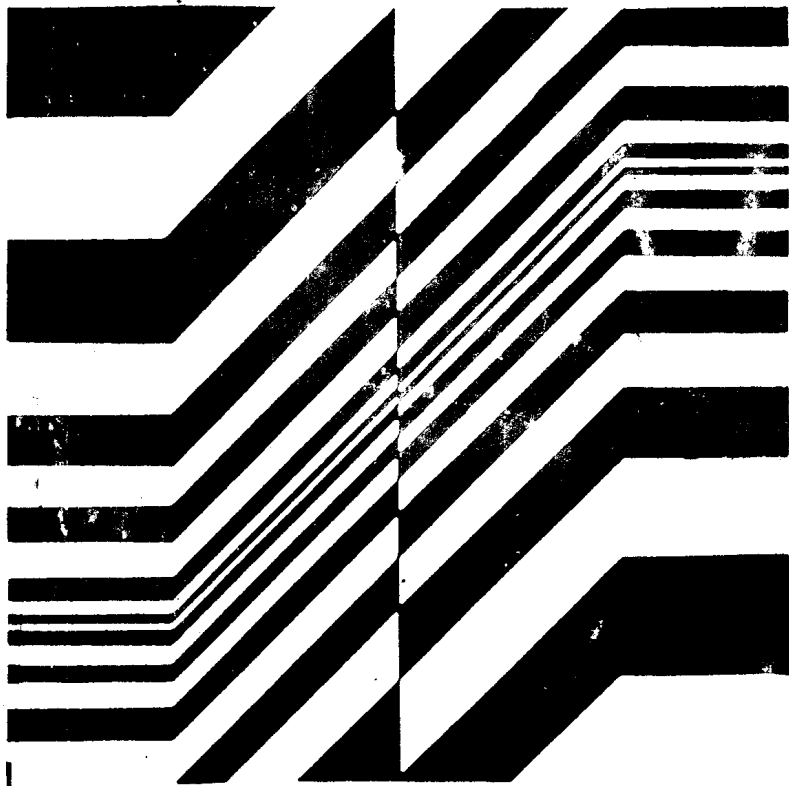


高等学校工科电子类教材

**GH**

# 单片微机原理与应用

张毅刚 牛夏牧 李春明



西安电子科技大学出版社

高等学校教材

# 单片机原理与应用

张毅刚 牛夏牧 李春明

西安电子科技大学出版社

1996

(陕)新登字 010 号

## 内 容 简 介

本教材详细介绍了美国 Intel 公司的 8098 单片机 (MCS-96 系列) 的结构、原理及应用。全书共十二章。第一章为 MCS-51 单片机综述。第二章至第九章介绍 8098 单片机的硬件基本结构、指令系统及各 I/O 功能部件的原理及应用。第十章介绍 8098 单片机的硬件扩展设计。第十一章介绍 8098 单片机常用数据运算和数据处理的程序设计。第十二章介绍 8098 单片机仿真开发系统的基本概念、基本结构以及典型的仿真开发系统。

本教材可作为高等工科院校非计算机专业本科生、研究生的教材,也可供从事单片机应用的工程技术人员参考。

高等学校教材

单片微机原理与应用

张毅刚 牛夏牧 李春明

责任编辑 梁家新

---

西安电子科技大学出版社出版

西安电子科技大学印刷厂印刷

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 13 12/16 字数 320 千字

1994 年 1 月第 1 版 1996 年 4 月第 2 次印刷 印数 5 001—13 000

---

ISBN 7-5606-0288-6/TP·0100 (课)

定价: 10.80 元

## 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定，我部承担了全国高等学校和中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978~1990，已编审、出版了三个轮次教材，及时供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神，“以全面提高教材质量水平为中心，保证重点教材，保持教材相对稳定，适当扩大教材品种，逐步完善教材配套”，作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想，组织我部所属的九个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会，在总结前三轮教材工作的基础上，根据教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1991~1995年的“八五”（第四轮）教材编审出版规划。列入规划的，以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300多种。这批教材的评选推荐和编审工作，由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿，其一是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的，其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的，其三是经过质量调查在前几轮组织编定出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会（小组）、教学指导委员会和有关出版社，为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能有缺点和不足之外，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

机械电子工业部电子类专业教材办公室

## 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,由无线电技术与信息系统教材编审委员会仪表与测量编审小组征稿,并推荐出版。责任编辑为孙圣和教授。哈尔滨工业大学孙圣和教授、蒋重珣副教授担任主审。

本教材可作为高等工科院校非计算机类各专业本科生、研究生的教材。也可供从事单片机应用的工程技术人员参考。本课程的参考学时数为 40 学时。

本教材介绍美国 Intel 公司生产的 8098 单片机的工作原理及应用。8098 单片机性能价格比高,是继 MCS-51 系列单片机之后的又一单片机优选机种。鉴于目前介绍 8098 单片机的教材很少,为了满足教学上的需要,我们在参考国内外大量资料的基础上,结合 8098 单片机的教学和科研实践,编写了本教材。

本教材在内容选取和编写上有如下特点:

本教材首先在第一章对 MCS-51 单片机进行了综述,这是基于 MCS-51 单片机在我国的应用已十分广泛,使读者对 MCS-51 单片机有一概括性的了解。在讲述 8098 单片机的结构及原理时,尽量与 MCS-51 单片机进行比较,这样可使读者更好地掌握 8098 单片机的结构及其特色;鉴于单片机仿真开发系统在单片机应用设计中的重要性,本教材在最后一章,介绍了仿真开发系统的基本概念、构成以及开发系统的类型,以使读者对仿真开发系统有一定的了解;本教材在内容编排上层次清晰、循序渐进、便于自学;选取的内容具有代表性和实用性,所介绍的外围芯片,均属常见芯片。

