



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

单片机原理及应用

(机械制造与控制专业)

主编 朱家建



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

单片机原理及应用

(机械制造与控制专业)

主 编 朱家建
责任主审 罗圣国
审 稿 刘北英 刘 江

高等教育出版社

内容简介

本书以我国广泛使用的 MCS-51 系列单片机中的 8051 为对象,介绍了它的基本结构、工作原理、指令系统和基本的程序设计方法,重点介绍了 MCS-51 单片机的系统扩展技术、常用接口技术和基本的单片机应用系统开发和应用技术,最后给出了它们在工业生产中实际应用的简单实例,为继续学习和了解多种工业生产过程控制系统奠定了基础。

本书是根据教育部最新颁布的机械制造与控制专业主干课程单片机原理及应用课程教学基本要求,同时参照劳动部颁布的中级技术工人等级标准以及职业技能鉴定规范,并结合中等职业教育对象的特点、人才培养的规格和岗位综合要求编写的,可以作为中等职业学校机械制造与控制专业及相关专业的教材,也可以作为机械行业技术人员岗位培训教材以及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 朱家建主编. - 北京:高等教育出版社,2002.4

ISBN 7-04-010266-8

I.单... II.朱... III.单片微型计算机-专业学校-教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004236 号

责任编辑 王瑞丽 封面设计 王 晔 责任绘图 朱 静
版式设计 周顺银 责任校对 殷 然 责任印制 杨 明

单片机原理及应用

主编 朱家建

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>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2002 年 4 月第 1 版

印 张 12

印 次 2002 年 4 月第 1 次印刷

字 数 290 000

定 价 14.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据国家教育部 2001 年颁布的中等职业学校机械制造与控制专业教学指导方案中主干专业课程单片机原理及应用教学基本要求编写的国家规划教材。

单片微型计算机(简称单片机)是在一块芯片内集成了计算机各种主要功能器件所构成的一种微型计算机。它具有体积小、功能强、价格低、可靠性高、易普及和使用方便等特点,在工业自动化控制、仪器仪表、家用电器、通信、机器人和机电一体化等技术领域中获得了广泛的应用。本书以 MCS-51 系列单片机中占主导地位的 8051 为主要对象,介绍了它的内部基本结构、工作原理、指令系统、编程技术,并从实用出发对单片机在工业自动化控制领域中常用的系统扩展技术、接口技术及其应用作了较为详细的介绍。本书在编写过程中力求做到文字通俗易懂,语言流畅,内容安排由浅入深,循序渐进,概念清楚,重点突出,分析透彻,自成体系,符合中等职业教育的教学特点。

教学时数为 60 学时,其中第九章为理论教学选用模块,第十一章中的实验六为实践教学选用模块,其余各章均为基本教学模块。各章具体教学时数的分配建议可参考下表。

内 容	参考学时	内 容	参考学时
第一章	3	第七章	3
第二章	6	第八章	3
第三章	10	第九章	3
第四章	6	第十章	4
第五章	4	第十一章	12
第六章	6	第十二章	课程实验专用周

本书由南京工业职业技术学院朱家建编写,高等教育出版社聘请江苏常州轻工业学校吴国经副教授审阅全稿。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,北京科技大学罗圣国教授任责任主审,刘北英和刘江老师审稿。他们对提高书稿质量起到了重要作用,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存有错漏,恳请读者给予批评指正。

