

高等学校计算机基础教育系列教材

MCS - 51 系列 单片机系统及其应用

蔡美琴 张为民 沈新群 张荣娟



高等教育出版社

高等学校计算机基础教育系列教材

MCS-51 系列 单片机系统及其应用

蔡美琴 张为民 沈新群 张荣娟

高等教育出版社

内 容 提 要

本书主要介绍 MCS-51 单片机的结构、系统设计、调试方法及应用实例。内容包括: MCS-51 单片机结构、指令系统、程序设计、系统扩展技术、单片机应用系统设计(包括传感器通道接口、抗干扰的对策)、应用系统开发和调试方法(包括 SICE 系统剖析)。

本书是为高等院校非计算机专业本科生、研究生编写的教材,具有较强的系统性、先进性、实用性。内容由浅入深,配有习题,便于自学。本书还可供从事微机应用,尤其是从事测试、控制和智能仪器仪表等工作的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 系列单片机系统及其应用/蔡美琴等编. —北京
高等教育出版社, 1992. 8(2001 重印)
高等学校计算机基础教育系列教材
ISBN 7-04-003893-5

I. M… I. 蔡… III. 单片微 处理机, MCS-51-计
算机应用-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 13193 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 17.5

版 次 1992 年 8 月第 1 版

字 数 399 000

印 次 2001 年 5 月第 10 次印刷

插 页 1

定 价 14.50 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

在计算机科学技术迅速推广应用的今天,在高等学校中向各个专业的学生普遍进行计算机的教育,使每个学生具有必要的计算机知识和应用计算机的能力,是高等教育的一项重要任务。

近年来,全国许多高等学校的理工、农医、经济管理等专业,相继设置了计算机的课程,非计算机专业中的计算机基础教育发展很快。非计算机专业的学生占全体大学生的95%以上,在这个领域中开展计算机教育的情况,在相当大的程度上决定了我国新一代知识分子应用计算机的水平。现在,人们已经认识到,计算机的知识和应用计算机的能力是当代知识分子知识结构中不可缺少的一个重要部分。

全国高等院校计算机基础教育研究会,在总结了许多学校进行计算机基础教育的经验的基础上,1985年提出了在非计算机专业中按四个层次开展计算机教育的方案设想(即:计算机应用入门和程序设计→微型机的原理与应用→计算机软件技术基础→结合各专业的计算机专门课程),得到各校的赞同,许多学校已按此规划设置计算机课程。

在非计算机专业中开展计算机教育,其要求内容、教材体系和教学方法等都和计算机专业有很大的不同,不能照搬计算机专业的做法。必须根据非计算机专业的特点和规律组织教学。课程设置应该以应用为出发点,以应用为目的,教材编写应该考虑到学生的基础,将科学性、实用性和通俗性结合起来,使之容易被接受。

为了向全国各类学校和专业提供一套适用的教材,我们决定组织编辑出版“高等学校计算机基础教育系列教材”,由高等教育出版社出版。系列教材包括四个层次中的课程所相应的教材。

本系列教材具有以下特色:内容新颖、实用性强、概念清晰、通俗易懂、层次配套。本系列教材的适用对象是:高等学校中非计算机专业、计算机应用专业、中专计算机专业、计算机培训班,以及计算机的自学者。也可供计算机其它有关专业选用。多数教材的写法便于自学。计算机的初学者可以根据需要按照四个层次循序渐进地学习各门课程,以获得所需的知识。

由于计算机科学技术的迅速发展,本系列教材的书目和各书的内容也会不断更新。期望全国各校专家和广大读者对本系列教材的内容和编写方法提出意见,以便不断改进,以满足全国广大读者的要求。

为了编辑好这套系列教材,特成立了由全国高等学校中具有丰富教学经验的专家组成的编辑委员会,负责制订规划、组织稿件、择优出版。

全国高等院校计算机基础教育研究会

1988.11

高等学校计算机基础教育系列教材
编辑委员会

顾 问：许镇宇

主 任：谭浩强

副主任：史济民 刘瑞挺 李大友 何 莉 唐兆亮

委 员：陈景艳 侯炳辉 骆鸣渊 谢柏青 陶士清

蔡美琴 席先觉 陈季琪 麦中凡 张基温

前 言

随着超大规模集成电路技术的发展,单片微机也随之有了很大发展,各种新颖的单片机层出不穷,并已广泛地应用到人类生活的各个领域,成为当今科学技术现代化不可缺少的重要工具。人们迫切希望学习和应用单片机解决各自工作中碰到的技术问题。为此,我们总结了多年的教学和实践经验,编写了本书。

本书是高等院校非计算机专业学生用的教科书,同时也可供计算机专业学生和从事微机应用的广大科技人员作参考书。编者力图使本书有助于读者采用单片机为各自所从事的学科解决实际问题。因此,在编写本书时,力求深入浅出、通俗易懂,并注重理论联系实际,着重实际应用。书中提供了大量实用电路和程序并例举了应用系统的设计和调试,供读者引用和参考。

