



中等专业(职业)学校计算机应用与管理专业教材新系

财政部推荐

全国商业中专教育研究会

组织编写

全国商业中专计算机教学与应用研究会

浩强创作室 主审

单片机原理与应用

8090

董昌孝 主编

MCS-51



东北财经大学出版社

88

78
98

中等专业(职业)学校计算机应用与管理专业教材新系



全国商业中专教育研究会
全国商业中专计算机教学与应用研究会

组织编写

单片机原理与应用

董昌孝 主编



A0970115

东北财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用/董昌孝主编. —大连:东北财经大学出版社,2000.12

中等专业(职业)学校计算机应用与管理专业教材
新系

ISBN 7-81044-747-5

I.单… II.董… III.单片微型计算机-专业学校-教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 20138 号

东北财经大学出版社出版
(大连市黑石礁尖山街 217 号 邮政编码 116025)

总编室:(0411)4710523

发行部:(0411)4710525

网 址:<http://www.dufep.com.cn>

读者信箱:dufep@mail.dlptt.ln.cn

大连业发印刷有限公司印刷 东北财经大学出版社发行

开本:787毫米×1092毫米 1/16 字数:368千字 印张:15 1/2

印数:1—6 000册

2000年12月第1版

2000年12月第1次印刷

组稿:许景行

责任编辑:许景行
封面设计:张智波

王君仁

责任校对:佚 君
版式设计:丁文杰

定价:20.00元

前 言

为贯彻全国工作会议精神,具体落实教育部《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材建设规划”,适应培养新一代计算机应用人才的需要,全国商业中专教育研究组织编写了从形式到内容全新的“换代型”系列教材《单片机原理与应用》是“中等专业(职业)学校计算机应用与管理专业教材新系”的一种。

本书是计算机应用的专业基础理论,它集计算机硬件、接口及程序设计于一体,是计算机控制应用的重要组成部分。书末附有习题和上机实验及参考程序,可作为中等专业(职业)学校计算机类、电子类、机械类专业教材。

全书共分五章及两个附录:第 1,2 章介绍单片机结构及特点;第 3 章介绍单片机指令及程序设计;第 4,5 章介绍单片机接口技术及编程;附录 I、II 介绍单片机实验指导及参考程序。书中所列程序,均上机通过,并具有一定的实用价值,大大方便了教学和应用。本书安排讲课约 52 学时,上机 20 学时,最好配置单片机实验装置。

本书由西安市经济贸易学校高级讲师董昌孝主编。参加本书编写的人员有:董昌孝(第 4 章、附录 II),西安航空技术高等专科学校高级讲师罗庚合、王彩霞(第 1,2,3 章),四川省商业学校讲师郑代富(第 5 章),西北农林科技大学计算机系董小艳(附录 I、第 3 章至第 5 章的上机操作)。全书最后由董昌孝总纂定稿,由中国著名计算机基础教育群体——浩强创作室主审。本书在编写过程中参考了不少专著、教材和实验设备说明书,得到了专家学者、学校领导及编委会大力支持,在此一并感谢。

由于时间急促,编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,希望专家学者、使用本书的老师、同学和读者批评指正,帮助我们修改,使本书进一步完善。

编 者

2000 年 11 月

目 录

1章	绪 论	1
	1.1 单片机的结构特点	2
	1.2 单片机的主要品种及系列	3
	1.3 单片机的应用及供应状态	4
	小结	6
	习题	6
	自测题	6
2章	MCS-51 系列单片机的结构及原理	7
	2.1 MCS-51 单片机的结构,引脚及片外总线结构	8
	2.2 存储器结构和位处理器	13
	2.3 并行 I/O 接口	19
	2.4 时钟和 CPU 时序	23
	2.5 复位掉电处理及片内 EPROM 编程	26
	小结	30
	习题	30
	自测题	31
3章	MCS-51 系列单片机的指令系统和程序设计	32
	3.1 指令格式和寻址方式	33
	3.2 指令系统	39
	3.3 程序设计举例	59
	小结	72
	习题	72
	上机操作	74
	自测题	79
4章	中断系统、定时器/计数器和串行 I/O 接口	81
	4.1 中断系统	82
	4.2 定时器/计数器	91
	4.3 串行接口	104



