



全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG JISHU

单片机原理及应用技术

常秉琨 摆银龙 主编

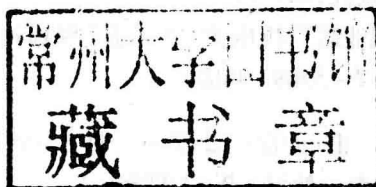


黄河水利出版社

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

单片机原理及应用技术

主 编 常秉琨 摆银龙
副主编 赵 方 郑小梅 李道军
李 莉 张松林



黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材。全书共分十章,第一章讲述单片微型计算机系统基础知识,第二章讲述 AT89S51 单片机的硬件结构组成及工作原理,第三章讲述单片机的指令系统,第四章讲述 AT89S51 单片机的汇编语言程序设计,第五章讲述 AT89S51 单片机的中断系统,第六章讲述 AT89S51 单片机的定时/计数器,第七章讲述 AT89S51 单片机的串行通信,第八章讲述 AT89S51 单片机的串行扩展技术及应用,第九章讲述单片机典型外围接口技术,第十章讲述单片机应用系统实例。附录中列出了单片机指令速查表、ASCII 码表、Keil μ Vision2 及 Proteus 使用简介。

本书可作为高等职业学院、高等专科学校、成人高等学校的应用电子技术、电子信息工程技术、自动化技术、机电一体化技术、计算机应用等专业的教材或教学参考书,也可供从事单片机应用技术开发的有关技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术 / 常秉琨, 摆银龙主编. — 郑州: 黄河水利出版社, 2011. 9
全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 5509 - 0020 - 2

I. ①单… II. ①常…②摆… III. ①单片微型计算机 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 189040 号

组稿编辑: 王文科 电话: 0371 - 66028027 E-mail: wwkw5257@163.com

出版社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话: 0371 - 66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@126.com

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 787 mm $\times$ 1 092 mm 1/16

印张: 17.25

字数: 420 千字

版次: 2011 年 9 月第 1 版

印数: 1—4 000

印次: 2011 年 9 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

前言

随着信息技术的飞速发展,嵌入式智能电子技术已渗透到社会生产、工业控制以及人们日常生活的各个方面。单片机又称为嵌入式微控制器,在智能仪表、工业控制、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很多领域都有着广泛的应用,已成为当今电子信息领域应用最广泛的技术之一。目前各大专院校相关专业都开设有单片机原理及应用技术课程,其已成为现代工科大学生的必修课程。这是一门理论性、实践性和综合性都很强的学科,它需要模拟电子技术、数字电子技术、微机原理、电气控制、电力电子技术等作为知识背景;同时,该学科也是一门计算机硬件和软件有机结合的学科。本书是编者多年理论教学、实践教学及产品研发经验的结晶。

高职教育的教材并不是本科教育教材的简单删减,也不是理论内容和实践内容的简单堆砌,关键在于理论的学习要能指导实践,实践是在理论指导下的实践。本书依据教育部制定的相关专业技能人才培养的要求,以加强人才的技术应用能力培养为导向,突出应用性、实践性和先进性。在内容组织上,注重理论教学与实践操作相结合,采用任务驱动、项目导向引导教与学,目标明确,深入浅出,知识点和技能点有机融合,体现了高职教育教材的新特色。

与以往单片机方面的教材相比,本书具有如下特点:

(1)在编写过程中,力求做到从基础着手,循序渐进,以“必需”、“够用”、“适用”、“会用”为度。各知识点的阐述条理清晰,重点突出,符合高职学生的学习特点,语言组织既严密,又易学易懂。

(2)采用“基础+案例+实训”的教材模式,突出技能训练和动手能力的培养。本书以基于单片机控制的实际电子产品的设计与制作为最终目标,注重实践,将电子产品设计制作的工作过程整合成工作任务;以任务驱动、项目导向教学,始终将理论、实训、产品开发三者有机结合,从单片机最小系统开始,逐步扩展功能,从小到大,从简单到复杂,给学习者一种系统的、完整的、清晰的学习思路。

(3)本书在内容的编排上,始终将实用技能的培养放在首位,采用硬件和软件同时讲解、相结合叙述的方法,加强硬件故障排除和软件调试过程的指导,着重讲解调试方法和步骤。通过每个具体实训,学生可逐步掌握产品设计开发的全过程。