全书共分七章。第一章介绍单片机的发展和趋势。第二章至第四章分别介绍 MCS-51 单片机结构、指令系统及其程序设计。第五章介绍 MCS-51 单片机系统扩展技术及应用。第六章介绍单片机应用系统设计方法及设计实例,并介绍新颖传感器通道接口和应用系统采用的抗干扰措施。第七章介绍应用系统的开发和调试。详细叙述了单片机的各种开发手段,并对 SICE 通用单片微机开发器的硬件、软件系统作了详细的剖析,最后举例说明在 SICE 开发系统上调试 MCS-51 应用系统的方法。全书内容全面、说理透彻。

本书由上海交通大学计算机系蔡美琴主编,并编写了第一章。第二、三章由同济大学沈新群编写。第四章由上海师范大学张荣娟编写。第五、七章由华东师范大学张为民编写。第六章由蔡美琴、张荣娟合编。

本书由兰州大学计算机系席先觉副教授审阅并提出了许多宝贵意见和建议。天津大学许镇宇教授、何莉副教授,北京工业大学李大友教授,南京化工学院陈季琪副教授对编写本书也提出很多建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,错漏和不妥之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

1990.10 于上海

目 录

前言

第一章 绪论1

§ 1-1 单片微型计算机1

1-1-1 单片机的发展概况1

1-1-2 单片机的发展趋势4

§ 1-2 单片机的应用6

习题与思考题7

第二章 MCS-51 单片机结构8

§ 2-1 MCS-51 单片机内部结构8

2-1-1 MCS-51 组成8

2-1-2 CPU9

2-1-3 存储器11

2-1-4 I/O 端口11

2-1-5 总线15

2-1-6 复位和复位电路15

2-1-7 MCS-51 引脚说明16

§ 2-2 MCS-51 存储器17

2-2-1 程序存储器18

2-2-2 内部数据存储器18

2-2-3 外部数据存储器20

§ 2-3 专用功能寄存器20

§ 2-4 中断系统24

2-4-1 中断请求源和中断请求标志25

2-4-2 中断控制26

2-4-3 中断优先级结构28

2-4-4 中断响应过程28

2-4-5 外部中断触发方式29

2-4-6 中断响应时间29

2-4-7 MCS-51 的单步操作30

2-4-8 多个外部中断源系统设计31

§ 2-5 定时器/计数器32

2-5-1 结构32

2-5-2 工作方式34

2-5-3 应用举例36

§ 2-6 串行接口37

2-6-1 串行口控制寄存器 SCON 及波特率选

择位37

2-6-2 串行接口工作方式38

2-6-3 波特率44

习题与思考题44

第三章 MCS-51 指令系统46

§ 3-1 概述46

§ 3-2 寻址方式48

§ 3-3 指令系统50

3-3-1 指令分类50

3-3-2 数据传送类指令51

3-3-3 算术运算类指令56

3-3-4 逻辑操作类指令61

3-3-5 位操作类指令66

3-3-6 控制转移类指令69

§ 3-4 伪指令74

习题与思考题76

第四章 MCS-51 程序设计79

§ 4-1 简单程序设计79

§ 4-2 分支程序设计80

§ 4-3 循环程序设计82

§ 4-4 散转程序设计95

§ 4-5 子程序和参数传递方法99

§ 4-6 查表程序设计102

§ 4-7 数制转换106

习题与思考题110

第五章 MCS-51 系统扩展技术112

§ 5-1 程序存储器的扩展设计112

5-1-1 访问外部程序存储器的时序112

5-1-2 EPROM 接口设计113

5-1-3 E²PROM 接口设计116

§ 5-2 数据存储器的扩展设计122

5-2-1 MCS-51 访问外部 RAM 的定时波形122

5-2-2 数据存储器的扩展设计124

5-2-3 RAM 的掉电保护126

§ 5-3 I/O 口扩展设计128

5-3-1 8255 可编程并行接口芯片128

5-3-2 带有 I/O 接口和计时器的静态 RAM

8155138

5-3-3 8279 可编程键盘/显示器接口144

§ 5-4 显示器接口153

5-4-1 发光二极管显示器(LED)接口153

5-4-2 液晶显示器(LCD)接口	156
§ 5-5 键盘接口	159
5-5-1 键盘工作原理	160
5-5-2 键盘接口设计	161
§ 5-6 模拟电路接口技术	170
5-6-1 D/A 转换器与 8031 的接口设计	171
5-6-2 A/D 转换器与 8031 的接口设计	175
5-6-3 采样、保持和滤波	185
习题与思考题	187
第六章 单片机应用系统设计	188
§ 6-1 概述	188
6-1-1 微型计算机应用系统设计	188
6-1-2 微型计算机控制系统设计与调试的一般原则	188
§ 6-2 传感器接口电路	191
6-2-1 概述	191
6-2-2 传感器接口电路	192
§ 6-3 单片机应用系统的抗干扰技术	196
6-3-1 干扰源及其传播途径	196
6-3-2 计算机电源系统的抗干扰措施	197
6-3-3 地线系统	200
6-3-4 A/D 和 D/A 转换器的抗干扰措施	203

