



国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材

单片机技术

毛 松 刘吉祥◎主 编

董一冰 陈 敏◎副主编

电子技术应用
专业



中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS



国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材

电子技术应用专业

电学技术基础

AutoCAD 入门与提高

电子线路 CAD

电子产品设计与制作

● 单片机技术

物流

物流信息技术实训

仓储作业实训

配送作业实训

快递作业实训

物流地理

市场营销实务

计算机应用专业

计算机主板维修项目教程

计算机组装与维护项目教程

IT 服务外包与创业指导

Visual Foxpro 程序设计项目教程

高星级饭店运营与管理专业

餐饮服务与管理

客房服务与管理

饭店情景英语

封面
设计



宝雷元 Lee

010-84498866

bly6688@vip.sina.com

ISBN 978-7-5047-5317-5



9 787504 753175 >

定价: 34.00 元

国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材
(电子技术应用专业)

单片机技术

毛 松 刘吉祥 主 编
董一冰 陈 敏 副主编

中国财富出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机技术 / 毛松, 刘吉祥主编. —北京: 中国财富出版社, 2014. 8

(国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材. 电子技术应用专业)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 5317 - 5

I. ①单… II. ①毛… ②刘… III. ①单片微型计算机—中等专业学校—教材

IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 179870 号

策划编辑 王淑珍

责任印制 方朋远

责任编辑 王淑珍

责任校对 梁 凡

出版发行 中国财富出版社 (原中国物资出版社)

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼

邮政编码 100070

电 话 010 - 52227568 (发行部)

010 - 52227588 转 307 (总编室)

010 - 68589540 (读者服务部)

010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 5317 - 5/TP · 0081

开 本 787mm × 1092mm 1/16

版 次 2014 年 8 月第 1 版

印 张 16.5

印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷

字 数 342 千字

定 价 34.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换

前 言

随着电子技术的飞速发展，单片机已渗透到我们生活的各个领域，几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置，飞机上各种仪表的控制，计算机的网络通信与数据传输，工业自动化过程的实时控制和数据处理，广泛使用的各种智能 IC 卡，民用豪华轿车的安全保障系统，录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制，以及程控玩具、电子宠物，自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械，以及各种智能机械等，这些都离不开单片机。

本书按照单片机初学者的学习过程，由浅入深逐步讲解 51 单片机技术基础、扩展技术及系统设计。书中最后部分是以 51 单片机为核心，进行 10 个小制作，实属抛砖引玉，目的在于提高读者的学习兴趣和动手能力。

本书共分为七章。由毛松、刘吉祥任主编，董一冰、陈敏任副主编。其中，毛松负责编写第一、六、七章，刘吉祥负责编写第三、五章。董一冰负责编写第四章，陈敏负责编写第二章。全书由毛松负责策划构思、大纲的编写、审稿及统稿。

本书内容通俗易懂、实例丰富，有较强的实用价值和参考价值，可供单片机开发人员和系统设计人员参考使用，也适合各级院校电子、电气、计算机、控制及相关专业学生参考。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

第一章 单片机的结构与原理	1
第一节 典型单片机性能概览	1
第二节 51 单片机硬件结构及引脚	2
第三节 51 单片机的工作方式	11
第四节 51 单片机的时序	14
第二章 51 单片机指令系统与汇编语言程序设计	19
第一节 概述	19
第二节 51 单片机的寻址方式	23
第三节 51 单片机的指令系统	26
第四节 汇编语言及程序设计	38
第五节 程序设计举例	52
第六节 汇编语言的开发环境	58
第三章 51 单片机的内部资源及应用	61
第一节 51 单片机的并行 I/O 口	61
第二节 51 单片机的中断系统	66
第三节 51 单片机的定时器/计数器	76
第四节 51 单片机的串行通信	83
第四章 51 单片机系统的扩展技术	103
第一节 51 单片机系统扩展概述	103
第二节 存储器的扩展	105
第三节 并行 I/O 口的扩展	113
第四节 时钟芯片的扩展	125
第五节 系统监控芯片的扩展	133