(4)在编写过程中,本书力求兼顾基础性、实用性和先进性,简单介绍了目前流行的新型微处理器,紧跟单片机技术发展前沿,缩短了学校教育与企业需要的距离,更好地满足企业用人的需求。

本书可作为高等职业学院、高等专科学校、成人高等学校的应用电子技术、电子信息工程技术、自动化技术、机电一体化技术、计算机应用等专业的教材或教学参考书,也可供从事单片机应用技术开发的有关技术人员阅读参考。

在教学中,可根据学时、对象安排教材的教学内容。本书中标有*的内容为选修内容,可作为毕业设计或应用设计的参考资料。

本书编写人员及编写分工如下:郑州职业技术学院摆银龙编写第一章、第二章,郑州职业技术学院郑小梅编写第三章,郑州职业技术学院赵方编写第四章,郑州职业技术学院李莉编写第五章及附录,郑州职业技术学院李道军编写第六章、第七章,郑州职业技术学院常秉琨编写第八章、第九章,河南机电高等专科学校张松林编写第十章。本书由常秉琨、摆银龙担任主编,由赵方、郑小梅、李道军、李莉、张松林担任副主编。

本书在编写过程中得到了许多同行、专家的关心和支持,在此表示衷心的感谢。在编写过程中编者也参考了许多文献资料(列在书后参考文献中),在此向各文献资料的作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2011 年 5 月

目 录

前 言

第一章 单片微型计算机系统基础知识	(1)
-------------------------	-----

第一节 数制与编码的简单回顾	(1)
----------------------	-----

第二节 单片机初步认识	(6)
-------------------	-----

第三节 单片机应用实例	(10)
-------------------	------

本章小结	(13)
------------	------

思考题及习题	(13)
--------------	------

第二章 AT89S51 单片机的硬件结构组成及工作原理	(15)
-----------------------------------	------

任务一 单片机应用系统演示	(15)
---------------------	------

第一节 AT89S51 单片机内部结构	(15)
---------------------------	------

第二节 AT89S51 单片机的外部结构	(18)
----------------------------	------

第三节 AT89S51 单片机的存储器结构	(23)
-----------------------------	------

第四节 单片机的 I/O 端口功能及结构	(31)
----------------------------	------

实训项目一 单片机最小系统的硬件制作	(35)
--------------------------	------

本章小结	(36)
------------	------

思考题及习题	(36)
--------------	------

第三章 单片机的指令系统	(38)
--------------------	------

任务二 仿真软件的使用	(38)
-------------------	------

第一节 指令系统概述	(38)
------------------	------

第二节 指令分类	(43)
----------------	------

实训项目二 简易彩灯系统制作	(67)
----------------------	------

本章小结	(68)
------------	------

思考题及习题	(68)
--------------	------

第四章 AT89S51 单片机的汇编语言程序设计	(70)
--------------------------------	------

任务三 8 个发光二极管流水灯控制	(70)
-------------------------	------

第一节 汇编语言程序设计概述	(70)
----------------------	------

第二节 汇编语言程序设计的方法	(75)
-----------------------	------

实训项目三 可预置可逆 4 位计数器	(96)
--------------------------	------

本章小结	(96)
------------	------

思考题及习题	(97)
--------------	------

第五章 AT89S51 单片机的中断系统	(99)
----------------------------	------

任务四 单键改变发光二极管状态演示	(99)
-------------------------	------

第一节 中断系统概述	(100)
------------------	-------

第二节 中断系统的应用实例	(107)
---------------------	-------

实训项目四 中断控制流水灯设计	(112)
本章小结	(113)
思考题及习题	(113)
第六章 AT89S51 单片机的定时/计数器	(115)
任务五 数字时钟的演示	(115)
第一节 定时/计数器概述	(116)
第二节 定时/计数器的控制寄存器	(117)
第三节 定时/计数器的工作方式	(118)
第四节 定时/计数器的编程和应用实例	(122)
实训项目五 数字时钟的设计	(128)
实训项目六 报警器电路的设计	(129)
本章小结	(131)
思考题及习题	(131)
第七章 AT89S51 单片机的串行通信	(133)
任务六 单片机的数据串行传送	(133)
第一节 串行通信概述	(134)
第二节 AT89S51 串行口	(139)
第三节 串行口的工作方式	(142)
第四节 串行通信应用实例	(145)
实训项目七 单片机与 PC 机串行通信的设计	(149)
本章小结	(150)
思考题及习题	(150)
第八章 AT89S51 单片机的串行扩展技术及应用	(151)
任务七 单片机的串行口输出字型码	(151)
第一节 单片机串行扩展方式	(151)
第二节 串行扩展 EEPROM	(159)
第三节 串行扩展 I/O 接口	(174)
实训项目八 点阵字幕机的设计	(177)
本章小结	(179)
思考题及习题	(179)
第九章 单片机典型外围接口技术	(180)
任务八 数显抢答器设计	(180)
第一节 键盘接口	(181)
第二节 显示器接口	(190)
第三节 D/A 转换电路接口技术	(205)
第四节 A/D 转换电路接口技术	(213)
第五节* 开关量驱动输出接口电路	(219)
实训项目九 温度控制器的设计	(225)
本章小结	(228)

