

823

TP308.1-43

V29

中等专业学校教材

单片机原理及应用

杨文龙 编

西安电子科技大学出版社

1998

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书主要以 MCS-51 系列单片机为主体, 详尽地介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统、程序设计、接口技术、开发系统及应用系统。最后一章还扼要地阐述了准 16 位单片机 8098 的主要性能, 内容包括 8098 的基本结构、存储器组织、中断系统、I/O 功能及指令系统。

本书列举了许多典型的应用实例, 力求做到理论联系实际。每章均安排有一定数量的习题, 附录中还给出了实验内容。

本书可作为中等专业学校计算机专业的教材, 亦可供从事微机应用的工程技术人员阅读参考。

中等专业学校教材
单片机原理及应用
杨文龙 编
责任编辑 霍小齐

西安电子科技大学出版社出版

西安华宇印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 17 12/16 字数 419 千字

1993 年 6 月第 1 版 1998 年 7 月第 8 次印刷 印数 52 001—62 000

ISBN 7-5606-0188-X/TP·0063(课)

定价: 15.50 元

前 言

本教材系按机械电子工业部的工科电子类专业教材 1991~1995 年编审出版规划,由中专电子类教材编审委员会计算机专业教材编审小组征稿并推荐出版的。责任编委为福建电子工业学校林东老师。

本教材由广东省电子技术学校杨文龙编写,上海电子技术学校张似玫老师担任主审。

本书以美国 Intel 公司的 MCS-51 系列高档 8 位单片机和 8098 准 16 位单片机为阐述对象,全面地介绍单片机的结构原理和应用技术。本书共分八章,第一章扼要介绍单片机的发展概况、单片机的特点和应用以及当前单片机主要系列产品的性能。第二章以国际上知名度高、应用广泛的 MCS-51 系列单片机为主体,介绍其基本结构和性能。第三章重点介绍 MCS-51 的指令系统和程序设计基础,通过对本章的学习,使读者能更透彻地了解 MCS-51 的功能,同时为编程应用打下基础。第四章介绍 MCS-51 的中断系统、定时器和串行口的功能和应用。第五章介绍 MCS-51 系统的扩展技术,包括扩展 ROM、RAM 和并行 I/O 口。第六章介绍 MCS-51 系统的实用接口技术,主要内容有:显示器/键盘接口、打印机接口、A/D 和 D/A 转换器接口。第七章介绍单片机的开发和应用系统的设计方法,并举出单片机在温度控制系统中的应用实例。第八章简要介绍 8098 单片机的主要性能,内容包括 8098 的基本结构、存储器组织、中断系统、I/O 功能及指令系统。每章均附有习题,附录中还给出了实验内容。编写本书时,注意了理论和实践相结合,力求做到既有一定的理论基础,又能运用理论解决实际问题;既掌握一定的先进技术,又着眼于为当前的应用服务。

本课程的参考学时数为 60 学时。

本教材在编写过程中,得到了林东老师、张似玫老师的具体指导,他们为本书提出了许多宝贵意见,广东省电子技术学校熊耀辉校长对本书的编写给予了积极的支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1993.7. 于广州

第一章 概 述

自从 1975 年美国德克萨斯仪器公司(Texas Instruments)的第一个单片微型计算机(简称单片机)TMS-1000 问世以来,迄今为止,仅 10 余年的历史,单片机技术已成为计算机技术的一个独特分支,单片机的应用领域也越来越广泛,特别是在工业控制和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色。本章主要介绍单片机的发展概况,单片机的特点和应用。读者通过对本章的学习,能够对单片机有一个初步的认识,对单片机的主要系列产品的功能有所了解。

§ 1-1 单片机的发展概况

一、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、控制器和寄存器组;
- (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连接。

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,使得一块集成电路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计算机的功能外,为了增强实时控制能力,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。

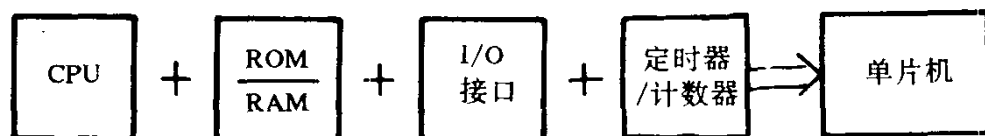


图 1-1 典型的单片机组成框图。

单片机结构上的设计主要是面向控制的需要,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,为此,又称为微控制器(Microcontroller)。所以,单片机不但与一般的微处理机一样,是一个有效的数据处理机,而且还是一个功能很强的过程控制机。从某种意义上讲,一块单片机就具有相当于一台单板(多片)微型计算机的功能,只要加上所需的输入/输出设备,就可以构成一个实用的系统,满足各种应用领域的需要。

二、单片机的发展状况

大规模集成电路工艺技术的进一步发展,导致微型计算机正沿着两个引人注目的方向

前进：一是高性能的 32 位微型机及其系列化向大、中型计算机挑战；二是微型计算机的单片化，使一块芯片不仅包含 CPU，而且还集成了必要的存储器及 I/O 接口电路等功能部件，构成一台体积小、价格低、功能强、能适应各种控制领域需要的单片微型计算机。1975 年德克萨斯仪器公司首先推出世界上第一个 4 位单片机 TMS-1000 型，随后各厂商竞相研制和开发各种单片机。目前单片机的产品已达 50 多种系列，300 多种型号，就字长而言，主要是 4 位、8 位和 16 位 3 种。