6-3-5 长线传输干扰的排除	203
6-3-6 几种元器件的抗干扰措施	204
§ 6-4 8 位 A/D, D/A 转换系统的设计实例	206
习题与思考题	222
第七章 应用系统的开发和调试	223
§ 7-1 单片机的开发装置	223
7-1-1 单片机的开发	223
7-1-2 国内常用的开发装置	226
§ 7-2 SICE 通用单片机在线仿真系统	227
7-2-1 SICE 的功能和特点	228
7-2-2 SICE 通用单片微机开发系统的结构	229
7-2-3 SICE (基本型)的硬件系统	233
7-2-4 SICE (基本型)的软件系统	235
§ 7-3 MCS-51 应用系统的调试	241
7-3-1 调试方法简介	241
7-3-2 举例说明	251
习题与思考题	258
附录 I MCS-51 指令表	259
附录 II MCS-51 指令编码表	264
附录 III 常用芯片引脚	267

第一章 绪 论

§ 1-1 单片微型计算机

微型计算机的出现是电子数字计算机广泛应用到人们日常工作、生活领域中去的一个重大转折点。它已深入应用到非微型计算机所无法应用的领域, 对社会产生了极大的影响。单片微型计算机是微型计算机发展中的一个重要分支, 它以其独特的结构和性能, 越来越普及地应用到国民经济的各个领域。

单片微型计算机简称为单片机。它在一块芯片上集成了中央处理部件(CPU)、存储器(RAM, ROM)、定时器/计数器和各种输入/输出(I/O)接口(如并行 I/O 口、串行 I/O 口和 A/D 转换器)等。它们之间相互联结的结构框图如图 1-1 所示。可见单片机就是一台计算机。由于单片机原来就是为了实时控制应用而设计制造的, 因此, 又称为微控制器。

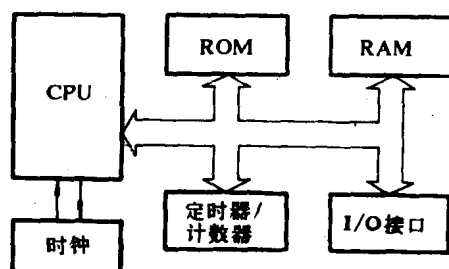


图 1-1 单片机结构框图

1-1-1 单片机的发展概况

单片机自问世以来, 性能不断提高和完善, 其资源又能满足很多应用场合的需要, 加之单片机具有集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等特点, 因此, 在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信系统、高级计算器、家用电器等领域的应用日益广泛, 并且正在逐步取代现有的多片微机应用系统。单片机的潜力越来越被人们所重视。特别是当前用 CMOS 工艺制成的各种单片机, 由于功耗低, 使用的温度范围大, 抗干扰能力强、能满足一些特殊要求的应用场合, 更加扩大了单片机的应用范围, 也进一步促使单片机性能的发展。

自 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 单片机以后, 单片机就受到了广大用户的欢迎。由于其应用范围广泛, 因此, 使各有关公司都争相推出各自的单片机。如 GI 公司推出 PIC1650 系列单片机, Rockwell 公司也推出了与 6502 微处理器兼容的 R6500 系列单片机。它们都是 8 位机, 片内有 8 位中央处理器(CPU)、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器和容量有限的存储器(RAM, ROM)以及简单的中断功能。

1978 年下半年 Motorola 公司也推出 M6800 系列单片机, Zilog 公司相继推出 Z8 单片机系列。1980 年 Intel 公司在 MCS-48 系列基础上又推出了高性能的 MCS-51 系列单片机。这类单片机均带有串行 I/O 口, 定时器/计数器为 16 位。片内存储容量(RAM, ROM)都相应增

大,并有多优先级中断处理功能,其性能见表 1-1。由表可见,这类单片机的功能、寻址范围都比早期的扩大了,它们是当前单片机应用的主流产品。

表 1 1 主要 8 位单片机的性能表

公 司	系 列	片 内 存 储 器		寻址范围	片内 I/O		定时器/计数器	中 断 源	备注
		ROM	RAM		并行 I/O	串行 I/O			
Intel	MCS-48	1K/4K	64B/256B	4KB	3×8 位	/	1×8 位	2	
	MCS-51	4K/8K	128B/256B	64KB	3×8 位	UART	2×16 位	5/6	
Motorola	6801	2K/4K	128B/256B	64KB	3×8 位 1×5 位	UART	3×16 位	2	
	6805	1K/4K	64B/112B	2K/8K	3×8 位 1×4 位	/	1×8 位	1/4	
Zilog	Z8	2K/4K	124B	64KB	8×1 位 4×4 位 1×8 位	UART	2×8 位	6	
Fairchild	F8 (3850)	/	64B	4KB	2×8 位	/	/	/	
Mostek	3870	1K/4K	64B	4KB	4×8 位	/	1×8 位	2	
Rockwell	6500/1	256B/3K	64B/192B	64KB	4×8 位	UART	1×16 位	4/8	
NEC	μCOM-87 (μPD78××)	4K/6K	128B/256B	64KB	6×8 位	UART	1×12 位	3	
TI	TMS7000	2K/12K	128B	64KB	4×8 位	UART	1(2)×13 位	2/6	微程序
GI	PIO16××	512×12 位 (2K×12 位)	32B/64B	512B/2KB	8×4 位	/	1×8 位	1/2	
NS	8070	2K/2.5K	64B/128B	64K/128K	5×8 位	UART	/	/	
RCA	ODP1800	2K	64B	64KB	12 位	/	/	3	有 DMA