思考题及习题	(229)
第十章 单片机应用系统实例	(230)
第一节 单片机应用系统设计基本知识	(230)
第二节 十字路口交通信号灯模拟控制	(233)
第三节 单片机的步进电机控制系统	(235)
第四节 倒计时器的设计	(239)
本章小结	(244)
思考题及习题	(244)
附 录	(245)
附录 A 单片机指令速查表	(245)
附录 B ASCII 码表	(250)
附录 C Keil μ Vision2 使用简介	(250)
附录 D Proteus 使用简介	(258)
参考文献	(266)

第一章 单片微型计算机系统基础知识

本章主要内容

本章主要介绍计算机中的数制与码制的基础知识以及单片机的基本概念、发展过程、产品近况、特点及应用领域。

第一节 数制与编码的简单回顾

一、数制

数制(即计数制,亦称记数制)是计数的规则。人们使用最多的是进位计数制,数的符号在不同的位置上时所代表的数值是不相同的。在单片机中常用的有三种数制:二进制、十进制和十六进制。其中,只有二进制数是单片机能直接识别和执行的,但十进制数是人们日常生活中最熟悉的,在书写时又多采用十六进制,因此在用单片机解决问题时三种数制都是经常使用的。

(一) 常用数制

1. 十进制数

十进制是人们日常生活中最熟悉的进位计数制。它的主要特点是:

- (1) 它有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数码,这是构成所有十进制数的基本符号;
- (2) 十进制数的基数为 10,逢 10 进 1, 10^i 称为该数的位权,简称为权;
- (3) 用 D 表示,一般可省略。

例如: $1985 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 5 \times 10^0$ 。

2. 二进制数

二进制数是在计算机系统中采用的进位计数制。它的主要特点是:

- (1) 它有 0、1 两个数码,任何二进制数都是由这两个数码组成的;
- (2) 二进制数的基数为 2,逢 2 进 1;
- (3) 二进制数的标志为 B。

二进制数每一位的权是:以小数点分界, $\dots, 2^4, 2^3, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, \dots$

例如:对于整数, $1001\text{B} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 9\text{D}$ 。

对于小数, $0.101\text{B} = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0.625\text{D}$ 。

3. 十六进制数

十六进制数是人们在计算机指令代码和数据的书写中经常使用的数制。它的主要特点是:

- (1) 它有 0~9, A, B, C, D, E, F 共十六个数码,任何一个十六进制数都是由其中的一些或全部数码构成的;
- (2) 十六进制数的基数为 16,逢 16 进 1;

(3) 十六进制数的标志为 H。

例如: $327H = 3 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 7 \times 16^0 = 807D$ 。

$3AB.11H = 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = 939.0664D$ 。

(二) 数制的转换

计算机内部主要是由触发器、计算器、加法器、逻辑门等基本的数字电路构成的,数字电路具有两种不同的稳定状态且能相互转换,用“0”和“1”表示最为方便。因此,计算机处理的一切信息包括数据、指令、字符、颜色、语音、图像等均用二进制数表示。但是二进制数书写起来太长,且不利于阅读和记忆,所以微型计算机中的二进制数都采用十六进制数来缩写。然而,人们最熟悉、最常用的是十进制数,为此要熟练掌握二进制数、十六进制数、十进制数的表示方法及它们之间的转换。它们之间的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 不同进位计数制对照

十进制(D)	二进制(B)	十六进制(H)	十进制(D)	二进制(B)	十六进制(H)
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

