

MCS - 51 系列

单片机原理与应用

江太辉 石秀芳 编著

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书共有 13 章,详细讲述了 MCS-51 系列单片机的结构、组成原理和指令系统;对 MCS-51 单片机的扩展、I/O 接口电路设计、A/D 和 D/A 转换器的接口以及输入输出设备的接口电路设计都作了较详细介绍,特别介绍了带有闪速存贮器的单片机 AT80C1051/2051 和 AT89C51;还阐述了在单片机应用系统设计中应注意的事项及抗干扰设计的问题;最后是专为本书设计的 14 个实验。书中有许多应用实例可供学习,每章后面都附有启迪性的思考题和习题。

本书可作为大专院校电子工程、通信工程、自动控制、机电工程和计算机应用等专业的教材,也可作为单片机学习班的培训教材及从事微型计算机应用工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 系列单片机原理与应用/江太辉,石秀芳编著. —广州:华南理工大学出版社,2002. 8(2004. 7 重印)

ISBN 7-5623-1855-7

I. 单… II. ①江…②石… III. 单片微型计算机, MCS-51 系列-高等学校-教材 IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 050731 号

总 发 行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com>

责任编辑: 张 颖

印 刷 者: 广东省阳江市教育印务公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 462 千

版 次: 2004 年 7 月第 1 版第 2 次印刷

印 数: 3 001 ~ 5 000 册

定 价: 29.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

由于单片机具有体积小、价格便宜、稳定可靠及控制能力强的独特优点,因而受到人们的重视,其应用领域越来越广泛,效果越来越显著。为了满足进一步推广单片机的应用和教学的需要,我们在多年从事单片机教学和技术开发实践的基础上,编写了本书。

本书较全面地介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统及其接口电路设计等,可作为大专院校电子工程、通信工程、自动控制、机电工程和计算机应用等专业的教材。全书共有 13 章,第 1 章简要说明了 Intel 公司的 MCS 系列单片机的主要特性;第 2、3 章详细讲述 MCS-51 系列单片机的结构及指令系统;第 4、5 章为定时器/计数器、中断系统及串行口的特性和工作方式;第 6、7 章是 MCS-51 系列单片机的系统扩展和扩展 I/O 接口电路设计;第 8 章介绍程序设计的几种方法;第 9、10 章主要说明 A/D 和 D/A 转换器、输入输出设备与 8031 单片机接口电路设计;第 11 章特意介绍了近年来广泛应用的带有闪速存储器的单片机 AT89C1051/2051 和 AT89C51;第 12 章通过实例说明单片机应用系统设计中应注意的事项和有关抗干扰设计的问题;第 13 章介绍了 14 个实验。

本书在内容编排上,特别注重理论与实际结合,书中有许多应用实例可供学习,每章后面还配有思考题与习题,供读者思考与练习,以加深对本书内容的理解。本书的内容较丰富,可根据不同学时选择其中一些章节讲授,其中第 1 至 6 章为基本内容,是学生应掌握的。

本书的第 1、4、6、9 章由石秀芳执笔,其余各章由江太辉执笔。

华中科技大学谢瑞和教授仔细审阅了全书,提出了许多宝贵的意见;五邑大学校领导和教务处领导对本书的编写与出版给予了许多关心和支持,在此一并表示衷心的感谢。

书中不妥之处,恳请读者指正。

编者

2002 年 5 月

目 录

1 单片微型计算机概述	(1)	3.2.5 变址寻址	(23)
1.1 单片微型计算机	(1)	3.2.6 相对寻址	(23)
1.2 Intel 公司 MCS 系列单片机简介	(3)	3.2.7 位寻址	(23)
1.2.1 MCS-48 系列单片机	(3)	3.3 MCS-51 指令分析	(23)
1.2.2 MCS-51 系列单片机	(3)	3.3.1 数据传送指令	(24)
1.2.3 MCS-96 系列单片机	(4)	3.3.2 算术运算指令	(30)
思考题与习题	(4)	3.3.3 逻辑操作类指令	(38)
2 MCS-51 系列单片机结构分析	(5)	3.3.4 控制程序转移指令	(42)
2.1 MCS-51 系列单片机的主要应用特性	(5)	3.3.5 布尔变量操作类指令	(50)
2.2 MCS-51 的内部结构	(6)	思考题与习题	(55)
2.3 MCS-51 引脚说明	(7)	4 定时器/计数器与中断系统	(59)
2.3.1 主电源引脚	(7)	4.1 定时器/计数器的工作方式	(59)
2.3.2 外接晶体引脚	(7)	4.1.1 方式 0	(60)
2.3.3 控制或其他电源复用引脚	(8)	4.1.2 方式 1	(61)
2.3.4 输入/输出引脚	(9)	4.1.3 方式 2	(61)
2.4 输入/输出口	(9)	4.1.4 方式 3	(62)
2.4.1 P1 口	(10)	4.2 MCS-51 的中断结构及中断请求源	(62)
2.4.2 P3 口	(10)	4.3 中断控制及中断响应过程	(64)
2.4.3 P0 口和 P2 口	(11)	4.3.1 中断控制	(64)
2.5 存储器结构	(11)	4.3.2 中断响应过程	(65)
2.5.1 程序存储器	(12)	4.4 外部中断方式选择及中断响应时间	(66)
2.5.2 内部数据存储器	(13)	4.4.1 外部中断方式选择	(66)
2.5.3 特殊功能寄存器(专用寄存器)	(14)	4.4.2 外部中断响应时间	(67)
2.6 MCS-51 的时序分析	(18)	4.5 8031 的单步运行控制	(67)
思考题与习题	(19)	4.6 多个外部中断源的设计	(68)
3 MCS-51 指令系统	(20)	4.6.1 定时器中断作为外部中断的使用方法	(68)
3.1 MCS-51 指令系统的分类及一般说明	(20)	4.6.2 中断和查询结合的方法	(69)
3.2 MCS-51 的寻址方式	(21)	4.7 定时器/计数器及中断编程应用	(70)
3.2.1 立即寻址	(21)	4.7.1 定时器 T0 方式 0 的应用	(70)
3.2.2 直接寻址	(22)	4.7.2 定时器 T0 方式 1 的应用	(71)
3.2.3 寄存器寻址	(22)	4.7.3 定时器 T0 方式 2 的应用	(72)
3.2.4 寄存器间接寻址	(22)	4.7.4 定时器 T0 方式 3 的应用	(72)