4.4	AT89CXX51 系列单片机应用简介	117
■	小结	120
■	习题	120
■	上机操作	122
■	自测题	125
第 5 章	系统扩展及接口技术	126
5.1	存储器的扩展	127
5.2	并行 I/O 扩展	135
5.3	显示器和键盘接口	144
5.4	D/A 及 A/D 接口	158
5.5	V/F 转换器接口	165
■	小结	170
■	习题	170
■	上机操作	171
■	自测题	184
附录 I	上机操作(实验)部分通用电路简介	186
	附录 II 上机操作参考程序及代码	188
	自测题参考答案	231
	主要参考书目	236





绪论

学习目标

通过本章的学习,应该了解和掌握单片机的结构特点,发展状况;应用模式和应用领域;单片机的供应状况及其选择原则。

第

1

章

本章内容

- 1.1 单片机的结构特点
- 1.2 单片机的主要品种及系列
- 1.3 单片机的应用及供应状态
- 小结
- 习题
- 自测题

1.1 单片机的结构特点

1.1.1 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 ALU,控制器和寄存器;
2. 存储器,包括 ROM 和 RAM;
3. 输入输出(I/O)接口,与外部输入输出设备相连接;
4. 总线及其控制器。

随着超大规模集成电路技术的发展和计算机微型化的需要,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,该芯片就是一部微型计算机,这种集成电路芯片被称为单片机(SINGLE-CHIP MICROCOMPUTER)。

单片机除了具备一般微型机的功能外,为了增强控制能力,绝大部分单片机的芯片上还集成有定时器/计数器,某些单片机还带有 A/D 转换器等功能部件。一个典型的单片机的组成框图如图 1.1 所示。

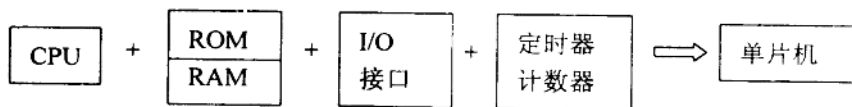


图 1.1 典型的单片机组成框图

1.1.2 单片机的主要特点

单片机是在大规模集成电路(LSI)或超大规模集成电路(VLSI)芯片上集成的一台具有一定规模的微型计算机,其设计主要是面向控制的需要,因此,它在硬件结构和设置上有其独特之处。下面以 MCS-51 系列为例介绍单片机的主要结构特点。

1. ROM、RAM 在空间分开

单片机在存储器结构上,严格地将程序存储(ROM)和数据存储(RAM)在空间上分开,并使用不同的寻址方式,使用两个不同的地址指针。ROM 用来存放调试好的程序指令、常数及数据表格,而 RAM 则用来存放少量的随机数据,这样的存储又称为哈佛结构。采用这样的存储结构,主要是考虑到单片机用于控制上的特点,即需要较大的程序存储空间和较小的随机数存储空间。由于集成度的限制,在单片机内的存储器容量不会很大,但允许用户在片外扩展存储器。所以,CPU 可以进行操作的存储器就分为内部程序存储器和外部程序存储器;内部数据程序存储器和外部数据存储器。

2. 引出线一脚多能

在单片机芯片上集成了较多的元器件之后,需要的芯片引脚就较多,但由于工艺和成品率的关系,芯片上的引脚又不能太多。为了解决实验允许的引出脚数和需要的引脚数之间的矛盾,单片机的引出线一般都设计成多功能的。每条引线在一定时刻起作用,由指令和机器状态来决定。例如,数据线和地址线的低 8 位可分时合用 I/O 口,而地址线的高 8 位与其他信号(I/O)可分时合用 I/O 口 2。因此,单片机对外不存在专用的数据总线和地

址总线,而是采用分时复用技术来解决片外数据和地址的传送问题。

3. 内部有一个全双工的串行 I/O 口

单片机的另一个特点是在内部有一个全双工的串行接口。在程序的控制下,串行口能工作于四种方式。用户可根据需要将它设定为移位寄存器方式,以扩充 I/O 接口和外界同步输入、输出设备;或用作异步通信接口,以实现双机或多机通信。

4. 特殊功能寄存器

在单片机中,有 21 个颇具特色的特殊功能寄存器 SFR。要理解 MCS-51 系列单片机的工作原理,就必须对特殊功能寄存器 SFR 的工作有清楚的理解。正是由于有了 SFR,才使一个只有 40 脚封装的单片机系统的功能获得很大的扩充,并使 I/O 口在程序的控制下具有第二功能。利用 SFR 还可以完成对定时/计数器、串行口和中断逻辑的控制。

