片已具有大量存储器,不向外送出并行扩展总线,适用于不需要并行扩展和不需要大量 I/O 口的场合。表 1-1 给出了 Philips、Atmel 公司的一些非总线型单片机型号及主要性能。图 1-3 给出了

它们的 DIP 封装引脚图。

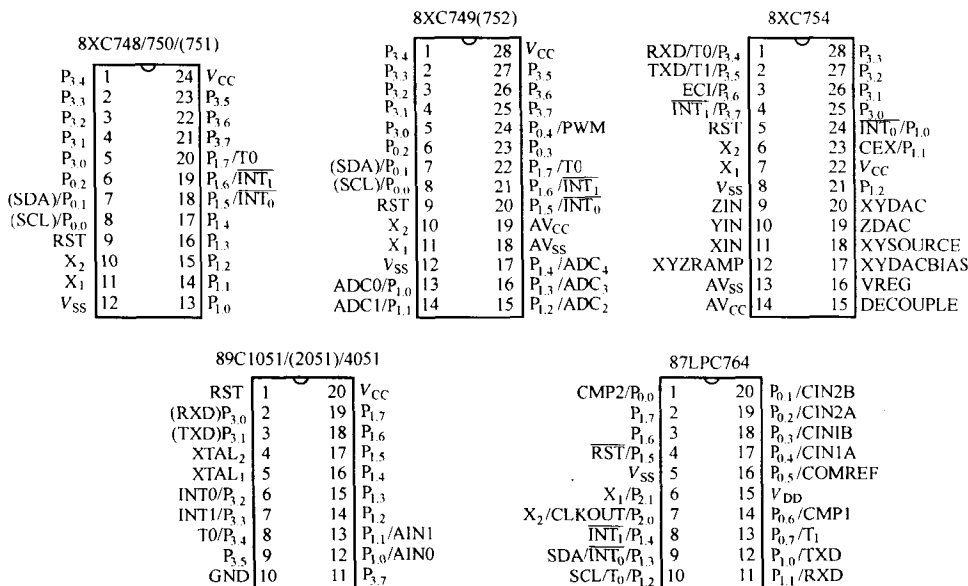


图 1-3 80C51 系列非总线型单片机引脚

表 1-1 80C51 系列非总线型单片机

芯片型号	ROM/KB		RAM /B	定时器/ 计数器	I/O	串行 接口	外部 中断	时钟频 率/ MHz	特 点
	Mask	OTP 或 Flash							
8XC748	2	2	64	1(16 位)/10 位	19	—	2	3.5 ~ 16	LED 驱动输出
8XC749	2	2	64	1(16 位) /1(10 位)	21	—	2	3.5 ~ 16	与通道 8 位 ADC,8 位 PWM
8XC750	1	1	64	1(16 位)	19	—	2	3.5 ~ 40	高速时钟,LED 驱动输出
8XC751	2	2	64	1(16 位)	19	I ² C 位	2	3.5 ~ 16	LED 驱动输出
8XC752	2	2	64	1(16 位)	21	I ² C 位	2	3.5 ~ 16	与通道 8 位 ADC,8 位 PWM
8XC754	4	4	256	2(16 位)	11	UART	2	3.5 ~ 16	PCA、8 位 DAC、PWM、参 考和复用输入端
87LPC764	—	4	128	2(16 位) /WDT	15	I ² C、 UART	2	0 ~ 20	可编程 I/O,2 个模拟比 较器,低电平复位,LED 驱动输出
89C1051	—	1	64	1(16 位)	15	—	2	0 ~ 24	LED 驱动输出模拟比较器
89C2051	—	2	128	2(16 位)	15	UART	2	0 ~ 24	LED 驱动输出模拟比较器
89C4051	—	4	128	2(16 位)	15	UART	2	0 ~ 24	LED 驱动输出模拟比较器

习题与思考题

- 1-1 什么是单片机？它与一般微型计算机在结构上有何区别？
- 1-2 单片机的发展大致可分几个阶段？各阶段的功能特点如何？
- 1-3 新型 8 位单片机主要在哪几方面发展了？使用新型 8 位单片机能给应用系统带来什么好处？