4 7.5 门控位 GATE 的应用	(73)	7 1 1 8255A 的结构	(112)
思考题与习题	(74)	7.1.2 8255A 的工作方式和选择	(114)
5 MCS-51 串行口	(76)	7.1.3 8255A 的应用举例	(118)
5 1 串行通信的基本概念	(76)	7 2 8155H/8156H 与 8031 的接口电路设计	(122)
5.1.1 通信数据的传输方式	(76)	7 2.1 8155H 的结构及引脚说明	(122)
5.1.2 串行通信的两种基本通信方式	(77)	7 2.2 CPU 对 8155H 的 RAM 单元和 I/O 口寻址方法	(123)
5.1.3 串行通信数据的传送速率	(78)	7.2.3 命令寄存器及状态寄存器	(125)
5 2 串行口的工作方式	(78)	7.2.4 8155H 内部定时器的应用	(132)
5.2.1 方式 0	(79)	思考题与习题	(133)
5.2.2 方式 1	(80)	8 MCS-51 程序设计	(134)
5.2.3 方式 2	(81)	8.1 查表程序设计	(134)
5.2.4 方式 3	(82)	8 2 散转程序设计	(138)
5.3 波特率的设计	(83)	8.2.1 使用转移指令表的散转程序	(138)
5 3 1 定时器 T1 的溢出率计算	(83)	8.2.2 使用地址偏移量表的散转程序	(139)
5.3.2 串行口工作方式 1 和 3 波特率的设计	(84)	8.2.3 使用转向地址表的散转程序	(140)
5 4 串行口的多机通信	(85)	8.2.4 利用 RET 指令实现散转程序	(141)
5 5 串行口的编程和应用	(86)	8.3 循环程序设计	(141)
5.5.1 串行口发送和接收	(86)	8.3.1 计数控制循环结构程序	(142)
5.5.2 双机通信	(88)	8.3.2 条件控制循环结构程序	(144)
思考题与习题	(93)	8.3.3 多重循环结构程序	(146)
6 MCS-51 单片机的系统扩展	(94)	8 4 数据拼拆与转换程序设计	(150)
6 1 外部程序存储器设计	(94)	8.4.1 数据拼拆	(150)
6 1 1 扩展程序存储器的接口设计分析	(94)	8 4 2 ASCII 码与二进制数的转换	(152)
6 1 2 2732 与 8031 的接口电路设计	(96)	8 4 3 BCD 码与二进制数的转换	(153)
6 1 3 外扩 8KB EPROM 的 8031 系统	(100)	思考题与习题	(158)
6.1.4 扩展 16KB 的接口电路	(103)	9 D/A 和 A/D 转换器及接口电路设计	(160)
6 2 外部数据存储器设计	(105)	9.1 8 位 D/A 转换器及其与单片机的接口	(160)
6.2.1 扩展 2KB RAM 的接口电路	(107)	9 1.1 8 位 D/A 转换电路 DAC0832 的结构及引脚说明	(160)
6.2.2 扩展 8KB RAM 的接口电路	(107)		
6 2 3 扩展 16KB RAM 和 16KB EPROM 的接口电路	(109)		
思考题与习题	(110)		
7 扩展 I/O 接口电路设计	(112)		
7 1 8255A 并行接口	(112)		

9 1.2 DAC0832 与 8031 的接口电路 (162)	10.3 4 打印程序举例 (194)
9.2 12 位 D/A 转换器 DAC1208 与 8031 的接口电路 (164)	10 4 RS-232C 接口设计 (200)
9 2.1 DAC1208 的结构、特性及引脚 功能 (165)	10 4.1 RS-232C 的特性 (200)
9.2.2 DAC1208 与 8031 的接口电路 (167)	10 4 2 RS-232C 的信号连接方法 (202)
9.3 模数(A/D)转换器与 8031 接口电 路设计 (168)	10.4 3 RS-232C 的电平连接器 (203)
9.3.1 A/D 转换器的种类 (168)	10 4 4 RS-232C 的标准接口设计 (203)
9.3 2 A/D 转换器的技术指标 (168)	10 4 5 非标准通信接口 (204)
9.3 3 ADC0808/0809 与 8031 的接 口设计 (169)	思考题与习题 (205)
9 3.4 MC14433(5G14433) 与 8031 的接口设计 (172)	11 带有闪速存贮器的单片机 (207)
9.4 A/D、D/A 转换器综合应用举例 (175)	11.1 AT89C1051 Flash 单片机 (207)
9.4 1 D/A 转换电路试验 (175)	11 1 1 结构框图及引脚 (207)
9 4.2 A/D 转换电路试验 (176)	11 1.2 振荡器及专用寄存器 (209)
9.4.3 A/D 和 D/A 联合试验 (177)	11 1 3 指令的约束条件及 CPU 工 作方式 (210)
思考题与习题 (178)	11 1 4 对 Flash 存贮器编程 (211)
10 输入输出设备接口设计 (179)	11.2 AT89C2051 Flash 单片机 (214)
10.1 键盘接口技术 (179)	11 2 1 AT89C2051 的功能及引脚 (214)
10.1 1 键盘的工作原理 (179)	11 2 2 AT89C2051 的振荡器和专 用功能寄存器 (215)
10.1 2 程控扫描方式 (180)	11 2.3 指令约束条件和 CPU 的工 作方式 (216)
10.1 3 定时扫描方式 (183)	11.2.4 对 Flash 存贮器编程 (217)
10 1.4 中断扫描方式 (184)	11 3 AT89C51/LV51 Flash 单片机 (220)
10 1.5 专用键盘显示控制芯片 8279 与 8031 的接口 (184)	11 3 1 结构框图 (220)
10.2 显示器与 8031 的接口电路 (188)	11.3 2 AT89C51 的引脚 (220)
10 2.1 七段数码显示器(LED) (188)	11 3 3 振荡器和 CPU 工作方式 (223)
10.2 2 数码显示器与 8031 的接口 电路 (188)	11 3.4 对 Flash 存贮器编程 (225)
10 3 GP16 微型打印机结构及其接口 (190)	11 4 AT89LV51 Flash 单片机 (229)
10.3 1 GP16 微型打印机结构及接 口信号 (190)	思考题与习题 (230)
10 3.2 GP16 的打印命令和工作方 式 (191)	12 MCS-51 应用系统设计与抗干扰问 题 (231)
10.3 3 GP16 与 8031 的接口电路 (194)	12 1 单片机应用系统的设计与调试 (231)
	12 1.1 单片机应用系统的设计步骤 (231)
	12 1 2 8031 单片机应用系统的联机 调试 (233)