编者

2001 年 6 月

目 录

第一章 微型计算机基础	1	第一节 概述	85
第一节 微型计算机的基本结构	1	第二节 并行接口芯片 8255A	87
第二节 微型计算机的工作原理	2	第三节 并行接口芯片 8155	93
第三节 微型计算机常用的数制、编码和 数的表示方法	3	习题与思考题六	100
第四节 单片微型计算机概述	7	第七章 常用外围设备接口技术	101
习题与思考题一	10	第一节 键盘接口技术	101
第二章 MCS-51 单片机的结构与 功能	11	第二节 LED 显示器接口技术	109
第一节 内部结构与功能	11	习题与思考题七	114
第二节 引脚与功能	19	第八章 A/D、D/A 转换器接口技术	115
第三节 Intel 系列单片机性能比较	23	第一节 D/A 转换器	115
习题与思考题二	25	第二节 A/D 转换器	120
第三章 MCS-51 单片机指令系统与 程序设计	26	习题与思考题八	125
第一节 指令格式和寻址方式	26	第九章 MCS-51 的串行接口	126
第二节 指令系统	31	第一节 概述	126
第三节 汇编语言程序设计基础	45	第二节 串行接口的应用	130
习题与思考题三	58	习题与思考题九	136
第四章 MCS-51 的输入/输出、中断 系统与定时/计数器	60	第十章 MCS-51 单片机的应用	137
第一节 输入/输出及数据传送的基本 方式	60	第一节 单片机应用系统简介	137
第二节 中断系统	61	第二节 简单顺序控制系统	139
第三节 定时/计数器	66	第三节 步进电动机控制系统	142
习题与思考题四	71	第四节 通用数据采集与处理系统	145
第五章 存储器扩展技术	72	习题与思考题十	153
第一节 概述	72	第十一章 单片机实验	154
第二节 程序存储器的扩展	79	第一节 单片机开发系统的操作使用 实验	154
第三节 数据存储器的扩展	81	第二节 程序设计与调试实验	156
第四节 同时扩展外部数据存储器 and 外部 程序存储器	83	第三节 存储器扩展实验	158
习题与思考题五	84	第四节 8031 扩展 8255A 接口实验	161
第六章 并行 I/O 端口的扩展技术	85	第五节 交通信号灯控制实验	163
		第六节 D/A 转换实验	166
		第十二章 单片机实验专用周	171
		16×64 点阵 LED 汉字显示屏实验	171
		附录 MCS-51 指令表	182
		参考文献	186

第一章 微型计算机基础

本章通过微型计算机的基本结构、工作原理和微型计算机中常用的数据及其编码方式的介绍,建立起关于微处理器、微型计算机及微型计算机系统的基本概念,在了解单片机的基本组成的基础上,系统地学习 MCS-51 系列单片机知识奠定必要的基础。

第一节 微型计算机的基本结构

随着集成电路制造技术的不断发展,不同类型、不同用途、不同系列的微型计算机也正处于不断发展和完善之中。尽管它们的性能可以有所不同,但其内部的硬件构成是基本相似的,它们内部的基本硬件结构如图 1-1 所示。它包括微处理器、存储器、三总线 and 输入/输出接口电路四部分。当然,一个完整的微型计算机硬件系统还包括必要的外部设备。

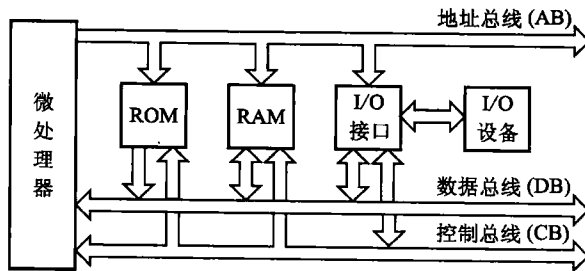


图 1-1 微型计算机的内部基本硬件结构

一、微型计算机内部的基本硬件结构

1. 微处理器

微处理器由运算器和控制器组成,它是微型计算机的核心部件。微型计算机的运算功能和对各个组成部分的控制功能都由它来完成。

运算器可以进行两数的加、减等算术运算,两数的与、或、异或等逻辑运算以及数据的循环移位等操作。

控制器可以根据给定的程序进行各种控制操作,使微型计算机各个组成部分按照一定的节拍,有条不紊地进行工作。

2. 存储器

存储器是微型计算机用来存放程序和数据的装置。根据它与微处理器的连接方式不同,可以分为内部存储器和外部存储器。内部存储器主要用来存放当前要运行的程序和必要的数据,具有存储容量较小但存取速度快的特点。外部存储器主要用来存放当前暂时不直接参与运行的程序和数据,在需要时可以和内部存储器进行数据的成批传送。外部存储器具有存储容量大但存取速度较慢的特点。