第二章 MCS - 51 单片机结构

2.1 MCS - 51 单片机的外特性

MCS - 51 系列单片机产品有 8051、8031、8075、80C51、80C31 等型号。它们的结构基本相同,其主要差别反映在存储器的配置上有所不同。8051 内部设有 4 KB 的掩模 ROM 程序存储器,8031 片内没有程序存储器,而 8751 是将 8051 片内的 ROM 换成 EPROM。本章将对 8051 单片机的结构进行介绍。

MCS - 51 系列单片机的外型封装有两种方式,双列直插式封装(PDIP)和方形封装(PLCC、MQFP)。8051、8031、8751 的 40 条引脚均采用双列直插式封装。80C51BH、80C31BH 也有采用方型封装的。方型封装有 44 条引脚,但其中 4 条引脚(标为 NC)是空脚。图 2 - 1 (a)为两种封装的引脚排列图。

2.1.1 引脚说明

40 条引脚功能说明如下:

(1) 主电源引脚 V_{SS} 和 V_{CC} 。

- V_{SS} 电源地。
- V_{CC} 正常工作电压 +5 V。

(2) 时钟电路引脚 XTAL₁、XTAL₂。

• XTAL₁ 片内振荡电路输入端,是外接晶体的一个引脚。当采用外部振荡器时,此引脚接地(见图 2 - 4(b))。

• XTAL₂ 片内振荡电路的输出端,是外接晶体的另一端。当采用外部振荡器时,此引脚接外部振荡源。

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

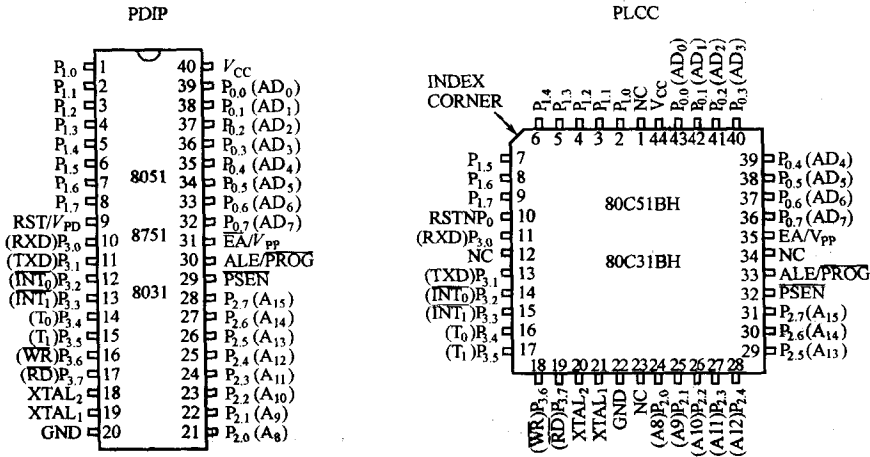
- RST/ V_{PD} 复位控制输入/断电时,提供备用电源输入。

当振荡器运行时,在此引脚上出现两个机器周期的高电平(由低到高跳变),使单片机复位。

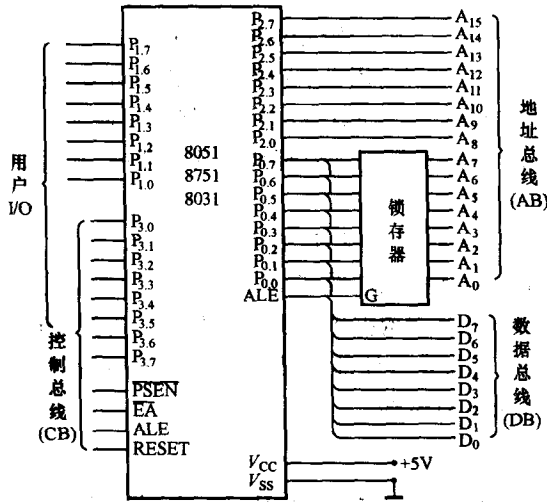
在 V_{CC} 掉电时,此引脚可接上备用电源,由 V_{PD} 向片内 RAM 提供备用电源,以保持片内 RAM 中的数据不丢失。

- $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ 允许地址锁存输出/编程脉冲输入。

正常工作时为 ALE(允许地址锁存)功能,提供把低字节地址锁存到外部锁存器的信号。ALE 引脚以不变的频率(振荡频率为 1/6)周期性地发出正脉冲信号。因此,它还可对