第六节 总线接口扩展	138
第五章 51 单片机的输入/输出通道接口	151
第一节 输入/输出通道概述	151
第二节 D/A 转换器及接口技术	154
第三节 A/D 转换器及接口技术	159
第六章 51 单片机的交互通道配置与接口	175
第一节 51 单片机与键盘的接口技术	175
第二节 51 单片机与显示器的接口技术	186
第三节 51 单片机键盘和显示器接口设计实例	195
第四节 51 单片机与微型打印机的接口技术	200
第七章 51 单片机应用系统设计	206
第一节 概述	206
第二节 51 单片机应用系统设计	206
第三节 C51 编程简介	216
第四节 单片机应用系统举例	223
参考文献	258

第一章 单片机的结构与原理

【主要内容】

典型单片机（MCS-51、MSP430、EM78、PIC、Motorola、AVR）的性能，MCS-51 内部结构、特点、工作方式、时序和最小应用系统。为学生后续学习单片机应用系统设计、利用单片机解决工程实际问题打下坚实的基础。重点在于基本概念、组成原理、特点及 MCS-51 的最小应用系统，难点在于时序。

第一节 典型单片机性能概览

单片机在外观上与常见的集成电路一样，体积很小，多为黑色长条状，左右两侧各有一排金属引脚，可与外电路连接，如图 1-1 所示。

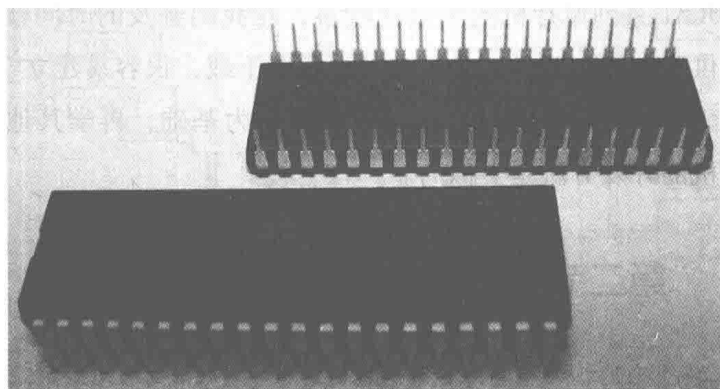


图 1-1 单片机的外观

单片机是单片微型计算机的简称，是典型的嵌入式微控制器（Microcontroller Unit），常用英文字母的缩写 MCU 表示单片机，单片机又称嵌入式微控制器，它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上。单片机由中央处理器（CPU）、存储器（ROM/RAM）、输入输出设备和系统总线 4 大基本部分构成，相当于一个微型的计算机（最小系统）。概括地讲：一块芯片就成了一台计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜，为学习、应用和开发提供了便利条件。同时，学习使用单片机是了解计算机原理与结构的最佳选择。

由于单片机在工业控制领域的广泛应用，单片机由仅有 CPU 的专用处理器芯片发展而来。最早的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，更容易集成进复杂而对体积要求严格的控制设备当中。

INTEL 的 8080 是最早按照这种思想设计出的处理器，当时的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 INTEL 的 8051，此后在 8051 的基础上发展出了 MCS51 系列单片机系统。因为简单可靠且性能不错获得了很大好评。直到现在，基于 8051 的单片机还在广泛的使用。在很多方面单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统，因此它得到了广泛的应用。事实上单片机是世界上数量最多的处理器。