存储器根据存取(读写)功能,可以分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。微处理器可以对 RAM 中的信息随时进行读写,但对需要存入 ROM 中的信息要通过特定的方式才能写入,写入的信息一般只能读出而不能随意更改。

3. 输入/输出接口电路

输入/输出(I/O)接口电路是微型计算机与外部设备进行各种信息交换的通道,一般都制成标准化、系列化的单个集成电路。它的功能主要包括:实现外部设备与微型计算机的连接,实现两者之间数据的传输、信号电平的转换、数据交换格式的转换等。

4. 三总线

总线是微型计算机内部进行各种信息传输的公共通道,它实质上是一组信号传输线的集合。在微型计算机内部,微处理器、内部存储器、输入/输出接口电路等相对独立部件之间实现信息传送,按照传送的信息类型,总线可分为三组。

地址总线(AB):主要用来传送由微处理器发出的存储单元或 I/O 接口的地址,以选择相关的存储单元或 I/O 接口。它的根数(宽度)基本上决定了微处理器所能寻找的存储器容量(存储单元数量),或称为寻址范围。如果地址总线为 n 根,则微处理器的寻址范围为 2^n 个存储单元。

数据总线(DB):主要用于微处理器、存储器、I/O 接口之间数据的相互传送。它的根数一般与微型计算机的位数相同。如 8 位微型计算机的数据总线有 8 根。

控制总线(CB):主要用于传输微型计算机各个独立部件之间的定时和控制信号,以保证微型计算机正常运行程序时所要求的各种操作。它的根数因机型而异。

二、微处理器、微型计算机、微型计算机系统和单片机

1. 微处理器

微处理器一般由运算器和控制器两部分组成。运算器用于对二进制数进行算术运算和逻辑操作,它由算术逻辑单元、累加器、通用寄存器、暂存器和状态寄存器五部分组成;控制器是发布操作命令的机构,是计算机的核心,它由指令部件、时序部件和微操作控制部件三部分组成。微处理器一般都以单一芯片的形式出现。

2. 微型计算机

以微处理器为核心,配以一定数量的 ROM 和 RAM、一定数量的 I/O 接口电路和其他功能部件(如定时/计数器、中断控制器等)组装成的计算机称为微型计算机。

3. 微型计算机系统

以微型计算机为中心,再配置相应的外部设备(如 CRT、键盘、打印机、软磁盘机等)、电源以及系统软件、应用软件,构成微型计算机系统。

4. 单片机

将微处理器、一定容量的 ROM、RAM、一定数量的 I/O 接口电路及其他功能部件集成在一块芯片上,这块芯片被称为单片机。

第二节 微型计算机的工作原理

各种微处理器都有各自的指令系统(一系列命令的集合)。用户根据要完成的任务,结合所

用微处理器的类型,利用它的指令系统(也可以利用不受微处理器类型限制的高级编程语言)进行程序的编制。利用输入设备(如键盘)将编好的程序以逐条指令的方式送入存储器中连续的存储单元中,然后利用汇编程序将指令“翻译”成微型计算机能够执行的命令,或者事先将程序人工“翻译”成微型计算机能够执行的命令,再输入到存储器中连续的存储单元中。在运行程序时,只要给微处理器输入程序存放在存储器中的起始存储单元地址(存储单元编号),微处理器就可以根据该地址找到对应的存储单元,取出对应的指令,按照指令分解、指令分析、执行指令的顺序完成该指令的操作。只有在遇到转移指令时,微处理器才会跳转到相应的存储单元去执行指定的指令,否则微处理器将自动顺序执行下一条指令。如此循环往复,直至执行完全部程序的所有指令,完成指定的任务,这就是微型计算机的基本工作原理。