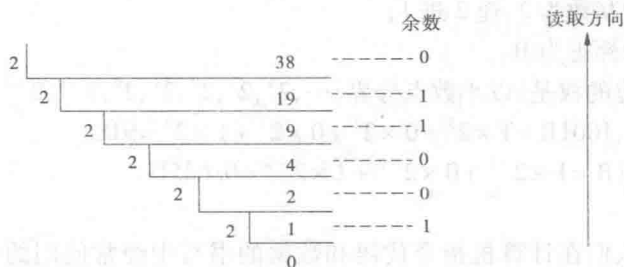
1. 二进制数和十进制数间的相互转换

二进制数转换为十进制数,其方法是按权展开相加。例如:

$$\begin{aligned} 111.101B &= 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0.125 = 7.625D \end{aligned}$$

十进制数转换为二进制数,其方法是将整数部分除以 2 取余,小数部分乘以 2 取整。

例如:将十进制数 38 转换为二进制数。



所以, $38D = 100110B$ 。

例如:把十进制小数 0.6789 转换为二进制小数。

把 0.6789 不断地乘以 2,取每次所得乘积的整数部分,直到乘积的小数部分满足所需精度。如下所示:

0.6789			
×	2		取得整数
1.3578	-----	1	读取方向
0.3578			
×	2		
0.7156	-----	0	
×	2		
1.4312	-----	1	
0.4312			
×	2		
0.8624	-----	0	

所以,0.6789D≈0.1010B。

应当指出,任何十进制整数都可以精确转换成一个二进制整数,但十进制小数却不一定可以精确转换成一个二进制小数,如上例所示。

2. 二进制数与十六进制数之间的转换

二进制数转换为十六进制数,其方法是将二进制数从右向左每4位为一组分组,最后一组不足4位则在其左边添加0,以凑成4位,每组用1位十六进制数表示。

例如:0001101111100011B→0001 1011 1110 0011B=1BE3H。

十六进制数转换为二进制数,只需用4位二进制数代替1位十六进制数即可。

例如:5AD9H=0101 1010 1101 1001B。

3. 十六进制数和十进制数之间的相互转换

十六进制数转换为十进制数十分简单,只需将十六进制数按权展开相加即可。

例如:1E3CH= $1 \times 16^3 + 14 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 7740D$ 。

十进制数转换为十六进制数可用除以16取余法,即用16不断去除待转换的十进制数,直至商等于0为止。将所得的各次余数依次倒序排列,即可得到所转换的十六进制数。

例如:将十进制数1086转换为十六进制数,其方法及算式如下:

		余数	读取方向
16	1086	14	
16	67	3	
16	4	4	
	0	0	

所以,1086D=043EH。

二、计算机中数的几个概念

(一) 机器数与真值

机器数:数在计算机内的表示形式称为机器数。它将数的正、负符号和数值部分一起进行二进制编码,其位数通常为8的整数倍。

真值:机器数所代表的实际数值的正负和大小。

有符号数:机器数最高位为符号位,“0”表示“+”,“1”表示“-”。

无符号数:机器数最高位不作为符号位,而是当做数值的数。

例如:带符号的正数 +100 0101B(+45H),可以表示成 0100 0101B(45H);带符号的负数 -100 0101B(-45H),可以表示成 1100 0101B(C5H)。“45H”和“C5H”为 2 个机器数,它们的真值分别为“+45H”和“-45H”。

(二) 数的单位

位(bit,简称 b):一个二进制数中的 1 位,其值不是 1,便是 0。

字节(Byte,简称 B):一个字节,就是一个 8 位的二进制数,是计算机数据的基本单位,在存储器中需要一个存储单元存放。其中,一个英文字母占一个字节,一个汉字占两个字节。

字(Word):2 个字节,就是一个 16 位的二进制数,它需要 2 个存储单元存放。

双字:2 个字,即 4 个字节,一个 32 位二进制数,它需要 4 个存储单元存放。

三、计算机中有符号数的表示

对于带符号的二进制数,直接用最高位表示数的符号,正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示。有原码、反码和补码 3 种表示法。