1. 4 位单片机

单片机的开发和应用是从 4 位机开始的。由于 4 位单片机的字长为 4 位，一次并行处理(运算或传送)4 位二进制数据，因此其内部结构简单，从而最早问世。自 1975 年以来，几乎所有的 4 位微型计算机全是单片结构了。目前，4 位单片机以美国国家半导体(National Semiconductor)公司的 COP402 系列和日本电气(NEC)公司的 μ PD75XX 系列为主，这两种系列的单片机产量约占 4 位机产量的 50%，主宰了 4 位机的市场。

另外，美国洛克威尔(Rockwell)公司的 PPS/1 系列、德克萨斯仪器公司的 TMS-1000 系列、日本松下公司的 MN1400 系列、富士通公司的 MB88 系列和夏普公司的 SM 系列都占领了 4 位单片机的市场。

4 位单片机不仅结构简单，价格低廉，而且功能灵活，既有相当的数据处理能力，又具备较强的控制能力。例如 COP400 系列的典型 4 位单片机 COP444L，为 NMOS 低功耗 28 脚双列直插封装的单片机，片内包含 4 位 CPU、时基计数器，串、并行 I/O 接口和存储器等，存储器的 ROM 为 $2K \times 8$ 位，RAM 为 128×4 位，并具有矢量中断功能；又如 NEC 公司的 μ PD75XX 系列 4 位机，片内的 ROM 可达 $8K \times 8$ 位，RAM 为 512×4 位，I/O 引脚数为 58 根，甚至还带有 6 位 A/D 转换器。近年来，4 位单片机的产量虽仍很大，但在单片机生产中的比重正逐年下降，其主角地位已让位于 8 位单片机。

由于 4 位单片机具有较高的性能价格比，至今仍在蓬勃发展。目前，4 位单片机主要用于家用电器、民用电子装置和电子玩具等。

2. 8 位单片机

1976 年 9 月美国英特尔(Intel)公司首次推出了 MCS-48 系列 8 位单片机，这是第一个完全的 8 位单片机。它在一块芯片上包含了 8 位 CPU、1K 字节的 ROM、64 字节的 RAM、27 根 I/O 接口引脚端、1 个 8 位定时器/计数器和 2 个中断源。随后，1977 年莫斯特克(Mostek)和仙童(Fairchild)公司共同合作生产了 3870(F8)系列的 8 位单片机；1978 年莫托罗拉(Motorola)公司推出了 6801 系列的 8 位机。此后，各种 8 位单片机也纷纷应运而生。

在 1978 年以前各厂家生产的 8 位单片机，由于受集成度(几千只管/片)的限制，一般都没有串行 I/O 接口，并且寻址空间的范围小(小于 8K 字节)，从性能来看，属于低档 8 位单片机，如 Intel 的 MCS-48 系列和 Fairchild 的 F8 系列。

随着集成电路工艺水平的提高，在 1978 年到 1983 年期间电路集成度提高到几万只管/片，因而一些高性能的 8 位单片机相继问世。例如，1978 年 Motorola 公司推出的 MC6801 系列、齐洛格(Zilog)公司的 Z8 系列；1979 年 NEC 公司的 μ PD78XX 系列；1980 年 Intel 公司的 MCS-51 系列等 8 位单片机，其集成度为 52000 只管/片(MC6801)到 60000 只管/片(MCS-51)之间。这类单片机的寻址能力达 $64K \sim 128K$ 字节，片内 ROM 容量达 $4K \sim 8K$ 字节、RAM 达 $128 \sim 256$ 字节，片内除了带有并行 I/O 口外，还有串行 I/O 口，甚至某些还有

A/D 转换功能, 因此, 把这类单片机就称为高档 8 位单片机。

在高档 8 位单片机的基础上, 功能进一步加强, 近年来推出了超 8 位单片机, 如 Intel 公司的 8x252、UPI-452、83C152; Zilog 公司的 Super8; Motorola 公司的 MC68HC11 等, 它们不但进一步扩大了片内 ROM 或 RAM 的容量, 同时还增加了通信功能、DMA 传送功能以及高速 I/O 功能等。自 1985 年以来, 各种高性能、大存储容量、多功能的超 8 位单片机不断涌现, 它们将代表单片机发展的方向, 将在单片机应用领域中起越来越大的作用。

8 位单片机由于其功能强、品种多, 正广泛应用于各个领域, 是单片机的主流机种。由于 8 位机的价格不断下降, 甚至可比 4 位机的价格还要低, 近几年来出现了用 8 位机取代 4 位机的趋势, 4 位机的市场将被 8 位机侵吞, 估计今后几年内 8 位单片机仍作为主角活跃在单片机的舞台上。本书将以目前应用最广的 Intel 公司 MCS-51 系列单片机为主进行介绍, 它是我国优选应用的机种之一。