第三节 微型计算机常用的数制、编码和数的表示方法

各种微型计算机不论其类型如何,都是以二进制运算为基础的。但人们为了书写方便、简化表达式,输入/输出形式符合常用的十进制制,便引入了八进制数、十六进制数等,这样在微型计算机中就存在着多种进位制以及由此引出的有关编码问题。

一、常用数制

计算机中所使用的数制都属于进位计数制。每种进位计数制都有两个基本要素,即基数和位权。基数是指计数制中所使用的数码的个数。如十进制数使用0,1,⋯,9这10个数码,它的基数是10。即1个十进制数中的每一位,只能取0,1,⋯,9这10个数码中的1个。在1种进位制中,同1个数码在不同的数位时,其表示的值也不相同,这个值就是该数码本身的值乘以其所处位数相关的1个固定常数,这个固定常数称为位权,简称权。权是个指数,底为基数,幂是该数位的序数减一。如对十进制数295.1按权展开可以写为

$$295.1 = 2 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1}$$

其一般形式为

$$S_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 10^i$$

其中, K_i 为第*i*位的数码, n 为整数的位数, m 为小数的位数。

1. 二进制数

二进制数中只有0和1这两个数码,基数为2,在二进制数的加减法运算中按照“逢二进一,借一为二”的法则进行。二进制数的一般表达式为

$$S_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 2^i$$

其中 K_i 可以取0或1。

2. 八进制数

八进制数采用0,1,⋯,7这8个数码,基数为8,在八进制加减法运算中,按照“逢八进一,借一当八”的法则进行。八进制数的一般表达式为

$$S_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 8^i$$

其中, K_i 可以取 0, 1, ..., 7 这 8 个数码之一。

3. 十六进制数

十六进制数采用 0, 1, ..., 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 这 16 个数码, 其中 A~F 对应的十进制数为 10~15。它的基数为 16, 在十六进制加减法运算中, 按照“逢十六进一, 借一当十六”的法则进行。十六进制数的一般表达形式为

$$S_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 16^i$$

其中, K_i 可以取 0, 1, ..., F 这 16 个数码之一。

在计算机系统中约定, 二进制数以 B 作为后缀; 八进制数以 Q 作为后缀; 十六进制数以 H 作为后缀; 而十进制数可以 D 作为后缀, 也可以不加后缀。利用这种办法, 可以对这四种不同数制的数加以区分, 见表 1-1。

表 1-1 四种进位制的数码对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000B	0Q	0H
1	0001B	1Q	1H
2	0010B	2Q	2H
3	0011B	3Q	3H
4	0100B	4Q	4H
5	0101B	5Q	5H
6	0110B	6Q	6H
7	0111B	7Q	7H
8	1000B	10Q	8H
9	1001B	11Q	9H
10	1010B	12Q	AH
11	1011B	13Q	BH
12	1100B	14Q	CH
13	1101B	15Q	DH
14	1110B	16Q	EH
15	1111B	17Q	FH
16	10000B	20Q	10H

二、常用编码

由于微型计算机的运算基础是二进制数, 因此对于十进制数、英文字母、汉字和某些专用符号, 必须将其编成二进制代码, 微型计算机才能够识别、接受、存储、传送和处理。

1. 十进制数的常用编码

在微型计算机中,十进制数除了转换为二进制数外,还可以利用二进制数对其进行编码,这种编码称为BCD码(二进制码)。这种编码方式的特点是用4位二进制数表示1位十进制数,对多位十进制数按十进制数书写习惯写出。如123,其BCD码为0001 0010 0011。由于4位二进制数各位的权从左到右依次为8,4,2,1,所以这种码又称为8421码,见表1-2。

表 1-2 8421 码编码表

十进制数	8421 码	十进制数	8421 码
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

2. 字符编码

微型计算机对字母、文字以及某些专用符号的编码多采用美国信息交换标准代码——ASCII码。ASCII码是个7位代码,共有128个字符。其中96个图形字符,可以进行显示或打印。32个控制字符则不能显示或打印,但其编码可以存储。