1 单片微型计算机概述

1.1 单片微型计算机

单片微型计算机(以下简称单片机),作为微型计算机发展中的一个分支,十几年来发展十分迅速。由于单片机具有高可靠性、超小型、价格低廉和容易产品化等特点,在智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端、通信设备、医疗器械、汽车电器、导航系统和家用电器等领域有着广泛的用途,正在取代各种类型的传统电子产品,只要用上一个单片机就能起到使这类产品升级换代的功效。

我国在推广使用 MCS-48 系列单片机取得可喜成果的基础上,开始广泛地应用功能更强、更完善的 8 位高档 MCS-51 系列单片机,它不仅能构成较简单的应用系统,而且更适用于各类复杂的要求较高的实时应用系统。因此 MCS-51 系列单片机的推广应用,进一步促进了我国工业技术的改造以及其他领域的技术更新,向自动化、小型化和智能化方向迈进。在推广使用 MCS-51 单片机的基础上,近几年来,也有一些新的单片机品种出现。例如, Microchip 公司开发的 PIC 系列单片机由于它具有一些独特的优点而受到人们的重视。

1976 年,美国 Intel 公司研制成功 MCS-48 单片机,成为单片机划时代的里程碑,标志着大规模集成电路技术的伟大成就,即在一块微小的芯片上生成一台计算机。其后,针对不同的用户的需要又研制出了各种产品,形成了 MCS-48 系列单片机。

由于单片机一问世,应用领域十分广泛,因此世界各家公司都争先推出自己的单片机。例如,美国的 Motorola 公司推出 6801、6802 和 6805 等单片机;Zilog 公司推出 Z-8 系列单片机;Rockwell 公司推出 6501 和 6502 产品等等。这一阶段单片机的特点是 RAM 和 ROM 的容量小,寻址范围为 4KB,大部分仅有并行 I/O 口,无串行 I/O 口,这就限制了它的应用。

随着 HMOS 技术的发展,Intel 公司在 1980 年推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机。它与 MCS-48 系列中的 8048 单片机相比,硅片面积为原来的 1.4 倍,内部程序存储器容量为原来的 4 倍,数据存储器容量增加了 1 倍,工作寄存器扩大了 1 倍,有两个 16 位定时器/计数器,并行 I/O 线增至 32 根,增设了全双工串行 I/O 口,由此可见其功能增加了很多。

其他公司相继推出的高档 8 位系列单片机有日本的 NEC 公司推出的 $\mu\text{COM}-78 \times \times$ 系列 8 位高档单片机,7800 与 8080 兼容,7801 与 Z-80 兼容,采用 NMOS 工艺,内部 ROM 为 4KB~6KB, RAM 为 64~128~256B,有 8~16 位定时器/计数器,5 个中断源,有串行 I/O 口,A/D 转换,有硬件乘法器、除法和 16 位寄存器。TI 公司推出的 TMS-7000 系列单片机,采用微程序化指令,用户可部分设计出自己所需要的指令,更为灵活方便。日立公司 HD63L05 单片机,采用 CMOS 技术,只要一节电池(3V)即能工作,这就为野外作业的设备、仪器仪表的应用提供了方便。表 1-1 列出了部分单片机的性能。

1983年, Intel公司推出了新的16倍MCS-96系列单片机。它在一块芯片上集成了13万多个晶体管, 片内包含232B RAM、8KB ROM, 4或8路10位A/D转换器, 一个全双工串行I/O口, 寻址范围为64KB, 它的部分指令可支持32位多字节处理。