5. 独立操作的位处理器

在单片机内部设置有一个能独立进行操作的位处理器,又称为布尔处理器。它有自己的累加器以及可按位寻址的 RAM,特殊功能寄存器和 I/O 口,并设有专门的 17 条按位操作的指令。

利用布尔处理器的位操作功能,可以十分方便地进行组合逻辑设计和用软件模拟组合逻辑的功能,这对工业控制十分有用。

以上列举了单片机结构特点的一些主要方面,读者从一开始就注意这些特点,对于掌握以后的学习内容是十分重要的。

1.2 单片机的主要品种及系列

单片机按应用类型可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。通用型单片机可把开发资源(如 ROM、I/O 口等)全部提供给用户,其适应性强,应用较广泛。专用单片机是针对各种特殊场合专门设计的芯片,即专门为过程控制,参数检测以及信号处理等方面的特殊需要而设计的单片机,是通用微控制系统的集成化产品。

从 CPU 基本操作处理的数据位数来分有 4 位单片机,8 位单片机,16 位单片机以及 32 位单片机。

▶ 1.2.1 4 位单片机

4 位单片机的主要生产国是日本,如 SHARP 公司的 SM 系列,东芝公司的 TLCS 系列,NEC 公司的 Mcom75XX 和 Mpd75XX 系列等。此外,美国 TI 公司的 TMS1000 和 NS 公司的 COP400T 系列也占一定的市场,国内已能生产 COP400 的 4 位单片机。

4 位单片机的特点是价格便宜,但功能并不弱,只是 CPU 为 4 位。其存储器的片内 ROM 为 2KB, RAM 为 128×4B 的,NEC 公司的 Mpd75XX 的片内 ROM 可达 8KB, RAM 为 512×4B,还带有 6 位 A/D 转换。

4 位单片机主要用于控制诸如洗衣机、微波炉等家用电器及高档电子玩具。

▶ 1.2.2 8 位单片机

8 位机已成为单片机的主要机型。在 8 位单片机中,一般把无串行 I/O 接口和只提供小范围的寻址空间(小于 8KB)的单片机称为低档的位机,如 INTEL 公司的 MCS-48 系列

和 FAIRCHILD 公司的 F8 就属此类;把带有串行 I/O 接口或 A/D 转换,以及可以进行 64KB 以上寻址的单片机,称为高档 8 位单片机,如 INTEL 公司的 MCS - 51 系列, MOTOROLA 公司的 MC6801, ZILOG 公司的 Z8, 以及美国 ATMEL 公司的 AT89C 系列等。近来在高档 8 位单片机的基础上又出现了超位单片机,如 INTEL 公司的 Upi - 452, 83C/52, Zilog 公司的 SUPER8, MOTOROLA 公司的 MC68HC11 等。它们不但进一步扩大片内 ROM 和 RAM 容量,而且还增加了高级通信, DMA 传送和高速 I/O 的功能。

由于 8 位单片机的功能强,价格低廉,品种齐全,因而被广泛应用于各个领域。特别是高档 8 位单片机,已成为目前单片机的主要机型。

▶1.2.3 16 位单片机

INTEL 公司于 1983 年就研制出 MCS - 96 系列 16 位单片机。它的问世,使单片机的发展又进入了一个新的阶段。它与位机比较,主要有两大特点: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 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 897X(内驻 EPROM)三大机种,其总体结构是相同的,外部总线有 16 位,内部带 A/D 转换的 BH 型芯片(如 8096BH)具有采样保持电路。

▶1.2.4 发展趋势展望

一是随着集成电路制造技术的不断提高,为了满足高精度/高速度的实时数据的采集和运算以及自动控制系统的需要,单片机向 16 位,32 位以上的多位机发展。

二是由于美国 ATMEL 公司成熟的 EEPROM 专利技术,又拥有 INTEL 公司 80C31 内核的使用权,该公司不断开发出 AT89C 系列的内带 2K 以上的可编程闪存存储器(Flash Memory)的真正的单片机,为单片机的开发应用提供了极大的方便。