全书共分为十二章。第一章为 MCS-51 单片机综述。第二章至第十一章介绍 8098 单片机的原理及应用,其中,第二章介绍 8098 单片机的硬件基本结构;第三章介绍 8098 单片机的指令系统;第四章至第九章讲述 8098 单片机内部各 I/O 功能部件的结构、原理及应用,即中断系统、定时器、高速输入 HSI、高速输出 HSO、A/D 及 PWM(D/A)、串行口;第十章为 8098 外部接口扩展的设计,这些接口包括:扩展存储器接口、扩展并行 I/O 接口、键盘/显示器接口、微型打印机接口;第十一章介绍 8098 单片机常用数据处理和运算程序设计方法。第十二章介绍 8098 单片机仿真开发系统的基本概念,利用它调试用户样机的过程以及典型的仿真开发系统。

本教材的第一章至第四章、第七章、第八章、第十章至第十二章的作者为张毅刚;第五章、第六章的作者为牛夏牧;第九章的作者为李春明。全书由张毅刚统稿。主审人孙圣和教授、蒋重珣副教授认真审阅了全稿,提出了许多宝贵的意见,为提高书稿的质量,付出了辛勤的劳动。哈尔滨工业大学电子仪器及测量技术教研室的许多同志为本书的出版,给予了热情的支持和帮助,并对本书提出了许多建议和修改意见。在此,对他们表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中的错误及疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

1993 年 2 月于哈尔滨工业大学

# 目 录

<b>第一章 MCS-51 系列单片机综述</b> .....	1	2-4 总线的操作方式 .....	29
1-1 单片机发展概况 .....	1	一、芯片配置寄存器 CCR .....	29
1-2 MCS-51 系列单片机 .....	2	二、总线的 4 种操作方式 .....	29
1-3 MCS-51 单片机的硬件结构 .....	2	三、准备就绪控制 .....	31
一、MCS-51 单片机硬件结构的特点 .....	2	四、ROM/EPROM 的加密 .....	31
二、MCS-51 的引脚 .....	3	2-5 8098 的内部 I/O 功能部件 .....	32
1-4 MCS-51 内部结构及中央处理器 .....	4	一、P0 口 .....	32
一、结构框图 .....	4	二、P2 口 .....	32
二、CPU .....	4	三、P3 口和 P4 口 .....	33
1-5 MCS-51 存储器的结构 .....	6	四、高速输入/输出 HSI/HISO 部件和	
一、程序存储器 .....	6	定时/计数器 .....	33
二、内部数据存储器 .....	7	五、串行口、PWM 和 A/D 转换器 .....	33
三、特殊功能寄存器 .....	8	六、I/O 部件的控制和状态寄存器 .....	33
四、位地址空间 .....	8	2-6 8098 的复位与掉电保护 .....	35
五、外部数据存储器 .....	9	一、复位 .....	35
1-6 I/O 端口 .....	9	二、掉电保护 .....	38
1-7 MCS-51 的定时/计数器 .....	9	习题 .....	38
1-8 MCS-51 的串行口 .....	10	<b>第三章 8098 的指令系统</b> .....	39
1-9 MCS-51 的中断系统 .....	11	3-1 操作数的类型及其寻址方式 .....	39
1-10 MCS-51 的指令系统 .....	11	一、操作数的类型 .....	39
一、MCS-51 指令系统的寻址方式 .....	12	二、操作数的寻址方式 .....	40
二、MCS-51 指令系统 .....	12	3-2 程序状态字 .....	42
习题 .....	18	一、中断控制位 .....	42
<b>第二章 8098 单片机的硬件结构</b> .....	13	二、条件标志 .....	43
2-1 8098 的结构、引脚及性能特点 .....	19	3-3 指令系统概要 .....	44
一、8098 的内部结构 .....	19	一、概述 .....	44
二、8098 的主要性能、特点 .....	20	二、汇编语言指令和机器码指令格式 .....	47
三、引脚功能 .....	21	3-4 指令分类详述 .....	49
2-2 8098 的 CPU .....	22	一、算术指令 .....	50
一、寄存器算术逻辑单元 RALU .....	23	二、单寄存器指令 .....	57
二、寄存器阵列和特殊功能寄存器		三、数据传送类指令 .....	59
(SFR) .....	24	四、逻辑指令 .....	61
三、CPU 总线 .....	24	五、移位指令 .....	63
四、CPU 的基本操作 .....	24	六、循环控制指令 .....	65
五、时钟信号 .....	24	七、比较指令 .....	65
2-3 8098 的存储器空间 .....	25	八、条件跳转指令 .....	65
一、寄存器阵列 .....	25	九、位测试并跳转指令 .....	67
二、特殊功能寄存器 (SFR) .....	26	十、堆栈操作指令 .....	68
三、保留的存储空间 .....	28	十一、跳转和调用指令 .....	69
四、内部 ROM/EPROM .....	28	十二、专用控制指令 .....	70