典型单片机有 MCS-51、MSP430、EM78、PIC、Motorola、AVR 等。

(1) MCS-51 为主流产品；

(2) MSP430 为低功耗产品，功能较强；

(3) EM78 为低功耗产品，价格较低；

(4) PIC 为低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动、低价格产品；

(5) Motorola 是世界上最大的单片机生产厂家之一，品种全、选择余地大、新产品多。其特点是噪声低，抗干扰能力强，比较适合于工控领域及恶劣的环境；

(6) AVR 为高速、低功耗产品，支持 ISP、IAP，I/O 口驱动能力较强；

(7) 介绍 80C51 系列单片机的书籍比较多，在我国普及的时间较早，为初学者学习和查找资料提供了方便。开发工具可在网上免费下载，很容易建立学习、开发环境。

因此，入门学习时一般选择 80C51 系列单片机为基础，再学其他单片机时能触类旁通，因为单片机的开发方法是类似的。

第二节 51 单片机硬件结构及引脚

一、MCS-51 单片机的内部结构

MCS-51 单片机的组成：中央处理器 CPU（进行运算、控制）、RAM（数据存储器）、ROM（程序存储器）、输入/输出设备（I/O 口，串口、并口）、定时器/计数器（T0、T1）、内部总线和中断系统等。基本功能方块图如图 1-2 所示。