3. 16 位单片机

1983 年以后, 集成电路的集成度可达十几万个管/片, 16 位单片机逐渐问世。Mostek 公司的 68200 是第一个公布于世的 16 位单片机。但由于该公司经营不景气, 68200 一直没有得到很好的开发和应用。1985 年 Mostek 公司宣布倒闭, 68200 几乎要绝迹。现在, 法国的汤姆逊(Thomson)公司接管该公司, 并在 1986 年末推出了 CMOS 型的 68HC200 16 位单片机。

1983 年 Intel 公司研制出 16 位 MCS-96 系列单片机, 该公司自 1985 年修正了早期 8096AH 的错误, 并推出相应的仿真器后, 才开始推广 8096 的应用。8096 是整个 MCS-96 系列的代表性的产品, 集成度为 12 万只管/片。根据其结构不同可分为: 48 引脚的双列直插式和 68 引脚的扁平式两种封装形式, 内含 16 位 CPU、8K 字节 ROM、232 字节 RAM、5 个 8 位并行 I/O 口、4 个全双工串行口、4 个 16 位定时器/计数器、8 个通道的 10 位 A/D 转换器(48 脚封装的只有 4 个通道)、8 级中断处理系统。8096 的硬件设置使它具有多种 I/O 功能, 例如, 具有高速输入/输出子系统(HSIO)、具有脉冲宽度调制 PWM(Pulse-Width Modulators)输出、具有特殊用途的监视定时器(Watchdog Timer)等等。1987 年末 Intel 公司还推出了 CMOS 型的 80C96。最近 Intel 公司又推出了 MCS-96 系列的新成员 8098, 它的结构与功能与 8096 类同, 内部 CPU 寄存器为 16 位, 但外部数据总线为 8 位, 这样在保持内部 16 位高速运算的条件下, 可使用户系统更简单。8098 类似于 8088CPU, 属于准 16 位单片机。由于 8098 单片机的价格较低廉, 也便于 I/O 接口, 因此越来越受到广大用户的青睐, 是目前产量较高的单片机之一。本书第八章将描述 8098 单片机的全貌。

国家半导体公司和 NEC 公司在他们原有的 8 位单片机基础上, 也推出了 16 位单片机: HPC 16040 和 783XX 系列。他们的宗旨是使其具有 8 位机的价格而具有 16 位机的功能。由于它们的出现, 16 位单片机世界也正在开始热闹起来, 这将大大促进 16 位单片机的发展。

目前, 单片机正朝着大容量片上存储器、多功能 I/O 接口、宽范围工作电源和低功耗方向发展。

§ 1 - 2 单片机的特点和应用

一、单片机的特点

所谓单片机就是一块芯片上集成了 CPU、ROM、RAM、定时/计数器和多种 I/O 接口电路等而具有一定规模的微型计算机。单片机与通用微型计算机相比较，它在硬件结构、指令设置上均有其独到之处，主要特点如下：

(1) 单片机中的存储器 ROM 和 RAM 是严格分工的。ROM 为程序存储器，只存放程序、常数及数据表格。而 RAM 则为数据存储器，用作工作区及存放变量。这样的结构主要是考虑到单片机用于控制系统中，有较大的程序存储空间，把已调试好的程序固化在 ROM 中，而把少量的随机数据存放在 RAM 中，这样，小容量数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机内，以加快单片机的执行速度。但单片机上 RAM 是作为数据存储器用，而不是当作高速数据缓冲存储器(Cache)用。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要，单片机的逻辑控制能力要优于同等级的 CPU，特别是单片机具有很强的位处理能力。单片机的运行速度也较高。

(3) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上引脚数有限，为了解决实际引脚数和需要的信号线数的矛盾，采用了引脚功能复用的方法，引脚处于何种功能，可由指令来设置或由机器状态来区分。

(4) 系列齐全，功能扩展性强。单片机有内部掩膜 ROM、内部 EPROM 和外接 ROM 等形式，并可方便地扩展外部的 ROM、RAM 及 I/O 接口，与许多通用的微机接口芯片兼容，对应用系统的设计和生产带来极大的方便。

(5) 单片机的功能是通用的。单片机虽然主要作控制器用，但是功能上还是通用的，可以像一般微处理器那样广泛地应用在各个方面。

二、单片机的应用

单片机在控制应用领域中，有如下几方面的优点：

(1) 体积小、成本低、运用灵活、易于产品化，它能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器，做到机电仪一体化；

(2) 面向控制，能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务，因而能获得最佳的性能价格比；

(3) 抗干扰能力强，适应温度范围宽，在各种恶劣的环境下都能可靠地工作，这是其它机种无法比拟的；

(4) 可以方便地实现多机和分布式控制，使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

单片机的应用范围十分广泛，下面仅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. 商用产品

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, 录像机, 音响设备, 游戏机。

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汇贯通和有机结合, 才能设计出优良的应用系统。

§ 1 - 3 单片机常用系列介绍

Intel 公司在单片机的开发中, 一直处于领先地位。本节以 Intel 公司的产品为例, 介绍目前较流行的三种系列产品的功能。

一、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。它包括基本型: 8048/8748/8035; 强化型 (提高档): 8049/8749/8039 和 8050/8750/8040; 简化型 (低档): 8020/8021/8022; 专用型: UPI - 8041/8741 等。表 1 - 1 是 MCS - 48 系列单片机的性能表。