(一) 原码

数值用其绝对值来表示的形式称为原码。例如:

$$X1 = +5 = +0000\ 0101B, X1\text{ 原} = 0000\ 0101B$$

$$X2 = -5 = -0000\ 0101B, X2\text{ 原} = 1000\ 0101B$$

原码表示简单易懂,而且与真值的转换方便。但若是两个异号数相加,或两个同号数相减,就要做减法。为了把减运算转换为加运算,从而简化计算机的结构,就引进了反码和补码。

(二) 反码

正数的反码与其原码相同;负数的反码,符号位不变,数值部分按位取反。例如:

$$X1 = +4 = +0000\ 0100B, X1\text{ 原} = 0000\ 0100B, X1\text{ 反} = 0000\ 0100B$$

$$X2 = -4 = -0000\ 0100B, X2\text{ 原} = 1000\ 0100B, X2\text{ 反} = 1111\ 1011B$$

(三) 补码

正数的补码与其原码相同;负数的补码为其反码加 1。

$$X1 = +4 = +0000\ 0100B, X1\text{ 原} = X1\text{ 反} = X1\text{ 补} = 0000\ 0100B$$

$$X2 = -4 = -0000\ 0100B, X2\text{ 原} = 1000\ 0100B, X2\text{ 反} = 1111\ 1011B, X2\text{ 补} = 1111\ 1100B$$

四、常用编码

计算机只能识别“0”和“1”这两种状态,所以在计算机中数以及数以外的其他信息(如字符或字符串)要用二进制代码来表示。这些二进制形式的代码称为二进制编码。微型计算机中常用的二进制编码形式有 ASCII 码和 BCD 码两种,下面分别加以介绍。

(一) ASCII 码

ASCII 码是一种字符编码,是美国标准信息交换代码(American Standard Code for Information Interchange)的简称。它由 7 位二进制数码构成,包括 26 个大写和 26 个小写英文字母、10 个阿拉伯数字以及一些专用字符。7 位编码的 ASCII 码,实际上采用的也是 8 位二进制数,但最高位置 0 用做校验,故最多可表示 128 个字符。

ASCII 码常用于计算机与外部设备的数据传输。如通过键盘的字符输入,通过打印机或显示器的字符输出。常用的 ASCII 码如表 1-2 所示。

表 1-2 常用的 ASCII 码

字符	ASCII 码	字符	ASCII 码	字符	ASCII 码	字符	ASCII 码
0	30H	A	41H	a	61H	SP(空格)	20H
1	31H	B	42H	b	62H	CR(回车)	0DH
2	32H	C	43H	c	63H	LF(换行)	0AH
:	:	:	:	:	:	BEL(响铃)	07H
9	39H	Z	5AH	z	7AH	BS(退格)	08H

注:为了便于书写和记忆,表中 ASCII 码已缩写成十六进制形式。完整的 ASCII 码表见附录 B。

应当注意,字符的 ASCII 码与其数值是不同的概念,例如,字符“9”的 ASCII 码是 0011 1001B(即 39H),而其数值是 0000 1001B(即 09H)。

在 ASCII 码字符表中,还有很多不可打印的字符,例如 CR(回车)、LF(换行)及 SP(空格)等,这些字符都称为控制字符。控制字符在不同的输出设备上可能会执行不同的操作(因为没有非常规范的标准)。

(二)BCD 码

十进制是人们在生活中最习惯的记数方式,人们通过键盘向计算机输入数据时,常用十进制输入。显示器向人们显示的数据也多为十进制形式。

计算机只能识别与处理二进制数。用 4 位二进制代码可以表示 1 位十进制数。这种用二进制代码表示十进制数的代码称为 BCD 码。常用的 8421BCD 码如表 1-3 所示。

表 1-3 8421BCD 码

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

BCD 码用 0000B~1001B 代表十进制数 0~9,运算法则是逢 10 进 1。BCD 码每位的权分别是“8”、“4”、“2”、“1”,故称为 8421BCD 码。

由于用 4 位二进制代码表示 1 位十进制数,所以采用 8 位二进制代码(1 个字节)就可以表示 2 位十进制数。这种用 1 个字节表示 2 位十进制数的代码,称为压缩的 BCD 码。相对于压缩的 BCD 码,用 8 位二进制代码表示的 1 位十进制数的编码称为非压缩的 BCD 码。这时高 4 位无意义,低 4 位是 BCD 码。可见,采用压缩的 BCD 码比采用非压缩的 BCD 码节省存储空间。应当注意,当 4 位二进制代码在 1010B~1111B 范围时,则不属于 8421BCD 码的合法范围,称为非法码。2 个 BCD 码的运算可能出现非法码,这时就要对所得结果进行调整。