内部结构如图 1-3 所示。

1. 中央处理器（CPU）

组成：运算器、控制器。

(1) 运算器

组成：8 位算术逻辑运算单元 ALU（Arithmetic Logic Unit）、8 位累加器 A（Accu-

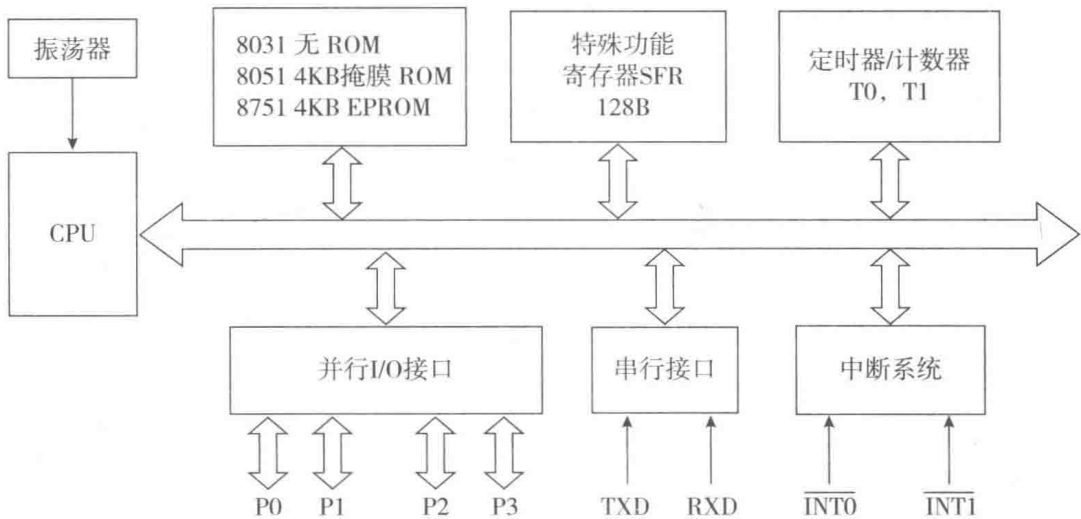


图 1-2 单片机基本功能方块图

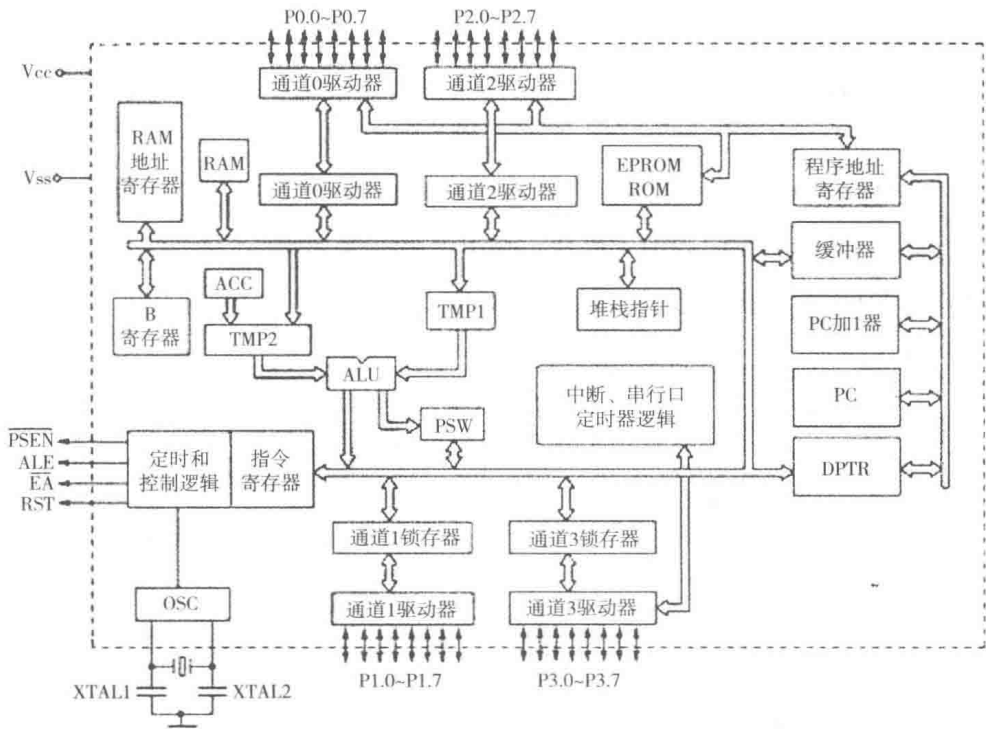


图 1-3 单片机内部结构

mulator)、8 位寄存器 B、程序状态字寄存器 PSW (Program Status Word)、8 位暂存寄存器 TMP1 和 TMP2 等。

功能：完成算术运算和逻辑运算。

(2) 控制器

组成：程序计数器 PC (Program Counter)、指令寄存器 IR (Instruction Register)、

指令译码器 ID（Instruction Decoder）、堆栈指针 SP、数据指针 DPTR、定时控制逻辑和振荡器 OSC 等电路。

功能：CPU 根据 PC 中的地址将欲执行指令的指令码从存储器中取出，存放在 IR 中，ID 对 IR 中的指令码进行译码，定时控制逻辑在 OSC 配合下对 ID 译码后的信号进行分时，以产生执行本条指令所需的全部信号。

2. 存储器

MCS - 51 的存储器可分为程序存储器和数据存储器，又有片内和片外之分。

(1) 程序存储器

一般将只读存储器（ROM）用做程序存储器。可寻址空间为 64KB，用于存放用户程序、数据和表格等信息。

MCS - 51 单片机按程序存储器可分为内部无 ROM 型（如 8031）和内部有 ROM 型（如 8051）两种，连接时引脚有区别。程序存储器结构如图 1 - 4 所示。

(2) 数据存储器

一般将随机存储器（RAM）用做数据存储器。可寻址空间为 64KB。MCS - 51 数据存储器可分为片内和片外两部分。

片外 RAM：最大范围：0000H ~ FFFFH，64KB；用指令 MOVX 访问。

片内 RAM：最大范围：00H ~ FFH，256B；用指令 MOV 访问。又分为两部分：低 128B（00 ~ 7FH）为真正的 RAM 区，高 128B（80 ~ FFH）为特殊功能寄存器（SFR）区。如图 1 - 5 所示。