十三、规格化指令 .....	71	三、软件定时器 .....	104
习题 .....	71	四、HSO 的清除 .....	104
<b>第四章 8098 单片机的中断系统</b> .....	73	五、HSO 的中断 .....	105
4-1 8098 的中断源 .....	73	7-2 HSO 的初始化编程及使用注意事项 .....	105
4-2 与中断系统有关的特殊功能寄存器 .....	75	.....	105
一、中断挂号寄存器 .....	76	7-3 HSO 的应用 .....	106
二、中断屏蔽寄存器 .....	76	一、利用 HSO 产生脉冲 .....	106
三、总体中断开关 .....	76	二、用 HSO 实现高速可编程控制器 .....	108
4-3 中断响应过程及中断优先级的改变 .....	77	三、HSO 用作软件定时器 .....	110
一、响应中断的条件 .....	77	四、利用 HSO 定时复位定时器 T2 .....	112
二、中断响应过程 .....	77	五、利用 HSO 启动 A/D 转换器 .....	112
三、中断响应时间 .....	77	习题 .....	113
四、中断优先级的改变 .....	78	<b>第八章 A/D 和 PWM(D/A)的工作</b>	
4-4 中断系统编程举例 .....	80	原理及应用 .....	114
习题 .....	83	8-1 A/D 转换器 .....	114
<b>第五章 定时器及其应用</b> .....	84	一、A/D 转换器的结构 .....	114
5-1 定时器简介 .....	84	二、与 A/D 转换器有关的特殊功能	
一、定时器 T1 .....	84	寄存器 .....	114
二、定时器 T2 .....	84	三、A/D 转换器的控制软件设计 .....	116
三、监视定时器 (WDT) .....	85	四、A/D 转换器的应用 .....	119
5-2 定时器的使用 .....	86	8-2 脉冲宽度调制输出 PWM(D/A) .....	121
一、定时器 T1 的应用 .....	86	一、PWM 结构和工作原理 .....	121
二、定时器 T2 的应用 .....	87	二、PWM(D/A)的应用 .....	122
三、监视定时器的使用 .....	88	习题 .....	125
习题 .....	89	<b>第九章 串行口的工作原理及其应用</b>	
<b>第六章 高速输入 HSI 的原理及应用</b> .....	90	.....	126
6-1 HSI 的工作原理 .....	90	9-1 串行口的工作原理 .....	126
一、HSI 的硬件结构及引脚控制 .....	90	一、串行口的 4 种工作方式 .....	126
二、与 HSI 有关的特殊功能寄存器 .....	91	二、与串行口有关的特殊功能寄存器 .....	127
三、HSI 中断 .....	92	三、多机通讯 .....	129
6-2 HSI 的使用方法 .....	93	9-2 串行口的编程初始化 .....	130
一、HSI 使用要点 .....	93	9-3 串行口的应用 .....	130
二、查询法 .....	93	一、方式 0 的应用 .....	130
三、中断法 .....	94	二、方式 1 的应用 .....	133
6-3 HSI 的应用 .....	96	习题 .....	136
一、用 HSI 测量脉冲 .....	96	<b>第十章 8098 单片机的硬件系统设计</b>	
二、利用 HSI 测量脉冲的频率和周期 .....	98	.....	137
习题 .....	100	10-1 8098 单片机扩展存储器芯片 .....	137
<b>第七章 高速输出 HSO 的原理及应用</b> .....	101	一、常用的程序存储器芯片 .....	137
.....	101	二、常用的数据存储器芯片 .....	141
7-1 HSO 的工作原理 .....	101	三、扩展存储器的基本方法 .....	142
一、HSO 的硬件结构及引脚 .....	101	四、8098 扩展存储器的接口电路 .....	146
二、与 HSO 有关的特殊功能寄存器 .....	102		

10-2 8098 单片机扩展并行 I/O 接口芯片 .....	149	11-3 查表程序 .....	185
一、8098 扩展 8255 并行接口芯片 .....	149	一、顺序查表法 .....	185
二、8098 扩展 8155 接口芯片 .....	155	二、计算查表法 .....	186
10-3 8098 与键盘/显示器接口 .....	160	三、单字符查表 .....	187
一、显示器的种类和型号 .....	160	四、对分搜索查表法 .....	188
二、LED 显示器 .....	160	11-4 散转程序 .....	189
三、键盘接口原理 .....	163	11-5 数字滤波程序 .....	191
四、8098 与键盘显示器的接口 .....	164	一、算术平均值法 .....	191
10-4 8098 单片机与微型打印机的接口 .....	168	二、递推平均滤波法 .....	192
一、打印机接口时序 .....	169	三、防脉冲干扰平均值法 .....	192
二、8098 与 TP- $\mu$ P-16A/40A 的接口 .....	169	<b>第十二章 8098 单片机的仿真开发工具</b>	
习题 .....	171	.....	194
<b>第十一章 8098 单片机程序设计基础</b>		12-1 开发系统介绍 .....	194
.....	172	一、开发系统的功能 .....	194
11-1 定点数运算程序设计 .....	172	二、有关开发系统性能的几个基本概念	
一、4 字节无符号数加法子程序 NADD		.....	195
.....	172	三、开发系统的基本组成 .....	196
二、4 字节无符号数减法子程序 NSUB	172	四、使用开发系统调试用户样机的基本	
三、4 字节原码加/减法子程序 DADD		方法 .....	197
/DSUB .....	173	五、常见的几种开发系统 .....	198
四、4 字节无符号数乘法子程序 UMUL		12-2 PCICE-98 开发系统 .....	201
.....	173	一、PCICE-98 开发系统的特点 .....	201
五、4 字节无符号数除法子程序 UDIV	174	二、PCICE-98 开发系统的外部结构 .....	202
11-2 浮点数运算程序设计 .....	175	三、开发系统的组建 .....	202
一、4 字节浮点数加、减法运算 .....	176	四、用户源程序的编辑、汇编 .....	203
二、4 字节浮点数乘法子程序 FMUL4 .....	181	五、用户源程序的动态调试 .....	203
三、4 字节浮点除法子程序 FDIV4 .....	182	六、EPROM 写入器的使用 .....	207
四、定点数与浮点数间的转换 .....	184	习题 .....	209
		<b>参考文献</b> .....	210