(a) 引脚排列



(b) 外部总线结构

图 2-1 MCS-51 单片机引脚及总线结构

外输出时钟信号,或用于定时目的。但要注意:每当访问外部数据存储器时,将跳过一个 ALE 脉冲。ALE 端可以驱动(吸收或输出电流)8 个 TTL 电路。

对于 EPROM 型单片机,在 EPROM 编程期间,此引脚接收编程脉冲(PROG 功能)。

- $\overline{\text{PSEN}}$ 片外程序存储器读选通信号输出。

从外部程序存储器中取指令(或数据)期间, $\overline{\text{PSEN}}$ 在每个机器周期内两次有效。 $\overline{\text{PSEN}}$ 同样可以驱动 8 个 TTL 电路。

- $\overline{\text{EA}}/V_{\text{pp}}$ 片内、片外程序存储器选择输出/编程电压输入。

当 $\overline{\text{EA}}$ 为高电平时,访问片内程序存储器(程序计数器 PC 值小于 4 KB);当 $\overline{\text{EA}}$ 为低电平时,则访问外部程序存储器。

对 EPROM 型单片机,在 EPROM 编程期间,此引脚上加 21 V EPROM 编程电源(V_{pp})。

(4) 输入/输出(I/O)端口引脚 $P_{0.0} \sim P_{0.7}$ 、 $P_{1.0} \sim P_{1.7}$ 、 $P_{2.0} \sim P_{2.7}$ 、 $P_{3.0} \sim P_{3.7}$ 。

4 个 8 位端口的特性:

- 不能都用作用户的 I/O 口,除 8051、8751 外真正可归用户使用的 I/O 口只有 P_1 口以及作为第一功能使用时的 P_3 口。

- I/O 的负载驱动能力: P_0 口的每条口线能以吸收电流方式驱动 8 个 TTL 电路。 P_1 、 P_2 、 P_3 口均只能驱动(吸收或输出电流方式)4 个 TTL 电路。

- P_3 口具有双重功能,其第二功能请参见表 2-1。

2.1.2 外部总线

由于单片机本身硬件资源有限,在比较复杂的应用场合,其内部资源(如存储器、I/O 口或中断源等)往往显得不足,甚至相差很远,这就需要进行外部扩展(尤其是低档的 8031,它片内没有程序存储器,且只有 P_1 口可供用户作 I/O 口,所以,一般情况下,也很难满足要求)。为满足系统扩展要求,MCS-51 单片机系统采用三总线结构,通过三总线和外部扩充部件相连。三总线分别为地址总线、数据总线和控制总线。

(1) 地址总线(AB) 宽度为 16 位,因此,对外接存储器可直接寻址范围是 64 KB。16 位地址的高 8 位由 P_2 口直接输出($A_{15} \sim A_8$), P_0 口输出低 8 位地址($A_7 \sim A_0$),在允许地址锁存信号 ALE 作用下,将该低 8 位地址锁存到外部地址锁存器中,从而让 P_0 口接收数据做准备。 P_0 是地址/数据共用的端口。

(2) 数据总线(DB) 宽度为 8 位,由 P_0 口提供($D_7 \sim D_0$)。

(3) 控制总线(CB) 由上述 4 条控制线和 P_3 口的第二功能状态组成。

MCS-51 单片机系统的三总线结构框图见图 2-1(b)。可见,MCS-51 单片机所产生的地址、数据和控制信号通过三总线与外部存储器和并行 I/O 接口芯片的连接简单方便。有关这部分的详细内容将在第五章叙述。

2.2 MCS-51 单片机内部结构

2.2.1 MCS-51 组成

MCS-51 单片机是在一块芯片中集成了 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和多种功能的 I/O 口等一台计算机所需要的基本功能部件。单片机内包含下列几个部件:

- (1) 一个 8 位 CPU。
- (2) 一个片内振荡器及时钟电路。
- (3) 4 KB ROM 程序存储器。
- (4) 128 B RAM 数据存储器。
- (5) 两个 16 位定时器/计数器。
- (6) 可寻址 64 KB 外部数据存储器 and 64 KB 外部程序存储器空间的控制电路。