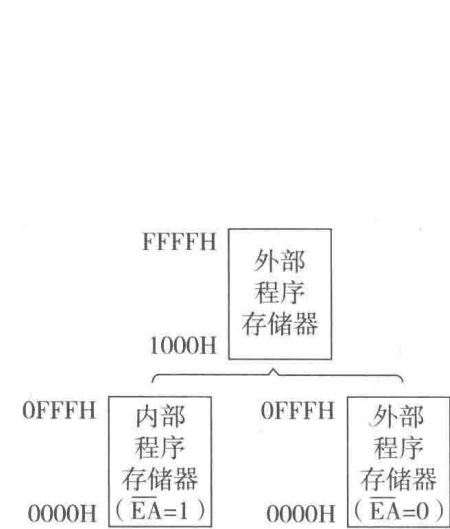


图 1 - 4 程序存储器结构

FFH	特殊功能寄存器区 (SFR)	可字节寻址 某些单元 亦可位寻址
80H 7FH	数据缓冲区 堆栈区	只能字节寻址
30H 2FH	位寻址区 00H~7FH	全部可位寻址 共16个字节 128位
20H 1FH	3区	4组通用寄存器 R0~R7也可作 RAM使用
	2区	
	1区	
00H	0区	

图 1 - 5 数据存储器

内部 RAM 的 20H ~ 2FH 单元为位寻址区，既可作为一般单元用字节寻址，也可对

它们的位进行寻址。位地址为 00H ~ 7FH。CPU 能直接寻址这些位（称 MCS - 51 具有布尔处理功能），位地址分配如表 1 - 1 所示。

表 1 - 1位地址分配表

单元地址	(MSB)位地址(LSB)							
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H

3. 特殊功能寄存器（SFR）

MCS - 51 有 21 个特殊功能寄存器（也称为专用寄存器），包括算术运算寄存器、指针寄存器、I/O 口锁存器、定时器/计数器、串行口、中断、状态、控制寄存器等，它们被离散地分布在内部 RAM 的 80H ~ FFH 地址单元中（不包括 PC），共占据了 128 个存储单元，构成了 SFR 存储块。其字节地址可被 8 整除的 SFR 可位寻址。SFR 反映了 MCS - 51 单片机的运行状态。特殊功能寄存器分布如表 1 - 2 所示。

表 1 - 2特殊功能寄存器分布

特殊功能寄存器	功能名称	物理地址	可否位寻址
B	寄存器 B	F0H	可以
A (ACC)	累加器	E0H	可以
PSW	程序状态字（标志寄存器）	D0H	可以
IP	中断优先级控制寄存器	B8H	可以
P3	P3 口数据寄存器	B0H	可以
IE	中断允许控制寄存器	A8H	可以
P2	P2 口数据寄存器	A0H	可以

续 表

特殊功能寄存器	功能名称	物理地址	可否位寻址
SBUF	串行口发送/接收数据缓冲寄存器	99H	不可以
SCON	串行口控制寄存器	98H	可以
P1	P1 口数据寄存器	90H	可以
TH1	T1 计数器高 8 位寄存器	8DH	不可以
TH0	T0 计数器高 8 位寄存器	8CH	不可以
TL1	T1 计数器低 8 位寄存器	8BH	不可以
TL0	T0 计数器低 8 位寄存器	8AH	不可以
TMOD	定时器/计数器方式控制寄存器	89H	不可以
TCON	定时器控制寄存器	88H	可以
PCON	电源控制寄存器	87H	不可以
DPH	数据指针寄存器高 8 位	83H	不可以
DPL	数据指针寄存器低 8 位	82H	不可以
SP	堆栈指针寄存器	81H	不可以
P0	P0 口数据寄存器	80H	可以

(1) 程序计数器 PC (Program Counter)

在物理上是独立的，PC 不属于 SFR 存储器块。PC 是一个 16 位的计数器，专门用于存放 CPU 将要执行的指令地址（即下一条指令的地址），寻址范围为 64KB，PC 有自动加 1 功能，不可寻址，用户无法对它进行读写，但是可以通过转移、调用、返回等指令改变其内容，以控制程序执行的顺序。

(2) 累加器 A (Accumulator)