# 第一章 MCS-51 系列单片机综述

微处理器问世不过 10 多年,在这短短的时间内,它已对人类社会产生了巨大的影响。单片微型计算机作为微计算机家族中的一员,自 1976 年问世以来,以其极高的性能价格比,越来越受到人们的重视和关注。单片微型机(简称单片机),特别是 8 位单片机的出现是计算机工程应用史上的一个里程碑,结束了计算机专业人员垄断计算机工程应用的年代。单片机体积小、重量轻、抗干扰能力强、对环境要求不高、价格低廉、可靠性高、灵活性好、开发也较为容易,这样即使是非计算机专业人员,通过学习一些专业基础知识以后,也能依靠自己的技术力量,来开发所希望的单片机应用系统,并可获得较高的经济效益。正因为如此,在我国,单片机现已广泛地应用于各行各业中。

## 1-1 单片机发展概况

什么叫单片机?至今还没有一个确切的定义。普遍认为单片机就是在一块硅片上集成了 CPU、RAM、ROM(EPROM)、定时器/计数器和多种 I/O 口(如并行口、串行口及 A/D 变换器等)的一个不带外部设备的微计算机。由于单片机常用于控制装置,因此,也被称为微控制器。

单片机分为通用型和专用型两大类,通常所说的和本书所介绍的单片机都是指通用型单片机。

通用型单片机是把可开发资源(如 RAM、ROM、I/O 口等)全部提供给使用者,例如各种系列型单片机。

专用型单片机也叫专用微控制器,例如频率合成调谐器、录音机机芯控制器、打印机控制器等。

80 年代以来,单片机的发展非常迅速,就通用单片机而言,目前世界上一些著名的半导体器件厂家已投放市场的产品就有 50 多个系列,400 多个品种。从基本操作处理的数据位数来看,有 1 位单片机、4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。

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,因而表现出不同的特点,如有些单片机有很强的 I/O 驱动能力,可直接驱动 LED 数码管;有些单片机在片内 ROM 中“掩膜”了 BASIC 解释程序,因而可以理解高级语言(如 8052AH-BASIC、Z8671 等型号单片机);据国外资料报道,美国 Inmos 公司的低档高速 16 位单片机 IMST212,其指令操作速度已达到 10MIPS(每秒 1 千万条指令),这是目前并行处理速度最高的单片机。而该公司 1986 年推出的 32 位单片机 IMST414 则是目前并行处理数据位数最高的单片机。据悉,浮点公司利用这种单片机作为协处理器,正在设计制造超高速计算机系统。

16 位单片机于 1982 年诞生,本来很多专家估计会较快地取代 8 位机,但事实上 16 位单片机的增长速度没有预料的那么快。但自从 Intel 公司在 1988 年推出准 16 位单片机 8098 以来,给 16 位单片机市场注入了活力。

单片机的品种日益增多,但就众多型号的单片机而言,以 Intel 公司的 MCS 系列单片

机最为著名，目前已推出三个系列：MCS-48、MCS-51、MCS-96。尤其是MCS-51系列单片机，由于其控制功能强、系列齐全、成本低廉，因而应用最广泛，已成为目前世界上销量最多的单片机之一。Intel公司的单片机应用广泛的另一重要原因是，Intel公司的外围配套接口芯片品种齐全，单片机可根据不同的需要，选择不同的外围接口芯片，并且接口电路简单，很容易组成各种不同的应用系统。

## 1-2 MCS-51 系列单片机

Intel公司在研制成8080多片微型计算机后，于1976年推出了真正的单片机——MCS-48系列微型计算机。MCS-48最典型的产品为8048，它是在一个40只引脚的大规模集成电路芯片内，包含有8位CPU，1K字节的ROM程序存储器，64字节的RAM数据存储器，一个8位的定时器/计数器，27根输入输出线。

在MCS-48系列的基础上，80年代初Intel公司又推出了高性能的MCS-51系列8位单片微型计算机，与MCS-48系列相比，在片内存储器容量、I/O口的功能以及指令系统功能等方面，都有大幅度提高。MCS-51单片机特别适用于实时控制、智能仪表、主从结构的多机系统等领域，是控制型应用领域中最理想的8位机。

MCS-51系列单片机包括8051、8751和8031这三个基本产品，还包括8052、8032等改进型产品，它们的引脚和指令系统完全兼容，但在内部结构和应用特性方面存在一些差异。

8051内部包含一个8位微处理器、128字节的RAM、4K字节的ROM、21个特殊功能寄存器、4个8位并行口、一个全双工串行口、两个16位的定时/计数器。一个单片8051就是一台完整的计算机。8051 ROM内的程序是Intel公司制作芯片时代为用户烧制的，因而成品8051都是含有特殊用途的专用单片机，目前在国内很难采用。

8751具有4K字节的EPROM，取代了8051中的ROM，其它指标与8051相同，用户可以将程序固化在EPROM中。

8031内部没有ROM，但外接一片EPROM即相当于8751，它具有价格低、功能强、使用灵活、开发方便等特点，已在我国得到了广泛的推广应用。

本书用到的MCS-51或8031这两个名词，前者指8051、8751和8031三个产品，后者则特指8031。

## 1-3 MCS-51 单片机的硬件结构

从本节开始介绍MCS-51单片机的硬件结构，特别是面向用户的一些硬件。通过本节的学习，可以使读者对MCS-51单片机的硬件结构有较为详细的了解。

### 一、MCS-51 单片机硬件结构的特点

MCS-51单片机是在MCS-48基础上推出的增强型产品，它的出现直接与HMOS工艺的发展有关，由于提高了集成度，因而增强了片内硬件的性能，并扩展了功能单元的种类和数量。

MCS-51 单片机的硬件结构上有如下一些显著特点:

(1) 片内有 128 个单元 RAM(在 8051 和 8751 片内还有 4K 的 ROM 或 EPROM), 在寻址空间上可以扩大到外部程序存储器 64K 字节, 外部数据存储器 64K 字节。