表 1-1 部分单片机性能表

公司名	系列	ROM形式			ROM	RAM	寻址范围	定时器计数器	I/O		中断源	指令系统
		EPROM	ROM	外接ROM					并行	串行A/D		
Intel公司	MCS-48	8748	8048	8035	1KB	64B	4KB	1×8位	2×8位		2	专用96条
		8749	8049	8039	2KB	128B	4KB	1×8位	2×8位		2	
		8750	8050	8040	4KB	256B	4KB	1×8位	2×8位		2	
	MCS-51	8751	8051	8031	4KB	128B	64KB	2×16位	2×8位	1	5	专用,有乘、除指令
		UPI-41	8741	8041	1KB	46B	4KB	1×8位	2×8位		2	
Motorola公司	6801	68701	6801	6803	2KB	128KB	64KB	2×16位	3×8位 1×5位	1	3	与6800兼容
		6805	68705	6805	146805R	1K/2KB	64/234B	8KB	1×8位	2×8位 1×4位	1	
		68705R	6805R		2KB	64/112E	8KB	1×8位	2×8位 1×4位		2	
Zilog公司	Z-8		Z8601	Z8602	2KB	128B	124KB	2×8位	4×8位		6	专用
				Z8603	2K/4KB	128B	124KB	2×8位	4×8位	1	6	
			Z8611	Z8612	4KB	128B	124KB	2×8位	4×8位	1	6	
				Z8613	4KB	128B	124KB	2×8位	4×8位	1	6	
				Z86S1/2	2K/4KB	128B	62KB	2×8位	4×8位	1	6	
		Z8671		固化BASIC	128B	134KB	2×8位	4×8位	1	6	专用	
NEC公司	μCOM-87 (μPD××)			7800	4KB	128B	64KB	4×16位	6×8位		3	与Z80兼容
				7801	4KB	128B	64KB	4×12位	6×8位	1	3	
				7802	6KB	128B	64KB	4×12位	6×8位	1	3	
				78006	4KB	128B	64KB	1×8位	6×8位	1	2	
		7811	4KB	256B	64KB	2×8位	44线 1×16位	全双工8×8	4	150条,有乘除指令		
Fairchild	F8				64B	64KB	2×8位				专用	
Mostek公司	3870	38E7	3870	38B70	1KB	64B	4KB	1×8位	4×8位		2	专用
				3873	1KB	64B	7KB	1×8位	4×8位	半双工	2	
			3870/42		4KB	128B	4KB	1×8位	4×8位		2	
TI公司	TMS-7000		7000	7000-8	4KB	128B	64KB	1×8位	4×8位		3	专用
				7040	4KB	128B	64KB	1×8位	4×8位		3	
				7020	2KB	128B	64KB	1×8位	4×8位		3	
Rockwell公司	6500		6500/1		2KB	64B	2KB	1×16位	4×5位		4	与6502兼容
			6500/11		3KB	192B	16K/64KB	2×16位	4×5位		8	
			6500/41		1.5KB	64B	4KB	1×16位	3×8位		6/7	

1.2 Intel 公司 MCS 系列单片机简介

美国 Intel 公司推出 8048 单片机以来,发展迅速,形成了系列产品,品种齐全。目前我国使用的单片机也以 Intel 公司的产品居多,故首先简要列举 Intel 公司各系列单片机的主要特性,以供读者选机参考。本书将在后面较详细介绍 MCS-51 系列单片机的特性及应用。

1.2.1 MCS-48 系列单片机

MCS-48 是 Intel 公司在 1976 年推出的单片机,具有数字处理系统的全部功能,它和附加的外围芯片一起总称为 MCS-48 微型计算机系列,其主要特性如下:

- (1)8 位 CPU、RAM、ROM 和 I/O 在一块单片上构成完整的微型计算机;
- (2)单一 5V 电源;
- (3)40 引脚双列直插封装;
- (4)当晶振为 6MHz 时机器周期为 $2.5\mu\text{s}$,所有指令为 1~2 个机器周期;
- (5)有 96 条指令,其中 70% 为单字节指令;
- (6)8 级堆栈;
- (7)两个工作寄存器;
- (8)有内部可编程定时器/计数器;
- (9)与 8080、8085 外电路兼容。

8048 和 8748 等 MCS-48 系列单片机目前已由一些新器件所扩充,功能较以前更为加强。

8048 带有 64×8 位 RAM 数据存贮器和 $1\text{K}\times 8$ 位的 ROM 程序存贮器,而 8049 的数据存贮器和程序存贮器的容量都是 8048 的两倍。8035 和 8039 是内部没有程序存贮器的两种兼容型芯片。8039 的数据存贮器的容量是 8035 的两倍。

8748 具有 $1\text{K}\times 8$ 位可由用户编程或擦除的 EPROM 程序存贮器,常用于样机研制。

8021 是 MCS-48 系列中一种新的低价格单片机,它的指令系统与 8048 兼容,但引脚不兼容。8022 是在 8021 的基础上加上存贮器、I/O 和一个 A/D 转换器的微型计算机。

1.2.2 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的产品,与 MCS-48 相比,它的结构更为先进,功能更强。MCS-51 系列单片机主要包括 8051、8031 和 8751 等通用产品。以 8051 为代表,其主要特性如下:

- (1)8 位 CPU;
- (2)带有振荡器;
- (3)4KB ROM;
- (4)128B RAM;
- (5)21 个专用寄存器;

- (6)32 根 I/O 线;
- (7)外部数据存储器地址空间为 64KB;
- (8)外部程序存储器地址空间为 64KB;
- (9)两个 16 位定时器/计数器;
- (10)中断结构:两个优先级,五个中断源;
- (11)一个全双工 I/O 串行通道;
- (12)对逻辑操作有位寻址功能。

关于 MCS-51 系列单片机的结构及指令系统将在后面详细讨论。

1 2.3 MCS-96 系列单片机

MCS-96 系列单片机是 Intel 公司 1983 年推出的产品,是一种 16 位单片机,它适用于具有较复杂算法的控制与数据处理的场合,在硬件及指令系统的设计上较 8 位机有很多不同,如外部数据总线宽度可控,CPU 采用寄存器-寄存器结构,片内有 A/D 转换器,能在运行时对 EPROM 编程等,其详细内容可参考文献[1]。

MCS-96 主要特性如下:

- (1)16 位 CPU,没有累加器,采用寄存器-寄存器结构;
- (2)5 个 8 位的 I/O 口;
- (3)有高速 I/O 系统;
- (4)全双工的 I/O 串行口;
- (5)4/8 通道的 10 位 A/D 转换器;
- (6)可供用户使用的 8 个中断源;
- (7)脉冲调制输出装置;
- (8)专门的波特率发生器;
- (9)16 位的监视定时器;
- (10)4 个 16 位定时器;
- (11)2 个 16 位定时器/计数器;
- (12)6.25 μ s 的 16 位乘 16 位和 32 位除 16 位的指令;
- (13)运行时可对 EPROM 编程;
- (14)ROM/EPROM 的内容可加密;
- (15)232B 的寄存器阵列。

1988 年 Intel 公司又推出了新产品 8098,它是一种准 16 位嵌入式微控制器,内部数据总线为 16 位,外部数据总线为 8 位,内部不带 ROM 或 EPROM。它与 MCS-96 系列中的其他芯片相比,主要特点是价格低廉,使用方便。

思考题与习题

1-1 简述各个发展阶段中的单片机的功能和特点。

1-2 简述 MCS-48、MCS-51 和 MCS-96 系列单片机的特点。

1-3 单片机和一般微型计算机相比,单片机有何特点?为什么说传统产品用上单片机就会起到升级换代的功效?

2 MCS-51 系列单片机结构分析

通过本章的学习,读者将对 MCS-51 系列单片机(为了方便起见,在以后的叙述中,均简称 MCS-51,其他系列名称类同)有一个总的了解。在此将较详细地介绍 MCS-51 的硬件结构,特别是一些面对用户的硬件。与 MCS-48 相比,MCS-51 中的定时器/计数器及串行口是大有特色的。布尔处理机也是 MCS-48 系列所没有的,这些内容将在后面各章节中重点介绍。

2.1 MCS-51 系列单片机的主要应用特性

本节从应用的角度说明 MCS-51 的主要特点,同时介绍它的系列主要产品 8051、8751、8031 的应用特性。

(1)集成度高。MCS-51 的代表产品为 8051,它的内部包含了 4KB ROM,128B RAM;4 个 8 位并行口,1 个全双工串行口,2 个 16 位定时器/计数器,以及 1 个处理功能很强的处理器。

(2)系统结构简单。MCS-51 芯片内部采用模块式结构,增加或更换 1 个模块,就能得到系统指令和引脚兼容的新产品。另一方面,MCS-51 具有 64KB 的外部程序存储器寻址功能和 64KB 的外部 RAM 和 I/O 寻址功能。Intel 公司标准的 I/O 接口电路和存储器电路都能直接连到 MCS-51 单片机以扩展系统功能,结构简单,应用灵活。

(3)处理功能强,速度快。MCS-51 单片机指令系统中具有加、减、乘、除指令,各种逻辑运算和转移指令,还有位操作(布尔处理机)功能。CPU 的时钟速度高达 12MHz,单字节乘、除法仅需 $4\mu\text{s}$,而且具有特殊的通信功能,可作为多机系统的一个子系统。

(4)容易产品化。由于 MCS-51 单片机具有体积小、可靠性高、功能强及价格低等优点,容易形成产品。因此 MCS-51 单片机被誉为“控制领域中的最佳 8 位微型计算机”。

MCS-51 系列单片机一般包括三个常用产品:8051、8751 和 8031。

- 8051:含有一个 8 位处理器,128B RAM,21 个专用寄存器,4KB 的内部 ROM,4 个 8 位并行 I/O 口,一个全双工串行 I/O 口,两个 16 位定时器/计时器,8051 单片机相当一个 Z-80CPU,二片 Z-80PIO,一片 Z-80CTC,一片 Z-80SIO,一片 RAM 和一片 2732。硬件功能高于一台 TP801 单板机,是一个完整的微型计算机系统。

- 8751:是以 4KB EPROM 代替 4KB ROM 的 8051。

- 8031:是内部无 ROM 的 8051。单片 8031 不能构成完整的计算机,必须外接 EPROM 作为程序存储器。一片 8031 相当于 Z-80CPU,Z-80CTC,Z-80SIO 和一片 RAM。

8051 中 ROM 内的程序是 Intel 公司制作芯片时已代用户烧制好的。用户把专用的工作程序清单交给厂方,厂方提供特殊的 8051 芯片,因此出厂的 8051 是含有特殊用途程序的专用微型计算机。在我国,目前很难采用 8051。

8751 具有 4KB EPROM,用户可将程序固化在 EPROM 中,但 8751 价格昂贵,为 8031 的 10~15 倍,在一般情况下,较少使用 8751。

8031 内部没有 ROM,但外接一片 2732,就相当于 8051,它具有价格低,使用灵活的优点,适合在我国推广使用。

因此,本章讨论的重点是 8051 单片机,主要掌握 8031 应用系统设计及调试方法。在以后各章的讨论中,常用 MCS-51 或 8031 这两个名词,前者包括 8051、8751 和 8031 三个产品,后者则特指 8031。

8052 单片机是增强型的 MCS-51 系列单片机,它除了兼容 8051 的全部功能外,还有 256B 的片内 RAM,3 个定时器/计数器,6 个中断源结构和 8KB 的片内 ROM。同样 8032 是没有内部 ROM 的 8052,8752 是由 EPROM 代替 ROM 的 8052。

近几年来被广泛应用的 AT89C51、AT89C1051 和 AT89C2051 是 MCS-51 的兼容产品。AT89C51、AT89C1051 和 AT89C2051 分别带有 4KB、1KB 和 2KB 的内部闪速存储器(Flash Memory)。由于闪速存储器可以进行电擦除和电编程,给用户进行产品设计带来很大的方便,因而备受欢迎。