由于单片机具有下述一些特点,因而使得单片机的应用模式多,应用范围广。这些特点是:

1. 小巧,低功耗,低成本,控制功能强,易于产品化,因而能方便地组装成各种智能式控制设备和仪器,做到机、电、仪一体化。
2. 面向控制,能有针对性地解决从简单到复杂的各类控制问题,因而获得最佳的性能价格比。
3. 抗干扰能力强,适应温度范围宽,在各种恶劣环境下都能可靠地工作。
4. 可以方便地实现多机和分布式控制,从而使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

▶1.3.1 单片机的应用

单片机的应用范围十分广泛,下面就列举一些典型的应用领域。

1. 工业控制



数控机床,温度控制,可编程顺序控制,电机控制,工业机器人,智能传感器,离散与连续过程控制。

2. 仪器仪表

智能仪器,医疗器械,液体和气体色谱仪,数字示波器。

3. 电讯技术

调制解调器,声象处理,数字滤波,智能线路运行控制。

4. 办公自动化和计算机外部设备

图形终端机,传真机,复印机,打印机,绘图仪,磁盘/磁带机,智能终端机。

5. 汽车与节能

点火控制,变速控制,防滑车控制,排气控制,最佳燃烧控制,计费器,交通控制。

6. 导航与控制

导弹控制,鱼雷制导,智能武器装置,航天导航系统。

7. 商品产品

自动售货机,电子收款机,电子秤,银行计统机。

8. 家用电器

微波炉,电视机,洗衣机,电冰箱,空调机,VCD机,音响设备。

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。

► 1.3.2 单片机的供应状态

用户在使用通用单片机时,必须了解单片机的供应状态,单片机的供应状态取决于片内 ROM 的配置状态。通常有四种情况:

1. 片内 ROM 配置状态

即单片机内带有的是掩膜 ROM。为了使用此类单片机,用户必须将调试好的应用程序交给单片机的生产厂家,由生产厂家采用掩膜技术将应用程序固化到 ROM 内。例如 MCS-51 中的 8051 就属于此类型的单片机。因此,在国内很难采用 8051 型产品。

2. 片内 EPROM 配置状态

用户可以利用开发或写入器将应用程序写入片内 EPROM 中。当用户开发的程序量不大(不需要在片外扩展 EPROM)时,使用这种单片机,可以简化整个系统的组成,如 MCS-51 中的 8751 就属于此类单片机。这种 ROM 的配置状态适合于开发样机,小批量生产和需要在现场进一步完善的场合。

3. 片内无 ROM 配置状态

使用这类单片机,必须在片外配置程序存储器 EPROM,其容量视需要而定,如 MCS-51 中的 8031 就属于此类型的单片机。这种 ROM 的配置状态价格低,使用灵活,适合于需要外接能在现场进行修改和更新程序存储器的应用场合,易于在我国推广应用。

4. 片内有 EEPROM 配置状态

内带 2K 字节 EEPROM,电擦写存储器,可重复擦 1000 次,数据保留 10 年,可任意编程和修改,有加密锁定,驱动能力强,电路简单,有各种不同系列品种,典型产品是美国 ATMEL 公司的 AT89C51,AT89C2051 等,目前已普遍推广应用。

小结

将微型计算机系统中央处理器(CPU)、存储器(M)、输入、输出接口电路、中断控制器、定时器/计数器及串行 I/O 接口等全部集成在一块半导体芯片上,该芯片就是一部计算机——单片机。单片机特点是集成度高、功耗小、重量轻、体积小,具有面向控制的指令系统——微控制器。目前单片机的供应品种齐全,可以根据不同需要选用不同种类的单片机,早期用一位机替代继电器控制在电器控制方面得到广泛应用,家电行业普遍采用 4 位机、8 位机;仪器、仪表通信等领域采用 8 位、16 位单片机。近年来 E²PROM 存储器技术与 8031 单片机技术结合,新一代 AT89CXX 系列单片机的问世,使单片机应用系统更加简便,成本更低、功能更强,传统的数字逻辑控制、继电器控制已逐步被单片机控制取代。

习题

1. 什么是单片机? 单片机通常都包括哪些部分?
2. 单片机的结构特点表现在哪些主要方面?
3. 简述单片机的应用?
4. 通用单片机的供应状态主要取决于什么? 供应状态有哪几种? 用户选用单片机的供应状态的原则是什么?