1982 年 Mostek 公司和 Intel 公司先后又推出了性能更高的 16 位单片机 MK68200 和 MCS-96 系列, NS 公司和 NEC 公司也分别在原有 8 位单片机的基础上推出了 16 位单片机 HPC16040 和 μPD783×× 系列。其性能见表 1-2。1987 年 Intel 公司又宣布了性能比 8096 高两倍的 CMOS 型 80C196, 1988 年推出带 EPROM 的 87C196 单片机。由于 16 位单片机推出的时间较迟、价格昂贵、开发设备有限等多种原因,至今还未得到广泛应用。而 8 位单片机已能满足大部分应用的需要,因此,在推出 16 位单片机的同时,高性能的新型 8 位单片机也不断问世。如 Motorola 公司推出了带 A/D 和多功能 I/O 的 68MC11 系列, Zilog 公司推出了带有 DMA 功能的 Suqer8, Intel 公司在 1987 年也推出了带 DMA 和 FIFO 的 UPI-452 等。

目前国际市场上 8 位、16 位单片机系列已有很多,但是,在国内使用较多的系列是 Intel 公司的产品,其中又以 MCS-51 系列单片机应用尤为广泛。Intel 公司单片机系列产品的主要特性见表 1-3。

表 1-2 16 位单片机性能表

公 司		Thom son	Intel	NS	NEC
型 号		68200	MCS-96	HPC16040	783××
片 内	ROM	4KB	8KB	4KB	8KB
	RAM	256B	232B	256B	256B
中 断 源		15	8	8	15
串 行 口		异/同步	异步	异步	异步
A/D		无	8×10 位	无	4×8 位
PWM 输出		借用通用 计 数 器	有	有	有
Watchdog 定时器			有	有	有
计 数 器		3×16	2×16	8×16	2×16
高速 I/O		无	HSIO	有	有
DMA		无	无	无	8 个宏通道
备 注		与 68000 指令兼容			7811 升级产品

注：68200 原为 Mostek 公司产品，是第一个 16 位单片机。由于 Mostek 公司经营不景气，1985 年宣布倒闭，由 Thomson 公司接管该公司。

表 1-3 Intel 公司单片机性能表

功 能 系 列	ROM 形 式			ROM	RAM	寻址	I/O				中 断 源	注
	片 内 EPROM	片 内 ROM	外 接 EPROM	容 量	容 量	范 围	定时/ 计数器	并 行 I/O	串 行 I/O	A/D		
MCS-48		8020		1KB	64B	1KB	1×8 位	1×8 位				8048 指令 子集 8048 指令 子集 8048 指令 子集
		8021		2KB	64B	2KB	1×8 位	1×8 位				
		8022		2KB	64B	2KB	1×8 位	1×8 位		2×8 位	2	
	8748	8048	8035	1KB	64B	4KB	1×8 位	2×8 位			2	
	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	
UPI-41	8741	8041		1KB	64B	4KB	1×8 位	4×8 位			2	通用外设 处 理 机
	8742	8042		2KB	128B	4KB	1×8 位	4×8 位			2	
MCS-51	8751	8051	8031	4KB	128B	64KB	2×16 位	2×8 位	1		5	HSIO 功能
		80C51	80C31	4KB	128B	64KB	2×16 位	2×8 位	1		5	
		8052	8032	8KB	256B	64KB	3×16 位	2×8 位	1		6	
	870252	83C252		8KB	256B	64KB	3×16 位	4×8 位	1		7	
UPI-44	8744	8044	8344	4KB	192B	64KB	2×16 位	4×8 位	SDLC		5	
UPI-452				8KB	256B	64KB						2DMA128B FIFO
MCS-96	8796	8396	8096	8KB	232B	64KB	2×16 位	3×8 位	1		8	
		8394	8094	8KB	232B	64KB	2×16 位	3×8 位	1		8	
		8397	8097	8KB	232B	64KB	2×16 位	3×8 位	1	8×10 位	8	
		8395	8095	8KB	232B	64KB	2×16 位	3×8 位	1	4×10 位	8	
	87C196	83C196	80C196	8KB	232B	64KB	2×16 位	3×8 位	1	8×10 位	8	