2.2 MCS-51 的内部结构

单片机的结构有两种类型:一种是程序存储器和数据存储器分开结构,即哈佛(Harvard)结构,见图 2-1,Intel 公司的 MCS-51 系列单片机就是这种结构。另一种采用通用计算机和微处理机广泛使用的程序存储器与数据存储器合二为一的结构,即普林斯顿(Princeton)结构,见图 2-2,Intel 的 MCS-96 系列单片机采用普林斯顿结构。

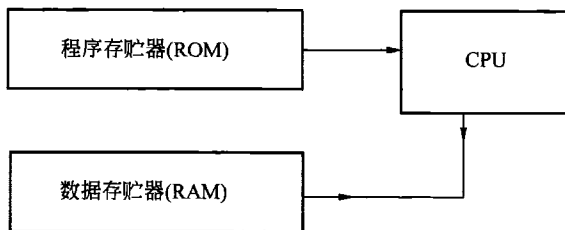


图 2-1 哈佛结构单片机

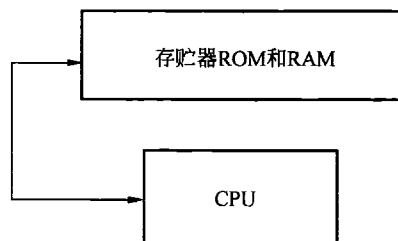


图 2-2 普林斯顿结构单片机

图 2-3 是 MCS-51 单片机的内部总体结构框图。从图中看出,在一小块芯片上集成了一台微型计算机的各个部分:一个 8 位 CPU,4KB ROM,128B RAM,32 条 I/O 口线,2 个 16 位定时器/计数器,一个具有 5 个中断源,两个优先级的嵌套中断结构,一个全双工 I/O 串行口,一个片内振荡器和时钟电路。MCS-51 硬件结构的各部分将在后面各章节中叙述。

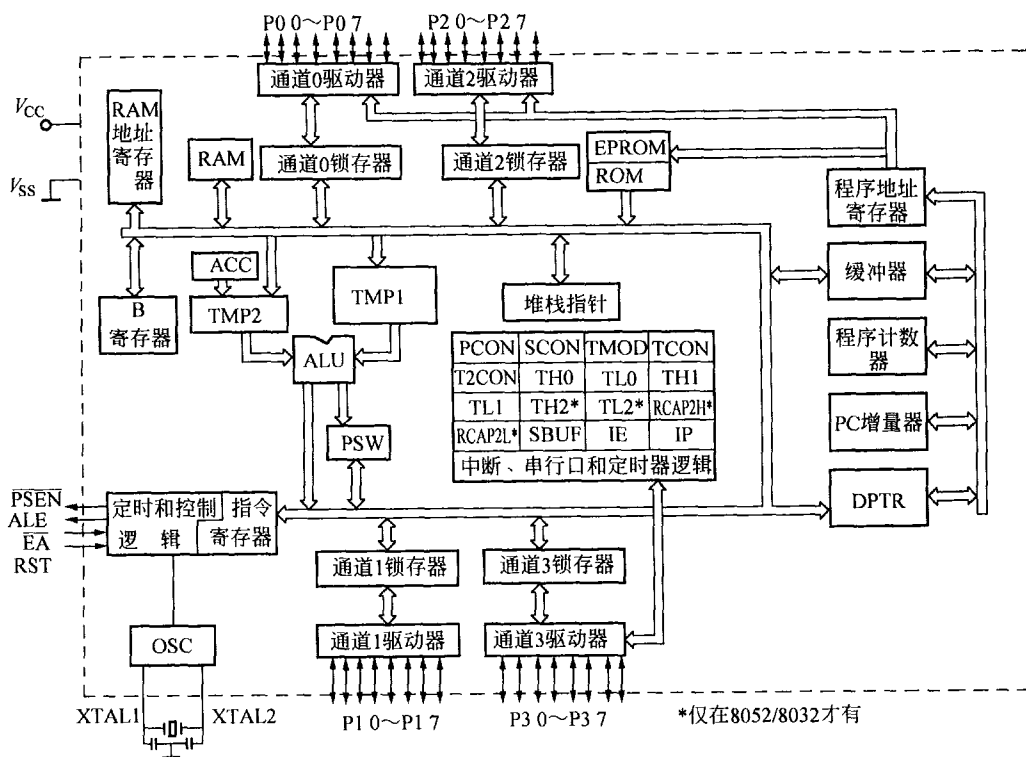


图 2-3 MCS-51 总体结构框图

2.3 MCS-51 引脚说明

8051、8751和8031单片机都采用40引脚双列直插封装(DIP)方式,图 2-4 是它们的引脚配置图。在 40 条引脚中有 2 条专用电源引脚,2 条外接晶体的引脚,4 条控制或与其他电源复用的引脚,32 条 I/O 引脚。下面分别对这 40 条引脚加以说明。