基本型片内集成有 8 位 CPU, $1K \times 8$ 位的程序存储器, 64×8 位的数据存储器, 27 根 I/O 线, 1 个 8 位的定时器/计数器, 2 个中断源。三种基本型产品的差别仅在于 8048 在芯片内部驻留 1K 字节的程序存储器掩膜 ROM; 8748 片内有 1K 字节的 EPROM; 而 8035 片内无程序存储器, 必须外部扩展 EPROM。

强化型的基本结构和指令系统与基本型相同。8049/8749/8039 与基本型的区别是片内 ROM 增加到 $2K \times 8$ 位 (8039 片内无 ROM), RAM 增加到 128×8 位; 8050/8750/8040 与基本型的区别是片内 ROM 增加到 $4K \times 8$ 位 (8040 片内无 ROM), RAM 增加到 256×8 位。此外, 强化型的速度比基本型快。

简化型 8020/8021/8022 是 MCS - 48 系列中的低档产品, 它们的指令系统只是基本型指令系统的一个子集, 速度也比基本型慢。不过 8022 片内带有 2 个输入通道的 8 位 A/D 转换器, 它是基本型所没有的。

表 1-1 MCS-48 系列单片机

型 号	工 艺	引 脚	片内 ROM	片内 RAM (字节)	片上 I/O 口	定时器 计数器	外部中断 (级)	A/D	机器周期 (μs)	其 它
8048	NMOS	40	1K 掩膜 ROM	64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		2.5	
8048H	HMOS	40	1K 掩膜 ROM	64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	有掉电保护功能
8048L	HMOS	40	1K 掩膜 ROM	64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		4.2	低功耗
8748	NMOS	40	1K EPROM	64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		2.5	
8748H	HMOS	40	1K EPROM	64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	
8035	NMOS	40		64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		2.5	
8035L	NMOS	40		64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		2.5	有掉电保护功能
8035HB	HMOS	40		64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	
8035HL	HMOS	40		64	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	有掉电保护功能
8049H	HMOS	40	2K 掩膜 ROM	128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	有掉电保护功能
80C49	CMOS	40	2K 掩膜 ROM	128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	低功耗
8749H	HMOS	40	2K EPROM	128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	
8039H	HMOS	40		128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	
8039HL	HMOS	40		128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	有掉电保护功能
80C39	CMOS	40		128	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	低功耗
8050H	HMOS	40	4K 掩膜 ROM	256	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	
8040H	HMOS	40		256	$3 \times 8 + 3$	1×8	1		1.36	有掉电保护功能
8020H	HMOS	20	1K 掩膜 ROM	64(动态)	13	1×8	0		8.38	无扩展 ROM 功能
8021	NMOS	28	1K 掩膜 ROM	64	21	1×8	0		10	
8021H	HMOS	28	1K 掩膜 ROM	64	21	1×8	0		8.38	
8022	NMOS	40	2K 掩膜 ROM	64	28	1×8	1	2 通道 8 位	8.38	
8022H	HMOS	40	2K 掩膜 ROM	64	28	1×8	1	2 通道 8 位	4.2	
8041	NMOS	40	1K 掩膜 ROM	64	$2 \times 8 + 3$	1×8	0		2.5	有总线接口、DMA
8741	NMOS	40	1K PROM	64	$2 \times 8 + 3$	1×8	0		2.5	有总线接口、DMA
8042	NMOS	40	2K 掩膜 ROM	128	$2 \times 8 + 3$	1×8	0		2.5	
8742	NMOS	40	2K EPROM	128	$2 \times 8 + 3$	1×8	0		2.5	

专用型 UPI-41 系列(8041、8741)常用于外设接口芯片,其内部结构和指令系统与基本型相同,只是对外应答方式有所不同。它在多机系统的主从通信中,只能处于从动地位。

Intel 公司从 1980 年起,把 MCS-48 系列产品从 NMOS 工艺改成 HMOS(高密度短沟道的 NMOS)工艺后,性能大大提高,功耗降低,主频提高到 10 MHz 以上,指令周期缩短。而后又推出了低功耗的 CMOS 产品,性能更加优越。采用 HMOS 工艺典型的产品型号为 8048H;采用 CMOS 工艺典型的产品型号为 80C48。

二、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。表 1-2 列出了这些芯片的结构和性能。

基本型采用 HMOS 工艺,片内集成有 8 位 CPU;片内驻留 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 2 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 2 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 12 MHz,大部分指令周期只需 1 μ s,乘除指令也仅需 4 μ 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)的通信速率快 6 倍。

改进型 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 2 根 I/O 线的串行通信方式,因而最适宜远距离通信和网络接口。

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,但又具有 MCS-96 系列高速输入/输出(HSIO)功能和脉冲宽度调制(PWM)输出。8XC252 采用了高可靠性 CHMOS-II 工艺,增加了 128 $\times$ 8 位字节的片内 RAM;1 个可作加减计数的定时器;1 个可作编程计数器阵列以及适用于串行口的场错误检测和自动地址识别。