自测题

填空

1. + + = 单片机

2. 单片机的主要特点

(1) 在空间分开 (2) 一脚多能

(3) 有一个全双工的 (4) 有 21 个

(5) 具有独立着操作的 。

3. 单片机一般应用于 。

4. 单片机以片内 ROM 的配置可分为:

(1) 无片内 ROM 如

(2) 片内掩膜如

(3) 片内有 EPROM 如

(4) 片内有 2KE2PROM 如 。





MCS-51 系列单片机的 结构及原理

学习目标

通过本章的学习,应该了解和掌握:单片机的基本组成;单片机存储器的组织结构;I/O 口 P0、P1、P2、P3 的基本工作原理和操作特点;单片机的各种工作方式及其意义;单片机的基本时序。

第

2

章

本章内容

- 2.1 MCS-51 单片机的结构,引脚及片外总线结构
- 2.2 存储器结构和位处理器
- 2.3 并行 I/O 接口
- 2.4 时钟和 CPU 时序
- 2.5 复位掉电处理及片内 EPROM 编程
- 小结
- 习题
- 自测题

2.1 MCS-51单片机的结构,引脚及片外总线结构

2.1.1 MCS-51的结构框图

虽然 MCS-51 单片机的芯片有许多种,但它们的基本组成和基本性能是相同的。图 2.1 所示为 MCS-51 单片机的基本结构。该系列单片机包括 8051, 8031, 8751 和 AT89C51 等。其内部结构基本相同,只是内部程序存储器不同而已。

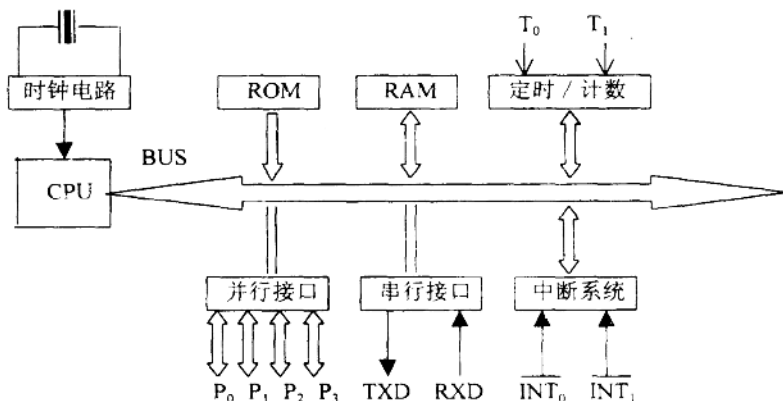


图 2.1 MCS-51 单片机的基本结构

1. 内部结构框图

图 2.2 是 MCS-51 中的 8051 这一典型芯片的内部结构框图。

与 8051 结构相兼容的产品还有 8751, 8031 和 AT89C51。8751 是用一个 EPROM 代替 ROM 的 8051, 8031 内部无 4K ROM, 而 AT89C51 是内部含有 2K 的 EEPROM, 后续除特别说明外, 用 8051 这个名称来代表 8051、8031、8751 和 AT89C51, 它们的基本特性如下:

- (1) 8 位 CPU;
- (2) 内时钟振荡器, 最高时钟频率为 12MHZ;
- (3) 4KB 程序存储器 ROM/EPROM 或 2KB EEPROM, 8031 片内无 ROM;
- (4) 片内有 128B 数据存储器 RAM;
- (5) 可寻址外部程序存储器和数据存储器空间各 64KB;
- (6) 21 个特殊功能寄存器 SFR;
- (7) 4 个 8 位并行 I/O 口, 共 32 根 I/O 线;
- (8) 1 个全双工串行口;
- (9) 2 个 16 位定时器/计数器;
- (10) 5 个中断源, 有 2 个优先级;
- (11) 具有位寻址功能, 适用于位(布尔)处理。