在ASCII码编码表中,最为常用的是0~9和大写英文字母A~F,它们的ASCII码分别为30H~39H和41H~46H。ASCII编码,见表1-3。

表 1-3 ASCII 码表

列	0	1	2	3	4	5	6	7
行	0000	0001	0010	0011	1000	1001	1100	1101
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	'	<	L	\	l	|
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	o	>	N	Ω(1)	n	~
F	SI	US	/	?	O	-(2)	o	DEL

三、数的表示方法

现实中的数据很多是带符号的。那么,微型计算机如何表示带符号的二进制数呢?在微型计算机中,带符号数有三种表示方法,即原码、反码和补码表示法,但目前微型计算机中用的是补码表示法。

1. 机器数和真值

计算机中的数都是存放在存储器的存储单元中,每个存储单元由若干位二进制位组成。为了能够表示出数的正负号,可以用1个存储单元的最高位来表示数的符号,并用“0”表示正号(“+”),用“1”表示负号(“-”)。这个用来表示数的符号的数位称为“符号位”,而其他位可以是0或1,这些位构成为数值位。

设有两个数二进制 N_1 和 N_2 的一般形式为

$$N_1 = +1001101B; \quad N_2 = -1110101B$$

它们在计算机中可以表示为

$$N_1 = 01001101B; \quad N_2 = 11110101B$$

为了区分这两种形式的数,我们将其在计算机中的表示形式($N_1 = 01001101B$ 和 $N_2 = 11110101B$)称为机器数,而将其原来一般书写形式($N_1 = +1001101B$ 和 $N_2 = -1110101B$)称为对应机器数的真值。

如果1个存储单元存放的1个数的所有数位都为数值位,则称该数为无符号数。若1个无符号数的数值位为8位,则该数的范围为0~255。如果1个存储单元存放的1个数的最高位为符号位,其余为数值位,则称该数为有符号数。若1个有符号数的数位为8位,则数值位为7位,则该数的范围为-127~+127。

2. 原码

1个二进制数的原码,在表达形式上与它的机器数相同,即

若 $X = \pm X_1X_2 \cdots X_{n-1}$, 则 $[X]_{\text{原}} = X_0X_1X_2 \cdots X_{n-1}$ (其中 X_0 表示符号位)

0在原码表示法中有两种形式: $[+0] = 0000 \cdots 0$, $[-0] = 1000 \cdots 0$

3. 反码

正数的反码与它的原码相同,负数的反码则为保持其原码的符号位不变,数值位按位取反,即

若 $[X]_{\text{原}} = 0X_1X_2X_3 \cdots X_{n-1}$, 则 $[X]_{\text{反}} = [X]_{\text{原}}$

若 $[X]_{\text{原}} = 1X_1X_2X_3 \cdots X_{n-1}$, 则 $[X]_{\text{反}} = 1\bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3 \cdots \bar{X}_{n-1}$

0在反码表示法中也有两种表现形式,即

$[+0] = 0000 \cdots 0$ 或 $[-0] = 1111 \cdots 1$

4. 补码

为了解补码的概念,以时钟“对时”为例来说明补码的概念。如某时刻为北京时间9时整,而此时该钟为11时。为了给此钟校对时间,可以采用倒拨(逆时针)减少2h,使时针指向9,即 $11 - 2 = 9$ 。也可以采用顺拨(顺时针)增加10h,使时针指向9,即 $11 + 10 = 21$ (自动丢失或等于0)+9。这个自动丢失的数(12)称为模,这种加法称为“按模12的加法”。用数学式可以表示为

$11 + 10 = 9$ (模为 12)。

在模为 12 的情况下, $11 - 2$ 与 $11 + 10$ 是等价的。我们可以称 10 和 -2 对模 12 互补, 即 10 是 -2 对模 12 的补码。根据这一概念, 就可以将原来的减法 $11 - 2 = 9$ 转化为 $11 + 10$ (模为 12) 的加法。这就是我们引入补码的目的所在。

根据上述基本原理, 以十六进制数为例, 可以推论:

如果一个数的原码用十六进制数表示, 并且 $[X]_{\text{原}}$ 为 8 位, 则其补码可以用下列方法得

$$[X]_{\text{补}} = [X]_{\text{原}} \quad (X \geq 0)$$

$$[X]_{\text{补}} = FFH - |X| + 1 = [X]_{\text{反}} + 1 \quad (X < 0)$$

在补码表示法中, 零只有唯一的表示形式——00000...0。

第四节 单片微型计算机概述

单片微型计算机是微型计算机的一个重要组成部分, 具有非常广阔的发展前景。单片微型计算机简称为单片机。当其应用于控制领域时, 又被称为微控制器。当单片机和适当的软件以及外部设备相结合, 就构成了单片机控制系统。

一、单片机的内部结构

由于单片机是微型计算机的一个重要组成部分, 基本具备了微型计算机的基本功能。但由于其所有部件都被集成在一块芯片上, 这就使得它和微型计算机在内部结构上有所区别。了解和掌握单片机的内部结构, 对于进一步学习 MCS-51 单片机具有十分重要的意义。单片机的内部结构如图 1-2 所示。

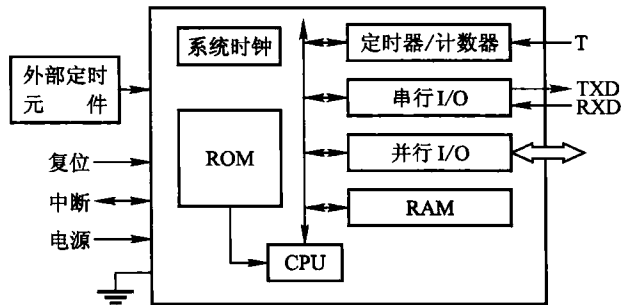


图 1-2 单片机的内部结构

1. 中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心部件, 由运算器、控制器、中断电路等组成, 具有自己的指令系统, 用户利用它可以编制单片机的应用程序。CPU 的运算精度主要体现在它的字长上。单片机有 4 位、8 位、16 位和 32 位之分。

2. ROM 存储器

ROM 存储器的容量较大。由于它被用来存放用户的应用程序, 常常又被称为程序存储器。根据单片机内 ROM 的结构, 又可以将单片机分为无 ROM 型、ROM 型和 EPROM 型。无 ROM

型单片机片内不集成 ROM 存储器,用户的应用程序必须存放在片外外接的 ROM 中,单片机与外接 ROM 共同构成单片机系统。ROM 型单片机内集成有 ROM 存储器,用户程序可以被固化在 ROM 中。EPROM 型单片机内集成有 EPROM 存储器,用户的应用程序被存放到其中后,只有通过特殊手段才能加以修改,是一种应用较广泛的单片机。

3. RAM 存储器

单片机内的 RAM 存储器容量一般小于 ROM 存储器,RAM 存储器主要用来存放实时数据,或作为通用寄存器、数据堆栈和数据缓冲器之用。

4. I/O 接口电路和特殊功能部件

I/O 接口电路分为串行 I/O 和并行 I/O 两种。串行 I/O 主要用于串行通信,可以将单片机内的并行数据转换成串行数据向外发送,也可以将接收到的串行数据转换成并行数据。并行 I/O 接口电路可以在单片机和存储器或外设之间进行数据的并行传送。

特殊功能部件的数量和单片机的型号有关。一般情况下,特殊功能部件主要包括:定时/计数器、A/D 和 D/A、DMA 通道和系统时钟等。定时/计数器主要用于定时脉冲的产生、计数,实现定时功能。A/D 和 D/A 转换器用于模拟量和数字量之间的转换,实现单片机对数据的采集和控制功能。DMA 通道实现单片机和外设之间较大数量数据的快速传送。

二、几个常用术语

位(bit):位是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位。由于在计算机中使用的是二进制数,因此位就是指一个二进制位。

字节(Byte):相邻 8 位二进制数码被称为一个字节,即 1 Byte = 8 bit。也可以说一个字节的长度为 8 位。在微型计算机中,常常用字节数来表示存储器的容量。如 1 024 称为 1 KB,1 024 KB 称为 1 MB。