三、MCS-96 系列单片机

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 8 位机比较,主要有两大特点:第一,集成高度。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。

表 1-2 MCS-51 系列单片机

特 性 类 别	ROM 形 式			片内 RAM (字节)	程序和数 据存储器 寻址能力	16 位 定时器 / 计数器	I/O 口 数 目	串 行 通信方式	中断源 (2 个优 先级)	其 它
	片 内 掩膜 ROM	片 内 EPROM	片内无 ROM 需外接 ROM							
8×51 族	8051 4KB	8751 4KB	8031	128	2×64K	2	4×8	同步/异步, 8/10 位 可编程	5	8031 价格最低, 系统扩展灵活。
8×52 族	8052 8KB	8752 8KB	8032	256	2×64K	3	4×8	同步/异步, 8/10 位 可编程	6	
8×C51 族	80C51 4KB	87C51 4KB	80C31	128	2×64K	2	4×8	同步/异步, 8/10 位 可编程	5	87C51 有两级程序 保密系统
8×C252 族	80C252 8KB	87C252 8KB	80C232	256	2×64K	3	4×8	同步/异步, 8/10 位 可编程	7	两级程序保密系统; 脉冲宽度调制输出; 可编程计数器阵列。
8×44 族	8044 4KB	8744 4KB	8344	192	2×64K	2	4×8	HDLC/ SDLC	5	I/O 处理机

MCS - 96 系列单片机有 809X(外接 ROM)、839X(内驻掩膜 ROM)和 879X(内驻 EPROM)三类机种,其总体结构是相同的。按其内部是否带 A/D 转换器,每类机种又可分为两种机型,如表 1-3 所示。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,若内部带 A/D 转换器的 BH 型芯片具有采样保持电路。

表 1-3 MCS-96 系列单片机

特 性 类 别	片 内 ROM 形式	引脚数	带 A/D	不带 A/D
839X 族	掩膜 ROM	48	8395-90 8395BH	8394-90 8394BH
		68	8397-90 8397BH	8396-90 8396BH
879X 族	EPROM	48	8795BH	8794BH
		68	8797BH	8796BH
809X 族	无	48	8095-90 8095BH, 8095CH	8094-90 8094BH
		68	8097-90 8097BH, AHB8790	8096-90 8096BH

各种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 3 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)可以由用户用开发工具把应用程序写入片内 EPROM 中,给用户带来极大方便,简化系统结构,但芯片价格昂贵。

(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。这是目前使用最广泛的一种单片机形式,因为其价格低廉且可供用户灵活使用。

习 题 一

- 1-1 何谓单片机? 单片机与一般微型计算机相比,具有哪些特点?
- 1-2 单片机主要应用在哪些领域?
- 1-3 在各种系列的单片机中,片内 ROM 的配置有几种形式? 用户应根据什么原则来选用?

第二章 MCS-51 系列单片机的结构

第一章介绍了有关单片机的基本概念。从这一章开始将具体介绍 MCS-51 系列单片机的硬件、软件和接口技术。本章是从用户应用的角度出发,分析 MCS-51 单片机的结构和原理,目的是为了理解和掌握 MCS-51 的外特性。