(2) 片内 I/O 口的数量和种类较多且齐全, 尤其是有一个全双工的串行口。

(3) 具有 5 个中断源、两级优先权的中断系统结构。

(4) 两个 16 位的定时/计数器, 在指令控制下, 可实现四种工作模式。

(5) 具有位处理器, 可有效地实现复杂的过程控制。

我们还可进一步把 MCS-51 单片机与单板微机(例如 TP801)进行比较。显然在硬件上 MCS-51 单片机相当于将基本规模单板机具有的部件复合在一块芯片上, 而且在很多方面已超过了单板机的功能。与 Z80 的指令系统相比较, 除去数据块传送能力相对较弱和非多累加器结构外, MCS-51 的性能已大大超过 Z80。如 MCS-51 增加了乘、除法指令, 有完善的位处理指令, 有 32 个通用寄存器, 通用寄存器的内容可整组进栈或出栈, 128 字节的片内 RAM 可直接寻址, 在进行算术和逻辑运算时, 其功能等同于寄存器。

特别值得一提的是 MCS-51 的位处理器。它实际上是一个完整的 1 位微计算机, 这个 1 位机有自己的 CPU、位寄存器、I/O 口和指令集。把 8 位微机和 1 位微机关在一起是微机技术上的一个突破。1 位机在开关决策、逻辑电路仿真和实时控制方面非常有效, 而 8 位机则在运算处理、数据采集方面有明显的长处。在 MCS-51 单片机中 8 位机和 1 位机(位处理器)的硬件资源是复合在一起的, 二者相辅相成, 这是 MCS-51 在设计上的精美之处, 也是一般微机所不具备的。

## 二、MCS-51 的引脚

HMOS 的 MCS-51 系列单片机采用 40 只引脚的双列直插封装(DIP)方式, 如图 1-1 所示。

40 条引脚中有 2 条专用于主电源的引脚, 2 条外接晶体的引脚, 4 条控制或与其它电源复用的引脚, 32 条 I/O 引脚, 下面分别叙述这 40 条引脚的功能。

### 1. 主电源引脚 $V_{SS}$ 和 $V_{CC}$

$V_{SS}$ (20 脚), 接地;

$V_{CC}$ (40 脚), 接 +5 V 电源。

### 2. 外接晶体引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1(19 脚)是接外部晶体的一个引脚。

在单片机内部, 它是一个反相放大器的输入端, 这个放大器构成了片内振荡器, 当采用外部振荡器时, 此引脚应接地。

XTAL2(18 脚)接外部晶体的另一端, 在单片机内部接至上述振荡器反相放大器的输出端。采用外部振荡器时, 该引脚接收振荡器的信号, 即把此信号直接接到内部时钟发生器的输入端。

### 3. 控制或与其它电源复用引脚

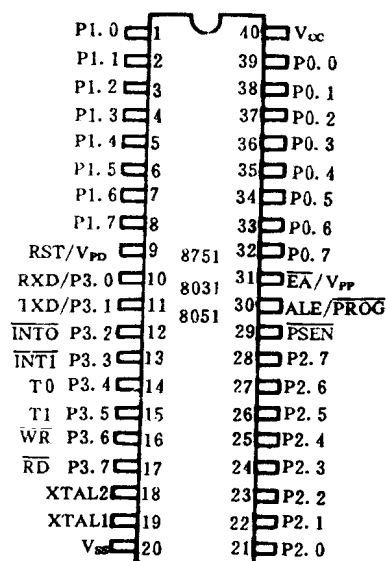


图 1-1 MCS-51 引脚图

(1) RST/VPD (9 脚): 当振荡器运行时, 在此引脚上出现两个机器周期的高电平将使单片机复位。

$V_{cc}$  掉电期间, 此引脚可接上备用电源, 以保持内部 RAM 的数据, 当  $V_{cc}$  掉到规定值之下, 而  $V_{PD}$  保持在其规定电压范围 ( $5 \pm 0.5$  V) 内时,  $V_{PD}$  就向内部 RAM 提供备用电源。

(2) ALE/ $\overline{\text{PROG}}$  (30 脚): 当访问外部存储器时, ALE(地址锁存允许)的输出用于锁存地址的低字节。

对于 EPROM 型单片机(如 8751), 在 EPROM 编程期间, 此引脚用来输入编程脉冲( $\overline{\text{PROG}}$ )。

(3)  $\overline{\text{PSEN}}$  (29 脚): 当此脚的输出是外部程序存储器的读选通信号。

(4)  $\overline{\text{EA}}/V_{PP}$  (31 脚): 当  $\overline{\text{EA}}$  端保持高电平时, 访问内部程序存储器, 但 PC (程序计数器) 值超过 0FFFH (对于 8051、8751 来说) 时, 将自动转向执行外部程序存储器内的程序。当  $\overline{\text{EA}}$  保持低电平时, 不管是否有内部程序存储器, 只访问外部程序存储器。对于 8031, 由于没有内部程序存储器, 所以该脚必须接地, 这样只能选择外部程序存储器。

对于 EPROM 型单片机, 在 EPROM 编程期间, 此引脚用于施加 21 V 的编程电源 ( $V_{PP}$ )。

#### 4. I/O 通道引脚

(1) P0 口: 双向 8 位三态 I/O 口, 与地址总线(低 8 位)及数据总线复用, 可带 8 个 TTL 负载。

(2) P1 口: 8 位准双向 I/O 口, 可带 4 个 TTL 负载。

(3) P2 口: 8 位准双向 I/O 口, 与地址总线(高 8 位)复用, 可带 4 个 TTL 负载。

(4) P3 口: 8 位准双向 I/O 口, 复用双功能口。

## 1-4 MCS-51 内部结构及中央处理器

### 一、结构框图

MCS-51 系列单片机片内结构如图 1-2 所示, 它由 8 个部件通过片内单一总线连接而成。部件有微处理器 (CPU)、数据存储器 (RAM)、程序存储器 (ROM/EPROM)、I/O (P0—P3 口)、串行口、定时/计数器、中断系统及特殊功能寄存器 (SFR)。其基本结构依然是通用 CPU 加上外围芯片的结构模式, 但在功能单元的控制上却有了重大变化, 采用了特殊功能寄存器 (SFR) 的集中控制方法。