2.3.1 主电源引脚

- (1) V_{SS} (20): 接地。
- (2) V_{CC} (40): 正常操作、对 EPROM 编程时,接 +5V。

2.3.2 外接晶体引脚

- (1) XTAL1(19): 芯片内部振荡电路(单级反

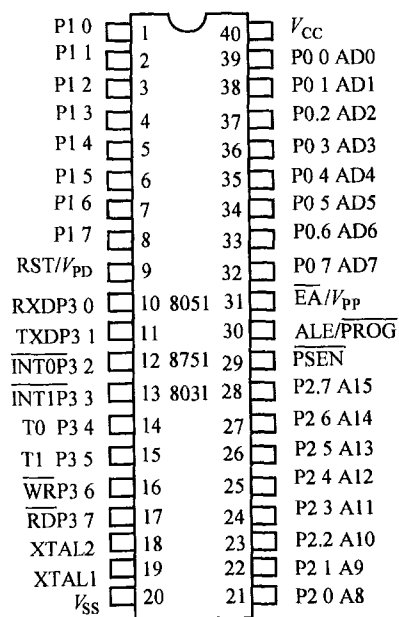


图 2-4 MCS-51 引脚图

相放大器)输入端。

(2)XTAL2(18):芯片内部振荡电路(单级反相放大器)输出端。

8031 的时钟可以由两种方式产生,即内部时钟方式和外部时钟方式。内部时钟方式利用芯片内部的振荡电路,在 XTAL1 和 XTAL2 引脚上外接定时元件,内部振荡电路将自激振荡。可以用示波器观察到 XTAL2 输出的波形。定时元件可用晶体振荡器和电容组成并联谐振回路,接线如图 2-5(a)所示。晶体振荡频率可在 2~12MHz 之间选择,电容 C_{01} 、 C_{02} 在 5~30pF 之间选择,外部时钟方式是 XTAL1 接地,XTAL2 接外部振荡源,接线方法如图 2-5(b)。

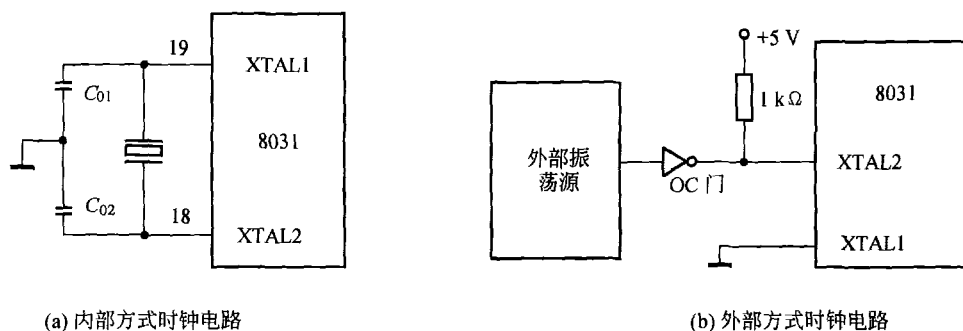


图 2-5 8031 的时钟电路

2 3 3 控制或其他电源复用引脚

(1)RST/ V_{PD} (9):复位信号输入端。在 8031 单片机的时钟电路工作以后,RST 引脚上出现 24 个振荡周期以上的高电平,8031 单片机芯片内部初始复位。复位后,P0~P3 口输出高电平,即 P0~P3 口的内容为 FFH,初值 07H 写入栈指针 SP,其余的特殊功能寄存器和程序计数器 PC 被清“0”。RST 从高电平变为低电平后,8031 单片机从 0 地址开始执行程序。8031 单片机初始复位不影响内部 RAM 的状态,包括工作寄存器 R0~R7。MCS-51 复位后内部寄存器的初始状态如表 2-1 所示。

表 2-1 MCS-51 复位后内部寄存器初态

特殊功能寄存器	初始状态	特殊功能寄存器	初始状态
ACC	00H	TCON	00H
B	00H	TH0	00H
PSW	00H	TL0	00H
SP	07H	TH1	00H
DPL	00H	TL1	00H
DPH	00H	SCON	00H
P0~P3	0FFH	SBUF	不定
IP	$\times \times \times 00000B$	PCON	$0 \times \times \times \times \times \times B$
IE	$0 \times \times 00000B$		
TMOD	00H		

8031 单片机的复位方式有上电自动复位和手动按钮复位两种,见图 2-6 和图 2-7。另外,该引脚还具有复用功能。 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。 V_{CC} 下降到低于规定的电平,而 V_{PD} 在其规定的电平范围内 ($5 \pm 0.5V$), V_{PD} 就向内部 RAM 提供备用电源。

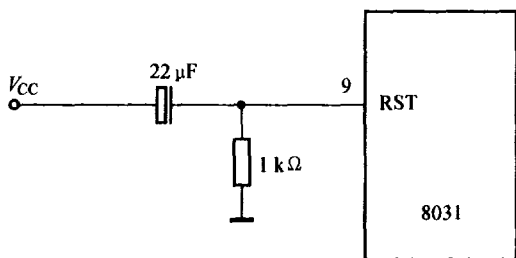


图 2-6 上电自动复位电路

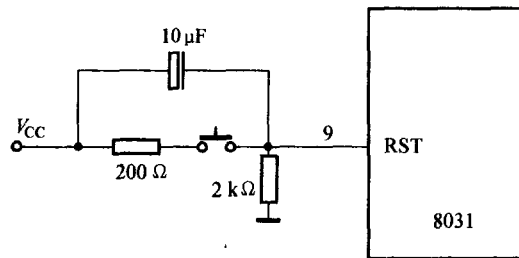


图 2-7 手动按钮复位电路

(2) $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ (30): 当访问外部存储器时(外部程序存储器或外部数据存储器), \overline{ALE} (允许地址锁存)的输出用于锁存地址的低位字节。即使不访问外部存储器时, \overline{ALE} 端仍以不变的频率周期性地出现正脉冲信号,此频率为振荡频率的 $1/6$ 。因此,它可以用作对外输出的时钟或用于定时目的。然而要注意的是,每当访问外部数据存储器时,将跳过一个 \overline{ALE} 脉冲。 \overline{ALE} 端可以驱动 8 个 LSTTL 输入。

对于 EPROM 型单片机,在 EPROM 编程期间,此引脚用于输入编程脉冲(\overline{PROG})。

(3) \overline{PSEN} (29): 8031 单片机外部程序存储器读选通信号输出端。当 8031 单片机访问外部程序存储器时,将 PC 的 16 位地址输出到 P2 口和 P0 口外部地址寄存器后, \overline{PSEN} 产生负脉冲选通外部程序存储器,相应的存储器单元的指令字节送到 P0 口,供 8031 读取。