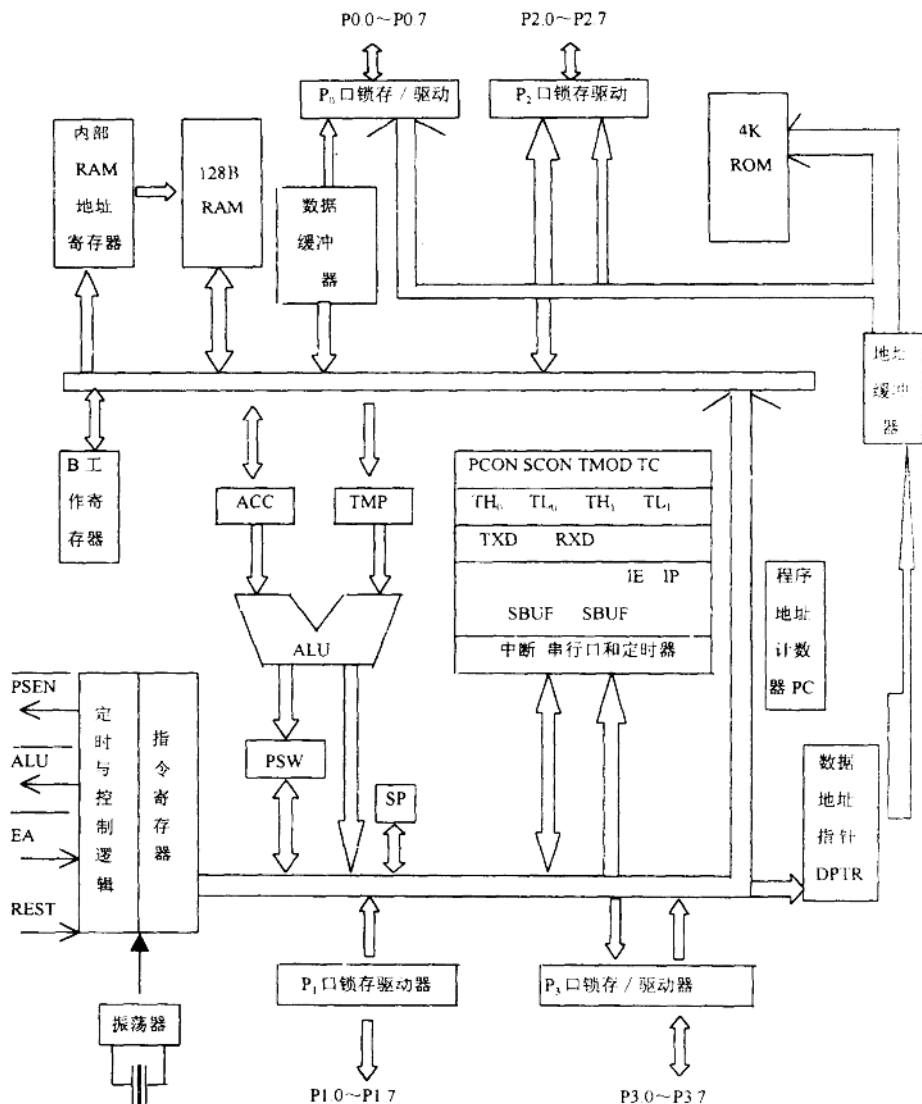


图 2.2 8051 结构框图

2.1.2 引脚定义及其功能

8051 单片机芯片采用 40 引脚双列直插封装(DIP)方式。引脚和逻辑符号如图 2.3 所示。

MCS-51 是高性能单片机,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。各引脚功能简要说明如下:

1. 主电源引脚 Vcc 和 Vss

Vcc 电源端。工作电源和编程校验(8051/8751)为 +5V。AT89C 系列电源为 2.7V~2.6V。

V_{SS} 接地端。

2. 时钟振荡电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1 和 XTAL2 分别用作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,这两个端只用来外接石英晶体,振荡频率为晶振频率,振荡信号送至内部时钟电路产生时钟脉冲信号;若采用外部振荡电路,则 XTAL2 用于输入外部振荡脉冲,该信号直接送至内部时钟电路,XTAL1 必须接地。