1-1-2 单片机的发展趋势

单片机技术正以惊人的速度向前发展, 就已出现的单片机而言也正以其各自独特的优点或先进的技术在进行挑战, 主要表现在以下几个方面:

一、CPU 的发展

增加 CPU 的字长或提高时钟频率均可提高 CPU 的数据处理能力和运算速度。CPU 的字长已有 8 位、16 位和 32 位。时钟频率高达 20MHz 的单片机也已出现。还有 8 位单片机, 其算术逻辑运算部件(ALU)却是 16 位, 内部采用 16 位数据总线。如 NEC 公司的 μ PD7800 系列的 8 位单片机, Mitsubishi 公司的 M37700 系列单片机。它们的数据处理能力和速度比一般 8 位单片机强, 如 μ PD7800 系列单片机作一次 16 位乘以 16 位的乘法用 $3.2\mu\text{s}$ 。16 位除以 8 位的除法用 $3.0\mu\text{s}$ 。32 位除以 16 位的除法用 $8.3\mu\text{s}$ 。另外, 单片机内部采用双 CPU 结构也能大大提高处理能力, 如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65029 单片机。由于片内有两个 CPU 能同时工作, 可以更好地处理外围设备的中断请求, 克服了单 CPU 在多重高速中断响应时的失效问题。同时, 由于双 CPU 可以共享存储器和 I/O 接口的资源, 因此, 还可更好地解决信息通信问题。如 Intel 公司的 8044, 它的内部实际上是由 8051 和 SIU 通信处理机组成, 由 SIU 来管理 SDIO 的通信。这样既加快了通信处理的速度, 同时, 还减轻了 8051 的处理负担。

二、片内存储器的发展

1. 扩大存储容量

早期单片机的片内存储器, 一般 RAM 为 64~128 字节, ROM 为 1K~2K 字节, 寻址范围为 4K 字节。新型单片机片内 RAM 为 256 字节, ROM 多达 16K 字节。如 Intel 公司的 8052, 片内 ROM 为 8K 字节。通用仪器公司的 70120 片内 ROM 容量为 12K 字节。片内 ROM 容量最大的是日立公司的 MC6301Y 为 16K 字节。新型单片机的寻址范围可扩大到 64K 字节, 甚至 128K 字节(其中随机存储器 RAM 容量为 64K 字节, 只读存储器 ROM 容量 64K 字节)。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列和 Zilog 公司的 Z8601, Z8603, Z8311, Z8681 等。

2. 片内 EPROM 开始 E²PROM 化

早期单片机内 ROM 有的采用可擦式的只读存储器 EPROM, 然而 EPROM 必须要高压编程, 紫外线擦除, 给使用带来不便。近年来, 推出的电擦除可编程只读存储器 E²PROM 可在正常工作电压下进行读写, 并能在断电的情况下, 保持信息不丢失。因此, 有些厂家已开始用 E²PROM 替代原来的片内 EPROM。如 TI 公司和 Seeq 公司的 72710(1K 字节 E²PROM), 72720(2K 字节 E²PROM), Motorola 公司的 68HC11A₂(2K 字节 E²PROM), 68HC805C₄(4K 字节的 E²PROM), TEXAS 仪器公司的 77C82(8K 字节 E²PROM)。

由于写入 E²PROM 的数据能永久保存, 因此, 有些厂家已开始将 E²PROM 用作片内 RAM, 甚至用作片内通用寄存器。这样就省去备用电池了。

3. 片内程序的保密措施

为了使片内 EPROM (或 E²PROM) 内容不被复制。因此, 一些厂家对片内 EPROM (或 E²PROM) 采用加锁技术, 如 Intel 公司 8×252, 加锁后的 EPROM (或 E²PROM) 中的程序只能供片内 CPU 读取, 不能从片外读取。否则必须先开锁, 开锁时, CPU 先自动擦除 EPROM (或 E²PROM) 中的信息, 达到了程序保密的目的。

三、加强片内输入输出接口功能

最初的单片机, 片内只有并行输入/输出接口、定时器/计数器, 它们的功能也较差, 在实际应用中往往还要通过特殊的接口扩展功能, 增加应用系统结构的复杂性。

近几年来, 新型单片机内的接口, 无论从类型和数量上都有很大的发展。这不仅大大提高了单片机的功能, 并使系统的总体结构也大大简化了。例如, 有些单片机的平行 I/O 口, 能直接输出大电流和高电压, 可直接用以驱动荧光显示管 (VFD)、液晶显示管 (LCD) 和七段码显示管 (LED) 等。这样就减少了应用系统中的驱动器。再如有些单片机, 片内含有 A/D 转换器, 则在实时控制系统中可省掉外部 A/D 转换器。