§ 2-1 MCS-51 的结构和引脚

一、MCS-51 的结构框图

MCS-51 系列单片机的典型芯片是 8051, 其结构框图如图 2-1 所示。

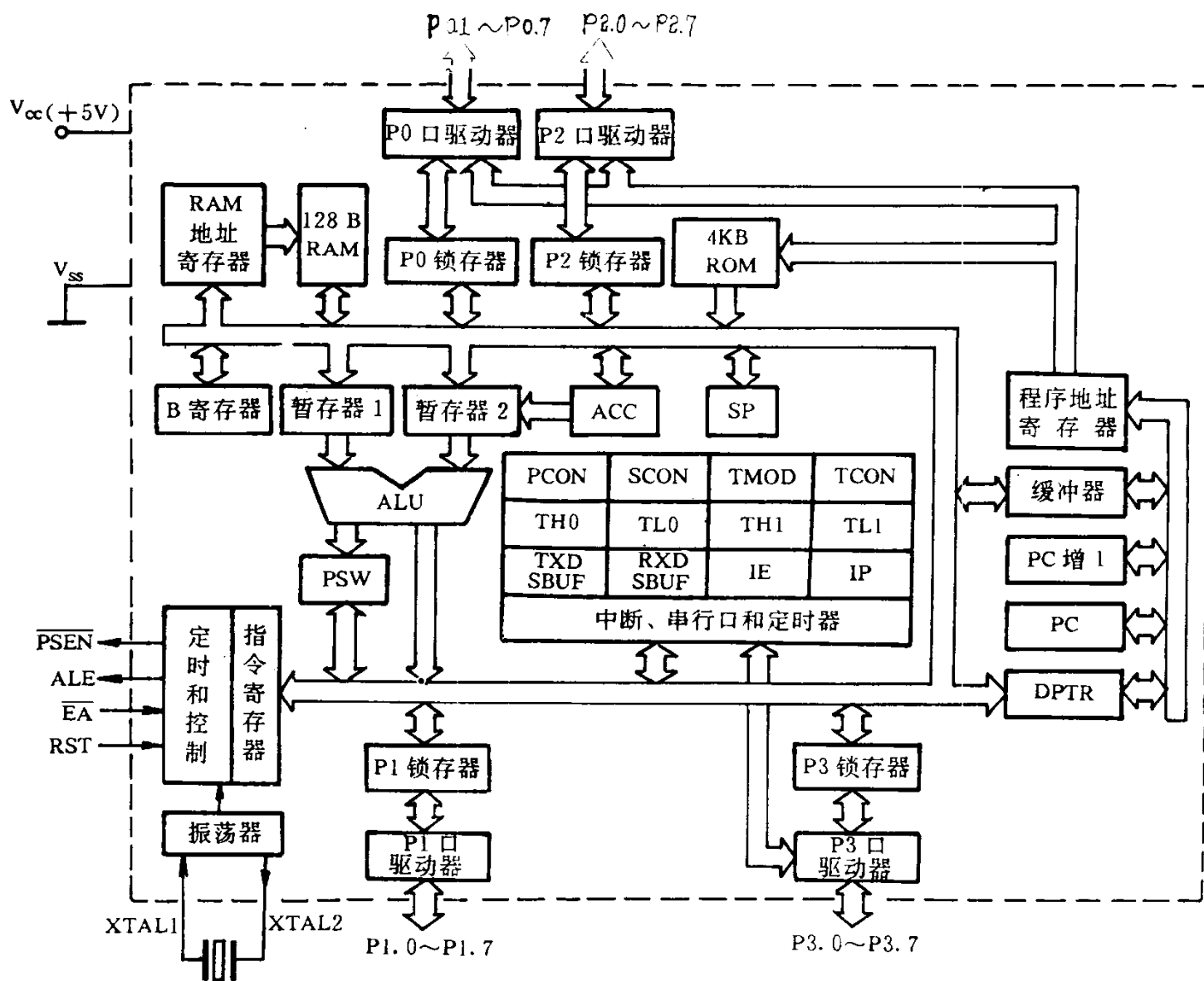


图 2-1 8051 结构框图

与 8051 结构相容的产品还有 8751 和 8031。8751 是一个用 EPROM 代替 ROM 的 8051, 8031 是一个无 ROM 的 8051, 它从外部 ROM 取所有指令。今后, 除特别说明外, 用 8051

这个名称来代表 8051、8751 和 8031。它们的基本特性如下：

- (1) 8 位 CPU；
- (2) 片内时钟振荡器，最高时钟频率为 12 MHz；
- (3) 4KB 程序存储器 ROM/EPROM，8031 片内无 ROM；
- (4) 片内有 128 B 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。