### 二、CPU

MCS-51 的 CPU 是由运算部件和控制部件所构成的。

#### 1. 运算部件

运算部件包括算术逻辑部件 ALU、位处理器、累加器 A、寄存器 B、暂存器以及程序状态字 PSW 寄存器等。该模块的功能是实现数据的算术逻辑运算、位变量处理和数据传送操作。

ALU 的功能十分强, 它不仅可对 8 位变量进行逻辑“与”、“或”、“异或”、循环、求补

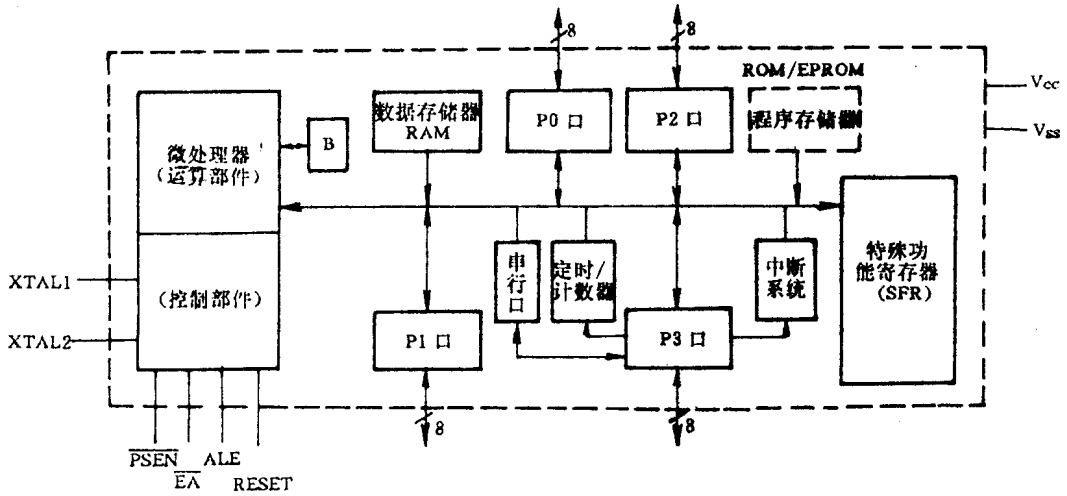


图 1-2 MCS-51 单片机片内结构

和清零等基本操作，还可以进行加、减、乘、除等基本运算。ALU 还具有一般微机 ALU 所不具备的功能，即位处理操作，它可对位 (bit) 变量进行布尔处理，如置位、清零、求补、测试转移及逻辑“与”、“或”等操作。由此可见，ALU 在算术运算及控制处理方面能力是很强的。

累加器 A 是一个 8 位累加器。从功能上看，它与一般微机的累加器相比没有什么特别之处，但需说明的是 A 的进位标志  $C_y$  是特殊的，因为它同时又是位处理机的累加器。

寄存器 B 是为执行乘法和除法操作设置的，一般情况下可把它当作一个暂存器使用。

MCS-51 的程序状态字 PSW，是一个 8 位寄存器，它说明程序的状态信息，PSW 各位定义如下：

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PSW	$C_y$	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

其中 PSW.1 位是保留位，未用。

(1)  $C_y$ (PSW.7)：进位标志位，在执行算术和逻辑指令时，可以被硬件或软件置位或清除，在位处理机中，它是位累加器。

(2) AC(PSW.6)：辅助进位标志位，当进行加法或减法操作产生由低 4 位数（十进制中的一个数字）向高 4 位进位或借位时，AC 被硬件置 1，否则清除。AC 位用于十进制调整，同 DA 指令结合起来用。

(3) F0(PSW.5)：用户自定义标志位，它是由用户定义的一个状态标志，可用软件使其置位或清除，也可以靠软件测试 F0 来控制程序的流向。该标志位在编程时特别有用。

(4) RS1、RS0(PSW.4、PSW.3)：寄存器区选择控制位 1 和位 0，这两位用来选择四组工作寄存器（四组寄存器均在单片机内的 RAM 区中），它们与各组的对应关系如下：

RS1	RS0	
0	0	区 0 (地址 00H—07H)
0	1	区 1 (地址 08H—0FH)

1	0	区 2 (地址 10H—17H)
1	1	区 3 (地址 18H—1FH)

(5) OV(PSW. 2): 溢出标志位。当执行算术指令时, 由硬件置位或清除, 以指示溢出状态。

(6) P(PSW. 0): 奇偶标志位。每个指令周期都由硬件来置位或清除, 以表示累加器 A 中值为 1 的个数的奇偶性。若为奇数, 则 P 置位, 否则清除。此标志位对串行通讯中的数据传输有重要的意义, 常用奇偶检验的方法来检验数据传输的可靠性。