第二节 单片机初步认识

一、单片机的定义

单片微型计算机简称单片机,是在 20 世纪 70 年代初期发展起来的,它的产生、发展和壮大以及对国民经济的巨大贡献引起了人们的高度重视。单片机自问世以来,以其独特的结构和性能,越来越广泛地应用于工业、农业、国防、网络、通信以及人们日常工作、生活领域中。

单片机是在一块芯片上集成了中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、中断系统、定时/计数器和各种输入/输出(I/O)端口的不带外部设备的超微型计算机。

单片机主要应用于工业控制领域,用以实现各种测试和控制功能,为了强调其控制属性,单片机也称为微控制器(Micro-Controller Unit, MCU)。由于单片机在应用时通常作为核心部分嵌入到被控系统中,因此也称为嵌入式微控制器(Embedded Micro-Controller Unit, EMCU)。

二、单片机技术的发展及产品近况

(一) 单片机的发展过程

单片机作为微型计算机发展中的一个重要分支,它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体同步,主要分为 4 个阶段。

1. 第一阶段(1974 ~ 1978 年):初级单片机阶段

该阶段以 Intel(英特尔)公司的 MCS-48 为代表,该系列的单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时/计数器、RAM 和 ROM 等。其最大的缺点是无串行 I/O 口,中断处理比较简单,而且片内 RAM 和 ROM 容量较小,寻址范围不大于 4KB,但功能可满足一般工业控制和智能化仪器、仪表等的需要。

2. 第二阶段(1978 ~ 1983 年):高性能单片机阶段

这个阶段推出的单片机品种多、功能强,典型代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列。MCS-51 系列单片机以其典型的结构和完善的总线专用寄存器集中管理,众多的逻辑位操作功能及面向控制的丰富的指令系统,为以后的其他单片机的发展奠定了基础。这个阶段的单片机均带有 I/O 接口,具有多级中断处理功能,16 位的定时/计数器,片内 RAM 和 ROM 容量相对加大,寻址范围可达 64KB,有的芯片内还带有 A/D 转换器接口。由于这类单片机的性价比高,所以仍然被广泛应用,是目前应用数量较多的单片机。

3. 第三阶段(1983 ~ 1990 年):8 位单片机的巩固和 16 位单片机推出阶段

此阶段的主要特征是一方面发展 16 位单片机及专用型单片机,另一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,增加片内器件,以满足不同的用户需要。16 位单片机的典型产品如早期的 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机,片内带有多通道 10 位逐次比较式 A/D 转换器和高速输入/输出部件(HIS/HSO),实时处理能力很强;再如,近些年 TI(德州仪器)公司推出的 MSP430 系列低功耗的 16 位单片机,更是降低了功耗,可采用 1.8 ~ 3.6 V 电压供电,并集成了更丰富的片内资源。

4. 第四阶段(1990 年至今):微控制器的全面发展阶段

随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机以及小型低价的专用型单片机。32 位单片机除具有更高的集成度外,其工作频率已达 200 MHz,这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机更快,性能比 8 位、16 位单片机更加优越,能处理比较复杂的图形和声音数据等。

(二) 单片机的发展趋势

单片机自问世以来,性能不断提高和完善,单片机技术正以惊人的速度向前发展,就市场上已出现的单片机而言,其技术革新与进步主要表现在以下几个方面。

1. CPU 的发展

(1) 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 的字长目前有 8 位、16 位、32 位。时钟频率高达 20 MHz 的单片机已出现。

(2) 采用双 CPU 结构,以提高处理速度和处理能力。例如 Rockwell(罗克韦尔)公司的 R6500/21 和 R65C29 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,还可更好地解决信息通信问题。

(3) 增加数据总线宽度,以提高数据处理速度和处理能力。例如 NEC(日本电气)公司的 Mpd7800 系列的 8 位单片机,其算术逻辑运算部件是 16 位,内部采用 16 位数据总线,其处理能力明显优于一般的单片机。

2. 存储器的发展

1) 扩大存储容量

早期单片机的片内存储器容量, RAM 一般为 64 ~ 128B, ROM 一般为 1 ~ 2KB, 寻址范围为 4KB。新型单片机片内 RAM 为 256B, ROM 多达 16KB。片内存储器容量的增大有利于外围扩展电路的简化,从而提高产品的稳定性,降低产品的成本。