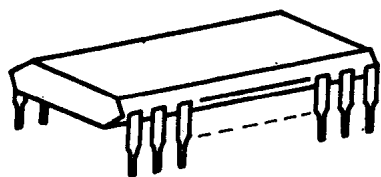
目前, 在单片机中已出现的各类新颖接口有数十种: 如 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、CRT 控制器、LCD 驱动器、LED 驱动器、VFD 驱动器、正弦波发生器、声音发生器、字符发生器、波特率发生器、锁相环、频率合成器、脉宽调制器等等。虽然一个单片机内只含若干种接口, 但其功能却比初期的单片机强得多。如 Intel 公司的 UPI-452, 它含有两个 DMA 控制器和 128 字节的 FIFO 缓冲器。因此, 用它可作为高速主机 (80286/80386) 的通用外设接口。例如以 UPI-452 中的 128 字节的 FIFO 作为高速主机与慢速外设传送数据的缓冲器, 然后通过 UPI-452 中的 DMA 控制器进行快速数据传送。

四、单片机在工艺上的提高

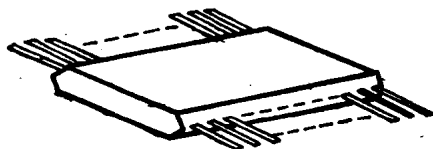
单片机的制造工艺直接影响其性能。早期的单片机采用 PMOS 工艺, 随后逐渐采用 NMOS, HMOS 和 CMOS 工艺。目前, 8 位单片机中有二分之一产品已 CMOS 化, 16 位单片机也已开始推出 CMOS 型产品。如 68HC200, 80C196 等。为了进一步降低功耗, 日立公司的 HD63705 和 RCA 公司的 CDP6805E₂ 还设有等待 (Wait) 和停止 (Stop) 两种工作方式。等待方式时, 振荡器工作, CPU 停止, 存储器和寄存器的内容则不变。停止方式时, 振荡器和 CPU 都停止工作, 存储器和寄存器内容也保持不变。等待方式时, 由于 CPU 停止工作, 使单片机的总功耗大为下降。停止方式时, 则单片机的功耗为最小, 例如 RCA 公司的 CDP8605E₂, 在 5V 工作电压下, 正常功耗为 35 mW, 等待方式和停止方式时的功耗分别仅为 5 mW 和 5 μW。

此外, 采用 CMOS 工艺的单片机, 其工作电源范围较宽。如用 NMOS 工艺的单片机, 工作电源一般为 4.5~5.5 V。采用 CMOS 工艺的单片机, 如 RCA 公司的 CDP1804AC 为 4~6.5 V。功耗大小与电源电压成正比, 所以降低电源电压即可降低功耗, 但是降低电压会降低指令执行速度, 也即降低单片机的运算速度。故一般希望在一定速度的前提下, 尽量降低工作电压以减小功耗。

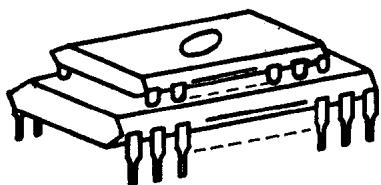
随着新型单片机片内接口电路的增多, 外引脚也增多。为减少外引脚线, 目前主要采用两种方法, 其一是采用新颖的通信总线以减少外引线。另外是改进外封装。如采用扁平引脚封装



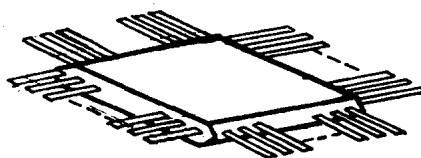
双列直插式



扁平引脚式



叠背式



方形引脚式

图 1-2 单片机的封装方式

FP (Flat Pachage)、方形引脚封装 QIP (Quad-In-line Package) 和叠背式封装 PBP (Piggk back Package), 如图 1-2 所示。它们的引脚都比双列直插式 DIP (dual-in-line Package) 封装要多得多。

五、片内 ROM 中固化应用软件和系统软件

将一些应用软件和系统软件固化于片内 ROM 中, 以便简化用户编制用户程序, 为用户开发和应用提供方便。如 RUPI-44 系列单片机, 把通信控制软件固化在片内, 使用户的通信程序大大简化。又如 Intel 公司在有的 MCS-51 单片机内固化 PL/M-51 语言, 在 8052BH 中固化了 BASIC 解释程序, 用户不仅可用汇编语言编程, 还可用 BASIC 语言编程。其 BASIC 语言系统比基本 BASIC 有所扩充, 增加了很多适合控制用的语句、命令、运算符等。而且还允许 BASIC 语言和汇编语言互相调用。需要快速控制时, 可用汇编语言, 如采样、A/D 转换等。在作复杂的数据运算时, 则又可用汇编语言来调用 BASIC 中现成的运算子程序。可见它既能满足速度方面要求, 又能简化用户编程。再如 RCA 公司的 68HC05D2 在片内固化了键盘管理程序, 甚至在 CDP1804P 内固化了 PASCAL 语言等。