二、引脚定义及功能

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 2-2 所示。

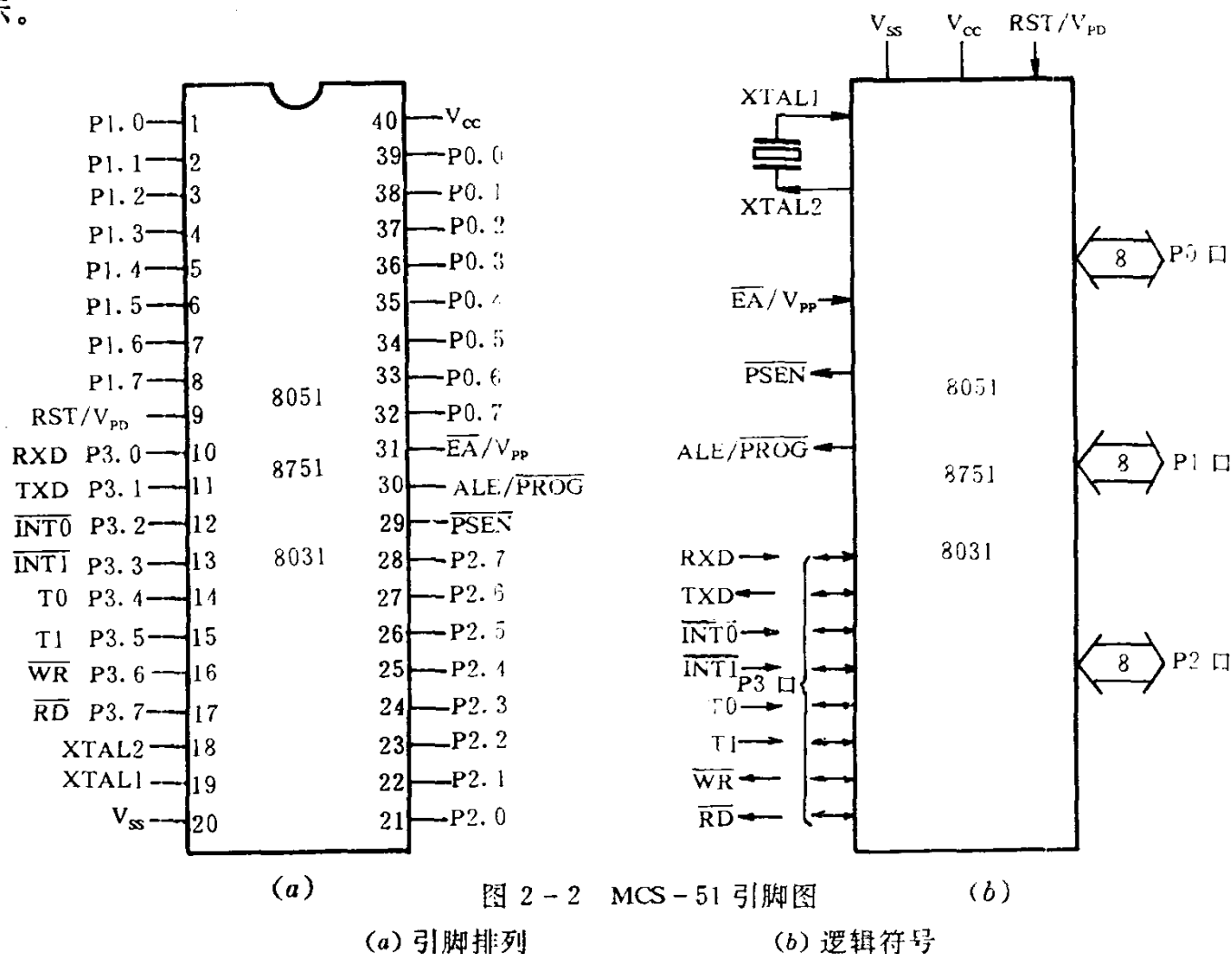


图 2-2 MCS-51 引脚图

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 V_{CC} 和 V_{SS}

V_{CC} 电源端。工作电源和编程校验(8051/8751)为 +5V。

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,这两个端子用来外接石英晶体,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,而 XTAL1 必须接地。

3. 控制信号引脚 RST/V_{PD}、ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ 、 $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA}}$ /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。当主电源 V_{CC}一旦发生断电(称掉电或失电),降到一定低电压值时,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,使上电后能继续正常运行。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ 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。但是,在遇到访问外部数据存储器时,会丢失一个 ALE 脉冲。ALE 能驱动 8 个 LSTTL 门输入。第二功能 $\overline{\text{PROG}}$ 是对 8751 内部 EPROM 编程时的编程脉冲输入端。

$\overline{\text{PSEN}}$ 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。

$\overline{\text{EA}}$ /V_{PP} $\overline{\text{EA}}$ 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 访问程序存储器有两种情况: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,访问的地址超出 4K 时,CPU 将自动执行外部程序存储器的程序,即访问外部 ROM。对于 8031, $\overline{\text{EA}}$ 必须接地,只能访问外部 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器时,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

表 2-1 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)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入)
P3.4	T0 (定时器 0 外部输入)
P3.5	T1 (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)

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。

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。

§ 2-2 存储器结构和位处理器

MCS-51 单片机的存储器组织结构与一般微型计算机不同。一般微机通常是程序和数据共用一个存储空间,属于 Von Neumann 结构(这是由 John Von Neumann 提出,并在 1951 年诞生了 EDVAC 计算机)。而 MCS-51 单片机是把程序存储空间与数据存储空间相互分离开来,属于 Harvard 结构(Harvard Aiken 在 1944 年为 IBM 公司推出的 Mark1 中,提出了 Harvard 结构,并在 1946 年由 John Mauchly 采用了 Harvard 结构,设计出第一台电子计算机 ENIAC)。

8051 的存储器组织结构分三个不同的存储地址空间:

(1) 64KB 的程序存储器地址空间(包括片内 ROM 和外部 ROM);

(2) 64KB 的外部数据存储器地址空间;