只要看 \overline{PSEN} 、 \overline{ALE} 和 XTAL2 是否有信号输出,就可以判断出 8031 是否在工作。

(4) \overline{EA}/V_{PP} (31): 内部和外部程序存储器选通线。对 8051 和 8751 来说,内部有 4K 字节的程序存储器。当 \overline{EA} 为高电平时,开机后,CPU 首先访问 4KB 内部程序存储器,然后再访问外部程序存储器。若 \overline{EA} 接地,则不使用内部程序存储器,CPU 取指令时,总是访问外部程序存储器。因此,对 8051 和 8751, \overline{EA} 要接高电平,对 8031 来说, \overline{EA} 必须接地。对于 EPROM 型单片机,在 EPROM 编程期间,此引脚应施加 21V 的编程电源 (V_{PP})。

2.3.4 输入/输出引脚

输入/输出引脚有 P0.0~P0.7 (39~32), P1.0~P1.7 (1~8), P2.0~P2.7 (21~28), P3.0~P3.7 (10~17), 关于这些口的特性在下节详述。

2.4 输入/输出口

8031 有 4 个 8 位并行 I/O 口: P0 口、P1 口、P2 口和 P3 口。P1 口、P2 和 P3 口为准双向口, P0 口为双向的三态数据总线口。下面分别介绍这些口的特性。

2.4.1 P1 口

P1 口为 8 位准双向口, 每一位可独立定义为输入或输出。图 2-8(b) 是 P1 口的任一位的电路图。

(1) 当 P1 口作为输出口时, 若输出 1 时, 即 1 写入锁存器, 则 $\bar{Q}=0$, 使 T1 截止, 输出线内部上拉电阻拉到高电平, 即输出 1; 当 0 写入锁存器, $\bar{Q}=1$, T1 导通, 输出 0。

(2) 当 P1 口作为输入口时, 对 P1 口有两种操作指令: 第一, 读 P1 口引脚指令, 这时先把 1 写入锁存器, 则 $\bar{Q}=0$, T1 截止, 此时口线既能由外电路拉成低电平, 也可由上拉电阻拉成高电平, 打开三态门 2 后, 即可读入 P1 口引脚的状态。例如, MOV A, P1。由于 P1 口作为读引脚输入时, 须先置 1 锁存器, 所以称为准双向口; 第二, “读—修改—写”指令。在执行此类指令时, 不必先把 1 写入锁存器, 此时读的是口锁存器的内容(打开三态门 1), 进行处理(修改)后, 再将其结果写入锁存器, 这类指令有 ANL、ORL、CPL、INC、DEC 等。例如 ANL P1, A。

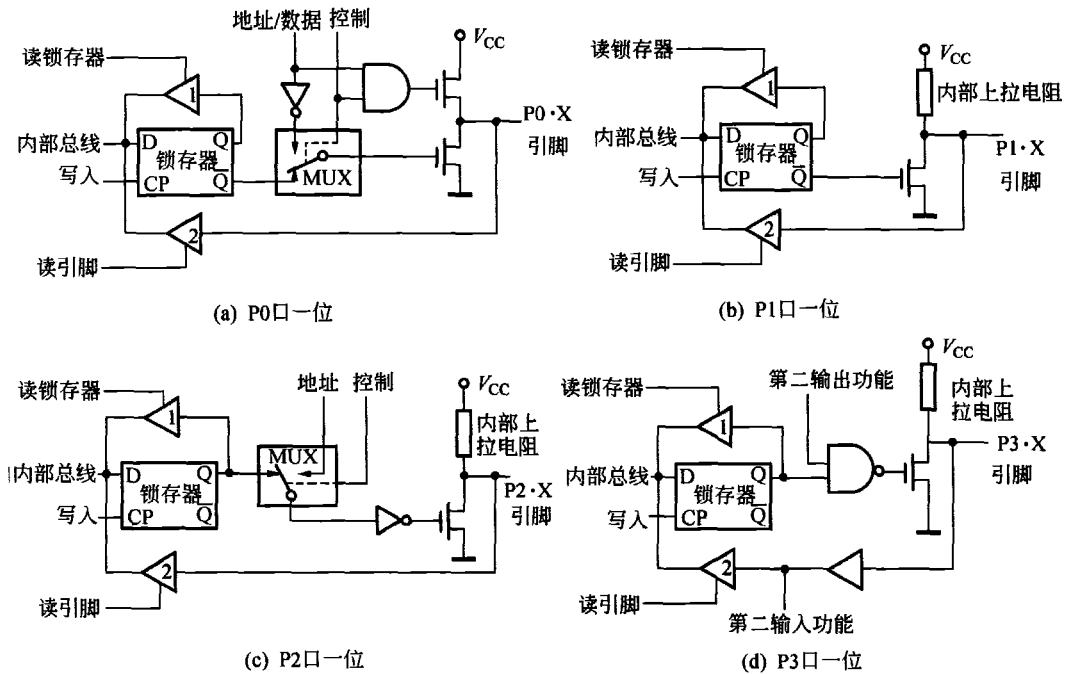


图 2-8 口锁存器及缓冲器结构

2.4.2 P3 口

P3 口的电路如图 2-8d 所示, P3 口为准双向口。在图 2-3 的结构框图中, P3 口的输入输出和 P3 口锁存器及中断、定时器/计数器、串行口和特殊功能寄存器的模块有关。8031 的 P3 口为双功能口, 第一功能和 P1 口一样作为输入输出口, 也有字节操作和位操作两种方式, 每一位可定义为输入和输出。P3 口的第二功能定义如下:

口线 替代专用功能