字(Word)和字长:字是计算机内部进行数据处理的基本单位。它由若干位二进制数码组成,通常与计算机内部的寄存器、运算器、数据总线宽度相一致。每个字所包含的二进制数码的位数称为字长,不同类型的计算机的字长有所不同。如 MCS-51 单片机的字长为 8 位,是 8 位机,而 80586 的字长为 32 位,是 32 位机。

地址:微型计算机中的地址主要是指存储单元地址和 I/O 端口地址两类。它们的地址就是指某个存储单元在存储器编码中所分配的号码或 I/O 端口的号码。

三、单片机的发展阶段

自 1974 年美国仙童公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8 以来,单片机开始迅速发展,应用范围不断扩大。在单片机的发展过程中,经历了以下几个发展阶段。

第一代单片机(1974—1976 年):这是单片机发展的起步阶段。这个时期单片机产品的特点是制造工艺落后和集成度低,采用双片形式。代表产品有 Fairchild 公司的 F8 和 Mosetek 公司的 3870 等。

第二代单片机(1976—1978 年):这是单片机的第二发展阶段。这个时期单片机的性能低、品种少、应用范围不广。代表产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列机。

第三代单片机(1979—1982 年):这是 8 位单片机的成熟阶段。这个时期的单片机品种齐

全,可以满足各种不同领域的需要。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列机、Motorola 公司的 MC6801 系列机、TI 公司的 TMS7000 系列机等。

第四代单片机(1983 年以后):这是 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展的时期。16 位单片机的特点是工艺先进、集成度高、内部功能强、加法运算速度快。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列、TI 公司的 TMS9900、NEC 公司的 783XX 系列等

四、单片机的特点

单片机具有微型计算机的基本功能,但它和通用微型计算机相比,由于在硬件结构和指令设置上的独到之处,具有如下特点。

(1) 单片机中的 RAM 和 ROM 存储器分工明确。较大的程序存储器空间和小容量的数据存储器空间便于加快单片机的执行速度,实现单片机构成控制系统的功能。

(2) 采用面向控制的指令系统,使单片机的逻辑控制功能增强,具有很强的位处理能力。同时单片机的运行速度也较高。

(3) 它的 I/O 引脚具有多功能性,使其在有限引脚数量的情况下,能够实现较多信号的及时传输。

(4) 具有较强的功能扩展性,使其可以很方便地在片外扩展 ROM、RAM 和 I/O 接口。它和很多通用微型计算机接口的兼容性,极大地方便了在设计和生产中的应用。

(5) 单片机的通用性,不仅使它可以作为控制器使用,而且可以像微处理器那样被广泛地应用在许多方面。

五、单片机的应用

由于单片机具有体积小、成本低、运用灵活、易于产品化、较高的性能价格比、抗干扰能力强、适应温度范围宽等优点,使其在控制领域中得到了广泛应用,可以很方便地实现多机和分布式控制。

(1) 在智能仪器仪表中的应用。单片机的体积小、功耗低、控制功能强的特点,使仪器仪表数字化、智能化、微型化,功能得到增强。

(2) 在工业测控中的应用。利用单片机,在自动化控制中很方便地构成各种工业测控系统、自适应控制系统、数据采集系统等。

(3) 在直接数字控制系统中的应用。直接数字控制是单片机在工业控制中应用最广泛的一种方式。利用单片机作为系统的一个组成部分或控制环节,直接参与控制过程,可以使生产过程始终处于最佳状态。

(4) 在分布式控制系统中的应用。分布式控制系统是由一台或数台主计算机和若干台单片机构成的分级结构的计算机系统,具有很强的系统管理能力。在分布式控制系统中,单片机常常作为设备控制级的主体,用于对生产过程的直接控制。