8 位寄存器，又记做 ACC，是一个最常用的专用寄存器。在算术/逻辑运算中用于存放操作数或结果。

(3) 寄存器 B

8 位寄存器，是专门为乘除法指令设计的，也作通用寄存器用。

(4) 工作寄存器

内部 RAM 的工作寄存器区 00H ~ 1FH 共 32 个字节被均匀地分成四个组（区），每个组（区）有 8 个寄存器，分别用 R0 ~ R7 表示，称为工作寄存器或通用寄存器，其中，R0、R1 还经常用于间接寻址的地址指针。在程序中通过程序状态字寄存器（PSW）第 3、4 位设置工作寄存器区。

(5) 程序状态字 PSW (Program Status Word)

程序状态字 PSW 是 8 位寄存器，用于存放程序运行的状态信息，PSW 中各位状态通常是在指令执行的过程中自动形成的，但也可以由用户根据需要采用传送指令加以改变。其定义格式如表 1-3 所示。

表 1-3 程序状态字 PSW 定义格式

位 序	PSW. 7	PSW. 6	PSW. 5	PSW. 4	PSW. 3	PSW. 2	PSW. 1	PSW. 0
标志位	Cy	AC	FO	RS1	RS0	OV		P

- 其中：Cy：进借位标志；
- AC：辅助进借位标志；FO：用户标志；
- RS1、RS0：工作寄存器组（区）选择（如表 1-4 所示）；
- OV：溢出标志位，有溢出时置 1；
- P：奇偶标志位。A 中有奇数个 1 时置 1。

表 1-4 工作寄存器组（区）选择

RS1 (PSW. 4)	RS0 (PSW. 3)	选定的当前使用的 工作寄存器组（区）	片内 RAM 地址	通用寄存器 名称
0	0	第 0 区	00H ~ 07H	R0 ~ R7
0	1	第 1 区	08H ~ 0FH	R0 ~ R7
1	0	第 2 区	10H ~ 17H	R0 ~ R7
1	1	第 3 区	18H ~ 1FH	R0 ~ R7

(6) 数据指针 DPTR (Data Pointer)

数据指针 DPTR 是 16 位的专用寄存器，既可作为 16 位寄存器使用，也可作为两个独立的 8 位寄存器 DPH（高 8 位）、DPL（低 8 位）使用。DPTR 主要用作 16 位间址寄存器，访问程序存储器和片外数据寄存器。

(7) 堆栈指针 SP (Stack Pointer)

堆栈是一种数据结构，是内部 RAM 的一段区域。堆栈存取数据的原则是“后进先出”。堆栈指针 SP 是一个 8 位寄存器，用于指示堆栈的栈顶，它决定了堆栈在内部 RAM 中的物理位置。

MCS-51 单片机的堆栈地址向大的方向变化（与微机堆栈地址向小的方向变化相反）。系统复位后，SP 初值为 07H，实际应用中通常根据需要在主程序开始处对堆栈指针 SP 进行初始化，一般设置 SP 为 60H。

设立堆栈的目的是用于数据的暂存，中断、子程序调用时断点和现场的保护与恢复。

(8) I/O 口专用寄存器 (P0, P1, P2, P3)

8051 片内有 4 个 8 位并行 I/O 接口 P0、P1、P2 和 P3，在 SFR 中相应地有 4 个 I/O 口寄存器 P0、P1、P2 和 P3。

(9) 定时器/计数器 (TL0、TH0、TL1 和 TH1)

MCS-51 单片机中有两个 16 位的定时器/计数器 T0 和 T1，它们由 4 个 8 位寄存器 (TL0、TH0、TL1 和 TH1) 组成，2 个 16 位定时器/计数器是完全独立的。可以单独对这 4 个寄存器进行寻址，但不能把 T0 和 T1 当做 16 位寄存器来使用。

(10) 串行数据缓冲器 (SBUF)

串行数据缓冲器 SBUF 用于存放需要发送和接收的数据，它由两个独立的寄存器组成 (发送缓冲器和接收缓冲器)，要发送和接收的操作其实都是对串行数据缓冲器 SBUF 进行的。