(3) 256 字节的片内数据存储器地址空间(包括 128 字节的内部 RAM 和特殊功能寄存器的地址空间)。

在对这三个不同的存储空间进行数据传送时,必须分别采用三种不同形式的指令。图 2-3 表示了 8051 的存储空间结构。

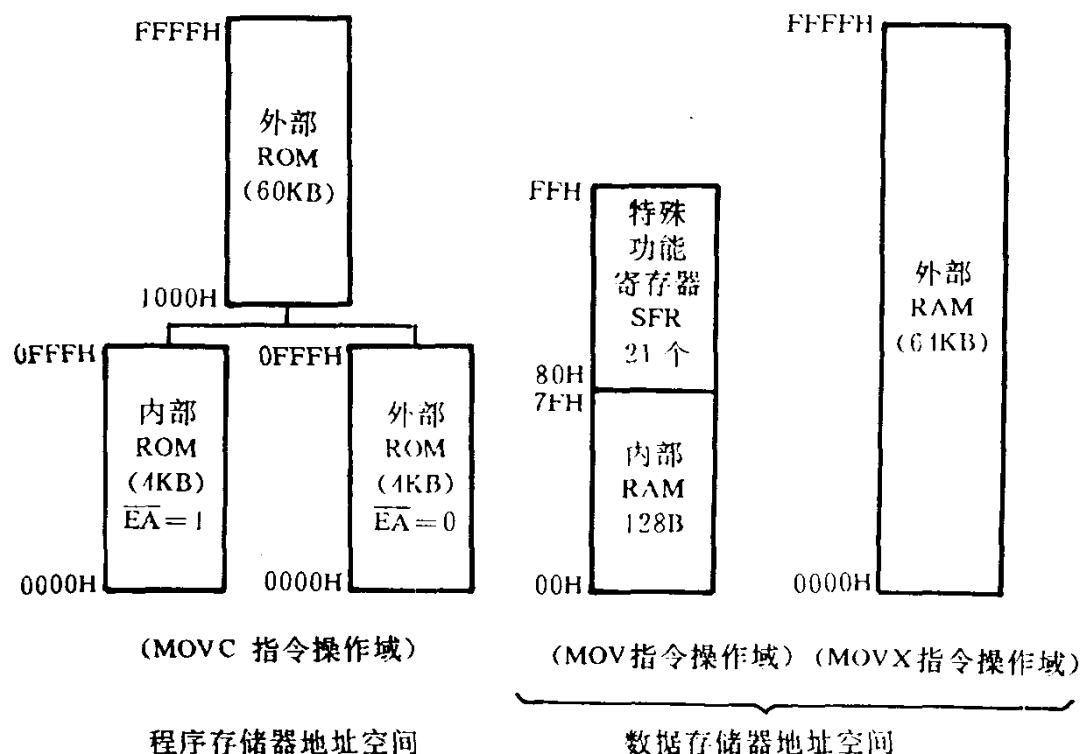


图 2-3 8051 存储器组织结构

一、程序存储器

程序存储器用于存放程序及表格常数。8051(或 8751)片内驻留有 4KB 的 ROM(或

EPROM), 外部可用16位地址线扩展到最大64KB的ROM空间。片内ROM和外部扩展ROM是统一编址的。当芯片引脚 $\overline{EA}$ 为高电平时, 8051的程序计数器PC在0000H~0FFFH范围内(即前4KB地址), 执行片内ROM中的程序。当PC的内容在1000H~FFFFH范围(超过4KB地址)时, CPU自动转向外部ROM执行程序。如果 $\overline{EA}$ 为低电平(接地), 则所有取指令操作均在外程序存储器中进行, 这时外部扩展的ROM可从0000H开始编址。对8031单片机, 因片内无ROM, 只能外部扩展程序存储器, 并且从0000H开始编址, $\overline{EA}$ 必须为低电平。读取程序存储器中的常数表格用“MOVC”指令。

在程序存储器中, 某些特定的单元是给系统使用的。0000H单元是复位入口, 单片机复位后, CPU总是从0000H单元开始执行程序。通常在0000H~0002H单元安排一条无条件转移指令, 使之转向主程序的入口地址。0003H~002AH单元均匀地分为五段, 被保留用于五个中断服务程序或中断入口。具体地址分配见表2-2。

表 2-2 系统复位和中断入口地址

事 件	入口地址
系统复位	0000H
外部中断 0 ($\overline{INT0}$)	0003H
定时器 0 溢出中断	000BH
外部中断 1 ($\overline{INT1}$)	0013H
定时器 1 溢出中断	001BH
串行口中断	0023H

二、数据存储器

数据存储器用于存放运算中间结果, 用作缓冲和数据暂存, 以及设置特征标志等。8051数据存储器地址空间分为内部和外部两个独立部分。片内有256字节的数据存储器地址空间, 把它的物理地址空间划分成几个用途不同的区域。低128字节地址空间(00H~7FH)为内部RAM区, 作为处理问题的数据缓冲器, 它能满足大多数控制型应用场合的需要。高128字节地址空间(80H~FFH)为特殊功能寄存器区, 但实际上仅有21个字节单元能够被用户使用。外部数据存储器地址空间为64KB(0000H~FFFFH), 在应用系统中, 如果数据缓冲器需要量比较大, 内部RAM不能满足要求, 那么就可以外接RAM芯片来扩展数据存储器容量, 最大可达64KB。当系统需要扩展I/O口时, I/O地址空间就要占用一部分外部数据存储器地址空间。内部RAM及特殊功能寄存器各存储单元之间的数据传送用“MOV”指令, 访问外部RAM或扩展I/O口用“MOVX”指令。

内部RAM存储空间较小, 仅用8位地址寻址, 存取速度比外部RAM快, 它是系统的宝贵资源, 要合理使用。对于内部RAM的不同区域, 其用途不完全相同。内部RAM的00H~1FH共32字节单元为工作寄存器区, 共分4组, 每组有8个8位寄存器R0~R7。当前程序使用的工作寄存器组是由特殊功能寄存器程序状态字PSW的位3和位4(RS0、RS1)来指示的。由程序修改PSW中的RS0、RS1状态, 就可任选4组工作寄存器其中之一组。利用这一特点可使系统具有快速保护现场的功能, 这对于提高程序的效率和中断响应速度是很有利的。如果实际应用中并不需要4组工作寄存器, 那么剩下的工作寄存器组所对应的单元可作为一般的数据缓冲器使用。

内部RAM的20H~2FH为可位寻址区域, 这16个字节的每一位都有一个位地址, 编址为00H~7FH, 用户可以把它视作软件触发器, 由程序对它们直接进行清零、置位、取反