(5) 在日常生活及家用电器产品中的应用。单片机广泛应用于日常生活中的智能化电气产品和家电中,如电脑缝纫机、心率监护仪、电冰箱、彩色电视机、洗衣机等。

六、单片机的发展趋势

随着单片机应用领域的不断扩展,单片机正朝着高性能和多品种方向发展。单片机发展的主要方向有:

- (1) 增强 CPU 功能,提高运算速度和运算精度。
- (2) 增多内部资源,使构成控制系统时外加硬件电路减少,减小控制系统体积,提高工作可靠性。
- (3) 一脚多用,使引脚多功能化,解决引脚数量有限和芯片功能增强之间的矛盾,提高应用灵活性。
- (4) 改进芯片制造工艺与技术,增加多种工作方式,达到低电压和低功耗。

习题与思考题一

- 1-1 微处理器、微型计算机、单片机的区别是什么?
- 1-2 单片机与一般微型计算机相比具有哪些特点?
- 1-3 微型计算机有关数的表示法中为什么要采用补码形式?
- 1-4 用十六进制形式写出下列字符的 ASCII 码:AB8、STUDENT、COMPUTER、EXCELLENCE。
- 1-5 单片机内部有哪些功能部件?各功能部件的作用是什么?
- 1-6 单片机主要应用于哪些领域?
- 1-7 单片机中片内 ROM 的配置有哪几种形式?用户应根据什么原则选用?

第二章 MCS-51 单片机的结构与功能

MCS-51 是美国 Intel 公司的高档 8 位单片机系列,是在 MCS-48 系列基础上发展而成的,也是我国目前应用最广泛的一种单片机系列。MCS-51 系列单片机的性能特点也各有所异。MCS-51 系列单片机主要包括 8051 子系列、8052 子系列、80C51 子系列等,它们的内部结构基本是相同的。本章主要以 8051 为主线介绍 MCS-51 单片机的结构与功能,为学习 MCS-51 的指令系统、接口技术、应用技术奠定基础。

第一节 内部结构与功能

MCS-51 系列单片机都是以 8051 为核心电路发展起来的,都具有 8051 的基本结构和软件特征。8051 单片机内部包含了作为一个独立的微型计算机所必需的功能部件和一些重要的功能扩展部件,其内部结构如图 2-1 所示。如果将其中的 EPROM 部分去掉,就和 8031 的内部结构相同。MCS-51 单片机的内部结构按功能可以划分为 CPU、存储器、I/O 端口、定时/计数器和中断系统五部分。

一、CPU 结构

CPU 是 8051 内部的一个字长为 8 位的中央处理单元,它由运算器、控制器(定时控制部件)和专用寄存器组三部分组成。

1. 运算器

运算器主要包括一个可以进行算术和逻辑运算的算术逻辑部件(ALU)、两个 8 位暂存器 TMP1 和 TMP2。其中,ALU 运算功能很强,可以进行加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 数十进制调整、比较等算术运算,也可以进行逻辑与、或、非、异或等逻辑运算,同时还可以进行循环移位、判断和程序转移等。两个 8 位暂存器(TMP1 和 TMP2)对用户不开放,但可以用来为加法器、布尔处理器暂存两个 8 位二进制数。

在进行数据运算时,两个参与运算的数据分别通过 TMP1 和 TMP2 同时进入 ALU 进行运算,运算的结果一般再返回给累加器 ACC。

2. 控制器(定时控制部件)

定时控制部件起着控制器的作用。它由定时控制逻辑、指令寄存器 IR 和振荡器 OSC 等电路组成。指令寄存器主要用于存放从程序存储器中取出的指令码,定时控制逻辑用于对指令寄存器中的指令码进行译码,在 OSC 的配合下产生指令的时序脉冲,完成相应指令的执行。OSC 是控制器的核心,它产生矩形时钟脉冲序列,并为控制器提供时钟脉冲。时钟频率的高低,是衡量单片机的重要性能指标之一。不同型号的单片机的时钟频率是各不相同的。

3. 专用寄存器组

专用寄存器组主要用于存放当前要执行的指令在存储器中的存储单元地址、存放操作数和