单片机的技术还在不断发展, 新型单片机还将不断涌现。当前单片机的产量占整个微机 (包括一般的微处理器) 产量的 80% 以上。在我国低档 8 位单片机 (如 8048) 于 80 年代初就开始应用, 目前已转向高档 8 位单片机 (8051, Z8 等) 的应用, 也有不少单位已转向 16 位单片机的开发和应用。

§ 1-2 单片机的应用

单片机是在一块芯片上集成了一台微型计算机所需的 CPU、存储器、输入/输出部件和时钟电路等。因此它具有体积小、使用灵活、成本低、易于产品化、抗干扰能力强, 可在各种恶劣的环境下可靠地工作等特点。所以说单片机是近年来计算机领域内崛起的一颗新苗, 特别是它强大的面向控制的能力, 使它在工业控制、智能仪表、外设控制、家用电器、机器人、军事装置

等方面得到了广泛的应用。1983年9月在巴黎召开的第九届世界计算机会议上,对单片机的发展和应用给予了充分肯定,认为8位单片机向多功能、低功耗、低价格的方向发展将逐步取代模拟控制的趋势,整个工业设备和工艺将进行一次以普及应用微机为特征的技术改造。

单片机主要可用于以下几方面。

1. 测控系统中的应用

控制系统特别是工业控制系统的工作环境恶劣,各种干扰也强,而且往往要求实时控制,故要求控制系统工作稳定、可靠、抗干扰能力强。单片机是最适宜用于控制领域。例如炉子恒温控制、电镀生产线自动控制等。

2. 智能仪表中的应用

用单片机制作的测量、控制仪表,能使仪表向数字化、智能化、多功能化、柔性化发展,并使监测、处理、控制等功能一体化,使仪表重量大大减轻,便于携带和使用,同时成本低、提高了性能价格比。如数字式RLO测量仪、智能转速表、计时器等。

3. 智能产品

单片机与传统的机械产品结合,使传统机械产品结构简化、控制智能化,构成新型的机、电、仪一体化产品。如数控车床、电脑空调机、各种家用电器和通信设备等。

4. 在智能计算机外设中应用

在计算机应用系统中,除通用外部设备(键盘、显示器、打印机)外,还有许多用于外部通信、数据采集、多路分配管理、驱动控制等接口。如果这些外部设备和接口全部由主机管理,势必造成主机负担过重、运行速度降低,并且不能提高对各种接口的管理水平。如果采用单片机专门对接口进行控制和管理,则主机和单片机就能并行工作,这不仅大大提高系统的运算速度,而且单片机还可对接口信息进行预处理、以减少主机和接口间的通信密度、提高了接口控制管理的水平。如绘图仪控制器,磁带机、打印机的控制器等等。

在国外,单片机的应用已相当普及。国内从1980年开始才着手开发应用,至今已拥有数十家工厂专门生产单片机的开发系统(详见§7-1),数以万计的科技工作者已投身到单片机的开发和应用中,并在程序控制、智能仪表等方面初见成效,显示出越来越多的优越性,预示着单片机在我国有着广阔的应用前景。

习题与思考题

- 1-1 什么是单片机?它与一般微型计算机在结构上有何区别?
- 1-2 单片机的发展大致可分几个阶段?各阶段的单片机功能特点如何?
- 1-3 新型8位单片机,主要在哪几方面发展了?使用新型8位单片机能给应用系统带来什么好处?

第二章 MCS-51 单片机结构

§ 2-1 MCS-51 单片机内部结构

MCS-51 系列单片机产品有 8051, 8031, 8751, 80C51, 80C31 等型号(前三种为 CMOS 芯片, 后两种为 CHMOS 芯片)。它们的结构基本相同, 其主要差别反映在存储器的配置上有所不同。8051 内部设有 4K 字节的掩模 ROM 程序存储器, 8031 片内没有程序存储器, 而 8751 是将 8051 片内的 ROM 换成 EPROM。本章将对 8051 单片机的结构作一介绍。

2-1-1 MCS-51 组成

MCS-51 单片机是在一块芯片中集成了 CPU, RAM, ROM、定时器/计数器和多种功能的 I/O 线等一台计算机所需要的基本功能部件。单片机内包含下列几个部件:

- 一个 8 位 CPU;
- 一个片内振荡器及时钟电路;
- 4K 字节 ROM 程序存储器;
- 128 字节 RAM 数据存储器;
- 两个 16 位定时器/计数器;
- 可寻址 64K 外部数据存储器和 64K 外部程序存储器空间的控制电路;
- 32 条可编程的 I/O 线(四个 8 位并行 I/O 端口);
- 一个可编程全双工串行口;
- 具有五个中断源、两个优先级嵌套中断结构。