(11) 其他控制寄存器

除上述外，还有 IP、IE、TCON、SCON 和 PCON 等几个寄存器，主要用于中断、定时和串行口的控制。

4. I/O 接口

I/O 接口是 MCS-51 单片机对外部实现控制和信息交换的必经之路，用于信息传送过程中的速度匹配和增加它的负载能力。8051 内部有 4 个 8 位并行接口 P0、P1、P2、P3，有 1 个全双工的可编程串行 I/O 接口。

5. 定时器/计数器

8051 内部有两个 16 位可编程定时器/计数器，均为二进制加 1 计数器，分别命名为 T0 和 T1。T0 和 T1 均有定时器和计数器两种工作模式。在定时器模式下，T0 和 T1 的计数脉冲可以由单片机时钟脉冲经 12 分频后提供。在计数器模式下，T0 和 T1 的计数脉冲可以从 P3.4 和 P3.5 引脚上输入。对 T0 和 T1 的控制由定时器方式选择寄存器 TMOD 和定时器控制寄存器 TCON 完成。

6. 中断系统

中断：指 CPU 暂停原程序执行，转而为外部设备服务 (执行中断服务程序)，并在服务完后返回到原程序执行的过程。

中断系统：指能够处理上述中断过程所需要的硬件电路。

中断源：指能产生中断请求信号的源泉。

8051 可处理 5 个中断源 (2 个外部，3 个内部) 发出的中断请求，并可对其进行优先权处理。外部中断的请求信号可以从 P3.2、P3.3 引脚上输入，有电平或边沿两种触

发方式；内部中断源有 3 个，2 个定时器/计数器中断源和 1 个串行口中断源。8051 的中断系统主要由中断允许控制器 IE 和中断优先级控制器 IP 等电路组成。

二、MCS -51 单片机外部引脚

MCS -51 系列单片机中，各类单片机都是相互兼容的，只是引脚功能略有差异。8051 单片机有 40 个引脚，分为电源线、端口线和控制线三类。

引脚图如图 1 -6 所示。

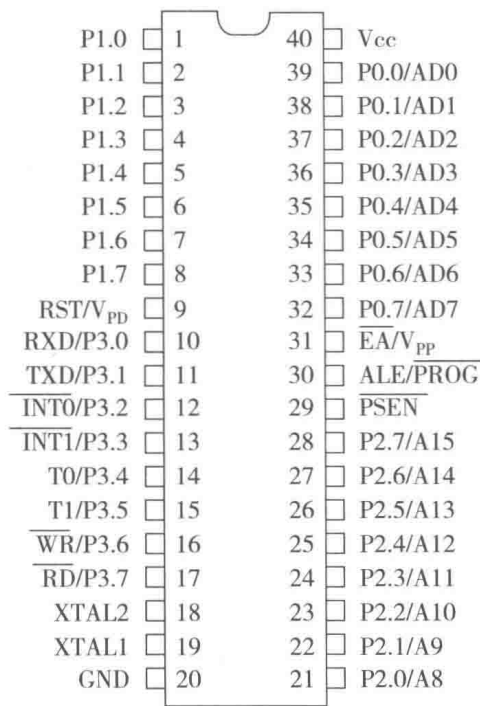


图 1 -6 单片机外部引脚

1. 电源线

GND：接地引脚。

Vcc：正电源引脚。接 +5V 电源。

2. 端口线

P0 ~ P3 口：4 × 8 = 32 条。

(1) P0 口 (P0.0 ~ P0.7)：8 位双向三态 I/O 口，可作为外部扩展时的数据总线/低 8 位地址总线的分时复用口。又可作为通用 I/O 口，每个引脚可驱动 8 个 TTL 负载。对 EPROM 型芯片（如 8751）进行编程和校验时，P0 口用于输入/输出数据。

(2) P1 口 (P1.0 ~ P1.7)：8 位准双向 I/O 口，内部具有上拉电阻，可作为通用 I/O 口。每个引脚可驱动 4 个 TTL 负载。