## 2. 控制器

控制器是单片机的神经中枢, 以主振频率为基准, 发出 CPU 时序, 对指令进行译码, 并发出各种控制信号。控制器将各个硬件环节组织在一起协同工作。

MCS-51 的时序并不复杂, 它的一个机器周期包括 12 个振荡周期 (晶振主频率), 这 12 个振荡周期又分为 6 个状态 (S1--S6), 也就是说, 每个状态包含了两个振荡周期 P1 和 P2。因此 MCS-51 的时序可表示为 S1 P1、S1 P2、S2 P1、S2 P2、……S6 P2。在一个机器周期中通常出现两次 ALE 信号, 即从 ROM 中取两次操作码, 读入指令寄存器; 指令周期的执行开始于 S1 P2 时刻, 而总是结束于 S6 P2 时刻。MCS-51 的指令周期一般只有 1~2 个机器周期, 只有乘、除两条指令为 4 个机器周期, 当使用 12 MHz 晶体作主频率时, 执行一条指令的时间, 也就是一个指令周期为 1 μs (这类指令占全部指令的一半)、2 μs 及 4 μs。

## 1-5 MCS-51 存储器的结构

MCS-51 的存储器可以划分为五类: ①程序存储器。一个微机系统之所以能够按照一定的次序进行工作, 主要在于内部存在着程序, 程序实际上是一串二进制码, 该二进制码存放在程序存储器之中, 8031 由于无内部 ROM, 所以只能外扩 EPROM 来存放程序。②内部数据存储器。MCS-51 单片机内部有 128 个字节的随机存取存储器 RAM, 作为用户的数据寄存器, 可以满足大多数控制型应用场合的需要。③特殊功能寄存器(SFR - Special Function Register)。特殊功能寄存器反映了 MCS-51 的状态, 实际上是 MCS-51 的状态字及控制字寄存器, 例如前面提到的 PSW 程序状态字寄存器, 就是一个特殊功能寄存器。掌握好 SFR 对于掌握 MCS-51 单片机是非常重要的。SFR 综合地、实时地反映了整个单片机基本系统内部工作状态及工作方式, 在单片机中设置 SFR, 可以为程序设计带来不少方便。④位地址空间。MCS-51 的一个很大优点是它具有一个功能很强的位处理机。在 MCS-51 指令系统中, 包括位处理指令的子集, 使用这些指令, 可以处理 1 位二进制数。在 MCS-51 单片机内共有 211 个可寻址位, 它们存在于内部 RAM (128 个寻址位) 和特殊功能寄存器区 (83 个寻址位) 中。⑤外部数据存储器。MCS-51 应用系统往往是一个扩展系统, 当片内 RAM 不够用时, 可在外部扩展数据存储器。

MCS-51 外部存储器结构采用程序存储器与数据存储器分开的哈佛结构。

### 一、程序存储器

程序存储器用于存放编好的程序和表格常数, 由于 8031 无内部程序存储器, 因而只能外扩。

8031 最多可外扩 64 K 程序存储器，其中有 5 个单元具有特殊用途。

8031 复位后程序计数器 PC 的内容为 0000H，故系统必须从 0000H 单元开始取指令，执行程序。0000H 是系统的起动脉址，一般在该单元中存放一条绝对跳转指令，跳向用户设计的主程序。

除 0000H 单元外，其它 5 个特殊单元分别对应于 5 种中断源的中断服务程序的入口地址，见表 1-1。

表 1-1 各种中断服务子程序的入口地址

中 断 源	入 口 地 址
外部中断 0	0003H
定时器 0	000BH
外部中断 1	0013H
定时器 1	001BH
串行口	0023H

通常在这些入口地址处都存放一条绝对跳转指令。加跳转指令的目的是由于两个中断入口间仅有 8 个单元，存放中断服务程序一般是不够的。

### 二、内部数据存储器

MCS-51 的内部数据存储器单元共有 128 个，地址为 00H—7FH。MCS-51 对其内部的 RAM 存储器有很丰富的操作指令，从而使得用户在设计程序时，非常方便。图 1-3 为 MCS-51 内部数据存储器的结构。

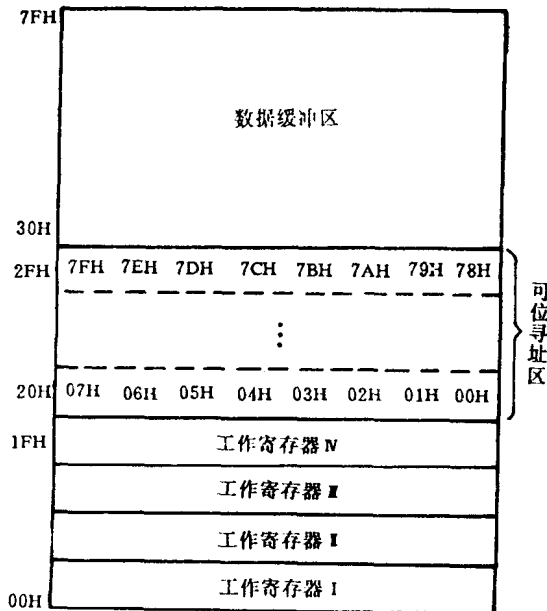


图 1-3 MCS-51 内部数据存储器结构

地址为 00H—1FH 的 32 个单元是 4 个通用工作寄存器区，每个区含 8 个 8 位寄存器，编号为 R0—R7。用户可以通过指令改变 PSW 中的 RS1、RS0 这两位来切换寄存器区，这种功能给用户程序保护寄存器内容提供了极大的方便。

地址为 20H—2FH 的 16 个单元可进行位寻址，这些单元构成了位处理机的存储器空间。单元中的每一位都有自己的位地址，这 16 个单元还可以进行字节寻址。

### 三、特殊功能寄存器(SFR)

MCS - 51 中的特殊功能寄存器 SFR 是一些具有特殊功能的 RAM 单元，地址范围为 80 H—FFH。特殊功能寄存器的总数为 21 个，离散地分布在该区域中，其中有些 SFR 还可以进行位寻址。图 1 - 4 是 SFR 的名称及其分布。