8051 单片机框图如图 2-1 所示。各功能部件由内部总线联接在一起。图中 4K(4096)字

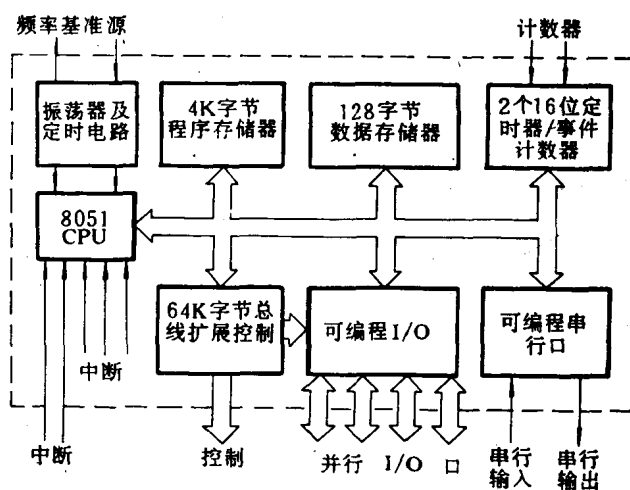


图 2-1 8051 单片机框图

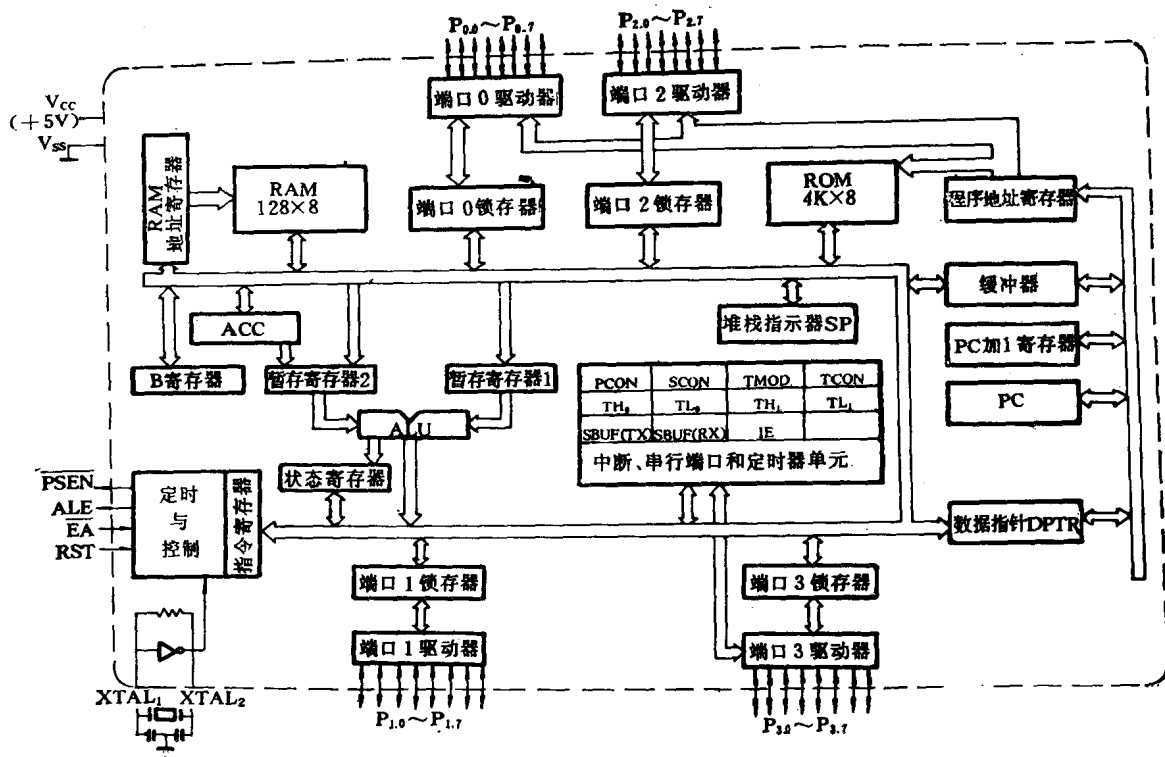


图 2-2 8051 内部结构框图

节的 ROM 存储器部分用 EPROM 替换就成为 8751；图中去掉 ROM 部分就成为 8031 的结构图。图 2-2 是 8051 内部结构框图。

2-1-2 CPU

CPU 是单片机的核心部件。它由运算器和控制器等部件组成。

一、运算器

运算器的功能是进行算术运算和逻辑运算。可以对半字节(4 位)、单字节等数据进行操作。例如能完成加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 码十进制调整、比较等算术运算和与、或、异或、求补、循环等逻辑操作，操作结果的状态信息送至状态寄存器。

8051 运算器还包含有一个布尔处理器，用来处理位操作。它是以进位标志位 C 为累加器的，可执行置位、复位、取反、等于 1 转移、等于 0 转移、等于 1 转移且清 0 以及进位标志位与其他可位寻址的位之间进行数据传送等位操作。也能使进位标志位与其他可位寻址的位之间进行逻辑与、或操作。

二、程序计数器 PC

程序计数器 PC 用来存放即将要执行的指令地址，共 16 位，可对 64K 程序存储器直接寻址。执行指令时，PC 内容的低 8 位经 P₀ 口输出，高 8 位经 P₂ 口输出。

三、指令寄存器