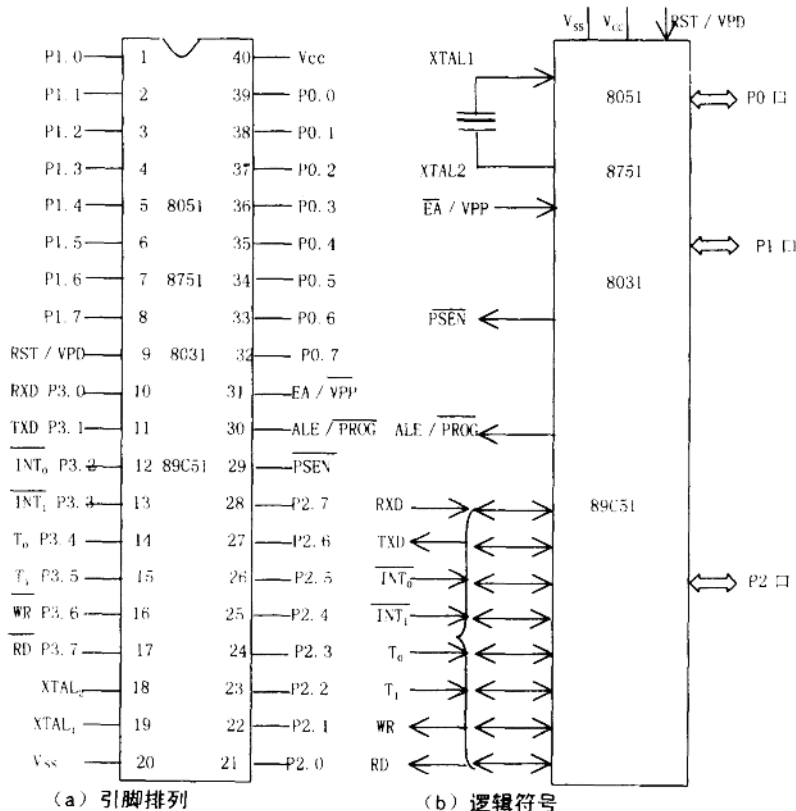


图 2.3 MCS-51 引脚图

3. 控制信号引脚 RST/V_{pd}, ALE/PROG, PSEN 和 EA/V_{pp}

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。第二功能 V_{pd} 为内部 RAM 的备用电源输入端。当主电流 V_{cc} 一旦发生断电(称掉电或失电)降到一定低电压值时,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,使上电后能继续正常工作。

ALE/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 扩展地址低 8 位的地址信号。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,因而它又可用作外部定时或其它需要。第二功能 **PROG** 是对 8751 内部 EPROM 编程时的编程脉冲输入。

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

$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{pp}}$ $\overline{\text{EA}}$ 为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 $\overline{\text{EA}}$ 为高电平时, CPU 访问程序存储有两种情况: 第一种情况是访问的地址空间在 0—4K 范围内, CPU 访问片内程序存储器; 第二种情况是访问的地址空间在 4K—64K 范围内, CPU 将自动执行片外程序存储器的程序, 即外部 ROM。对于 8031, $\overline{\text{EA}}$ 必须接地, 只能访问外部程序, 即外部 ROM。第二功能 V_{pp} 为对 8751 的 EPROM 的 21V 编程电源输入。

4. 4 个 8 位 I/O 端口 P0、P1、P2、和 P3

P0 口(P0.0—P0.7)是一个 8 位漏极开路型的双向 I/O 口。第二功能是在访问外部存储器时, 分时提供低 8 位地址线和 8 位双向数据总线。在对 8751 片内 EPROM 进行编程和校验时, P0 口用于数据的输入和输出。

P1 口(P1.0—P1.7)是一个内部带提升电阻的准双向 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)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时, 输出高 8 位地址。在对 8751 片内 EPROM 进行编程和校验时, P2 口用作接收高 8 位地址和控制信号。

P3 口(P3.0—P3.7)是一个内部带提升电阻的 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, 详见表 2.1。

表 2.1 P3 中各位的第二功能

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	$\overline{\text{INT}}_0$ (外部中断 0 输入)
P3.3	$\overline{\text{INT}}_1$ (外部中断 1 输入)
P3.4	T_0 (定时器 0 外部输入)
P3.5	T_1 (定时器 1 外部输入)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写脉冲输出)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读脉冲输出)

各端口的负载能力: P0 口的每一位能驱动 8 个 LSTTL 门输入端; P1—P3 口的每一位能驱动 3 个 LSTTL 门输入端。

2.1.3 片外三总线结构

通过以上分析, 应该注意到, 单片机的管脚除了电源, 复位, 时钟输入以及用户 I/O 口外, 其余的管脚都是为了实现系统扩展而设置的。这些管脚构成了三总线形式, 如图 2.4 所示。