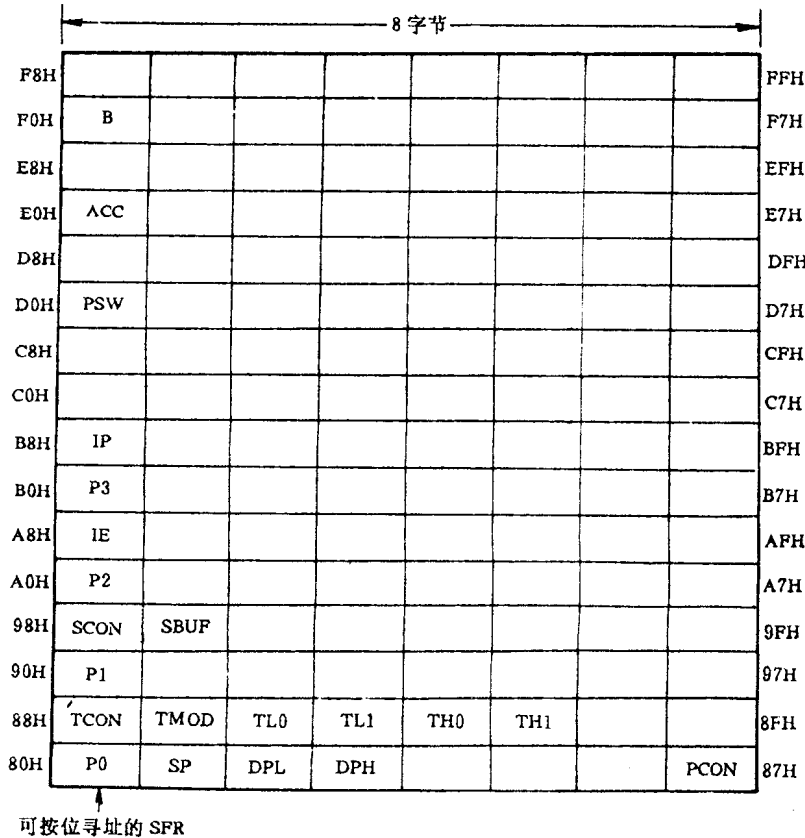


图 1 - 4 SFR 的名称及其分布

从图 1 - 4 中可发现一个规律，凡是可进行位寻址的 SFR，其字节地址（十六进制）的末位，只能是 0H 或 8H。

### 四、位地址空间

MCS - 51 有一个功能很强的位处理器，它实际上是一个完整的 1 位微计算机。1 位机在开关决策、逻辑电路仿真和实时控制方面非常有效。MCS - 51 指令系统中有丰富的位操作指令，这些指令构成了位处理机的指令集。在 RAM 和 SFR 中共有 211 个寻址位，位地址的范围为 00 H—FFH，其中位地址 00H—7FH 的 128 个位处于内部 RAM 字节地址 20H—2FH 单元中，如图 1 - 3 所示。其余的 83 个可寻址位分布在特殊功能寄存器中。可位寻址的特殊功能寄存器 (SFR) 单元，其最低的位地址等于其字节地址，并且其字节地址的末位都为 0H 或 8H。



## 五、外部数据存储器

MCS-51 单片机内部有 128 个字节的 RAM 作为数据存储器, 最多可外扩 64 K 字节的 RAM 或 I/O 口, 这对很多应用领域已完全满足。

### 1-6 I/O 端 口

MCS-51 单片机的四个 8 位并行口的功能各不相同。

P0 口是三态双向口, 通称数据总线口, 因为只有该口能直接用于对外部存储器的读/写操作。P0 口还可用于输出外部存储器的低 8 位地址。由于是分时输出, 故应在 P0 口加锁存器将此地址锁存, 地址锁存控制信号为 ALE。

P1 口是专门供用户使用的 I/O 口, 是准双向口。

P2 口供系统扩展时作高 8 位地址线用。如果没有系统扩展, 例如使用 8051/8751 单片机时, P2 口也可以作为用户 I/O 口线使用。P2 口也是准双向口。

P3 口是双功能口, 值得强调的是, 该口的每一位均可独立地定义为第一 I/O 口功能或第二 I/O 口功能。作为第一功能使用时, 口的结构和操作与 P1 口相同。表 1-2 中列出了 P3 口的第二功能。

表 1-2 P3 口的第二功能

	第二功能标记	第 二 功 能		第二功能标记	第 二 功 能
P3.0	RXD	串行输入口	P3.4	T0	定时/计数器 0 外部输入
P3.1	TXD	串行输出口	P3.5	T1	定时/计数器 1 外部输入
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 输入	P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部数据存储器写选通
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 输入	P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部数据存储器读选通

### 1-7 MCS-51 的定时/计数器

MCS-51 单片机内有两个可编程的 16 位定时/计数器, 记作 T0 和 T1。T0 和 T1 具有两种工作方式: ①作为定时器, ②作为事件计数器。作为定时器使用时, 每一机器周期给定时/计数器加 1。由于每个机器周期包含 12 个振荡周期, 故计数的速率是振荡器频率的 1/12。作为计数器使用时, 每当 T0 或 T1 的外输入信号引脚(即 P3.4 脚或 P3.5 脚)由 1 转 0 时, 计数器加 1。

定时器 T0 和 T1 除具有两种工作方式外, 还具有四种工作模式。

工作方式和工作模式的选择由特殊功能寄存器 TMOD 的相应位来决定, 用户只要用一条指令对 TMOD 初始化便可得到相应的工作方式和模式。

TMOD 的高 4 位控制定时器 T1, 低 4 位控制定时器 T0, 字节地址为 89H。

还有一个与定时/计数器有关的特殊功能寄存器 TCON, 但实际上只有高 4 位与定时/计数器有关, 其低 4 位只与外中断有关。这个 SFR 的字节地址为 88H, 位地址为 88H—8FH。