2) 片内 EPROM 开始 EEPROM 化

早期单片机片内 EPROM(电可写、光可擦只读存储器)由于需要高压编程写入、紫外线擦除,给使用带来诸多不便。近年来推出的电擦除可编程只读存储器 EEPROM 可在正常电压下进行读写,并能在断电的情况下保持信息不丢失。例如 TI 公司的 72710(1KB EEPROM)、72720(2KB EEPROM), Motorola(摩托罗拉)公司的 68HC11A₂(2KB EEPROM)。由于写入 EEPROM 的数据能永久保存,因此有些厂家已开始将 EEPROM 用做片内 ROM,甚至用做片内通用寄存器。这样就可以省去备用电池了。

3) 闪速存储器

随着 CMOS(互补金属氧化物半导体)工业的改进和发展,闪速存储器在不断发展和完善,应用越来越广,价格越来越低,闪存技术在各个领域得到应用。如 ATMEL(爱特梅尔)公司将闪存技术应用到单片机中,生产出了带闪速存储器的 AT89 系列。

4) 程序保密化

为了使片内 EPROM 内容不被复制,一些厂家对片内 EPROM 采用加锁技术。如 Intel 公司的 8X252,加锁后的 EPROM 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 中的信息,从而达到程序保密的目的。

3. 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/计数器,它们的功能较弱,实际应用中往往需要通过特殊的接口扩展功能,从而增加了应用系统结构的复杂性。近年来,新型单片机内的接口,无论从类型和数量上都有了很大的发展。这不仅大大提高了单片机的功能,而且使系统的总体结构也大大简化了。

(1)增强并行 I/O 口的驱动能力,这样可减少外部驱动芯片。例如,有些单片机的并行 I/O 口,能直接输出大电流和高电压,可直接用于驱动荧光显示管、液晶显示器和数码显示管等,应用系统中不再需要外部驱动电路。

(2)增加 I/O 口的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 口都能进行逻辑操作。中、高档单片机的位处理系统能够对 I/O 口进行位寻址及位操作,大大地加强了 I/O 口控制的灵活性。

(3)特殊的串行接口功能。有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能,为构成网络化系统提供了方便条件。

4. 外围电路内装化

随着集成度的不断提高,新型单片机可以把众多的外围功能器件集成在片内,这也是单片机发展的重要趋势。除一般必须具有的 ROM、RAM、定时/计数器、中断系统外,随着单片机档次的提高,以适应检测、控制功能更高的要求,片内集成的部件还有模/数(A/D)转换器、数/模(D/A)转换器、声音发生器、频率合成器、字符发生器、脉宽调制器和译码驱动器等。

随着集成电路集成度的不断提高,能装入片内的外围电路也可以是大规模的,可把所需的外围电路全部转入单片机内,即系统的单片机化是当前单片机发展的重要趋势。

5. 制造工艺上的提高

单片机的制造工艺直接影响其性能。目前,8 位单片机有半数以上的产品已 CMOS 化。采用 CMOS 工艺的单片机,其工作电源范围较宽。如用 NMOS(金属氧化物半导体)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(美国无线电)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,但是降低电压会减慢指令执行速度,即降低单片机的运算速度。因此,一般希望在一定速度的前提下,尽量降低工作电压,减小功耗。

纵观单片机几十年的发展历程,单片机将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内存储容量增加和 Flash(闪烁型快写)存储器化方向发展。

随着单片机技术的不断发展,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 位单片机于 20 世纪 80 年代就开始应用,目前已转向高档 8 位单片机的应用,也有不少单位已转向 16 位、32 位单片机的开发和应用。今后单片机的功能将更强、集成度和可靠性更高,而功耗将更低,使用更方便。

(三) 单片机产品近况

从单片机诞生至今,已有上百家生产厂商加入到单片机的生产和研发行列,产品型号不断增加,品种不断丰富,功能不断增强,使用户有较大的选择余地。美国的 Intel 公司是最早推出单片机的公司之一,以 MCS-51 系列单片机为代表。世界许多厂商丰富和发展了 MCS-51 系列单片机,如 PHILIPS(飞利浦)、ATMEL、LG(韩国乐金公司)、NEC、华邦等著名的半导体公司都推出了与 MCS-51 系列单片机兼容的单片机产品,使单片机产品获得了飞速的发展。

近年来推出的与 MCS-51 系列单片机兼容的主要产品有:

- ATMEI 公司融入 Flash 存储器技术推出的 AT89 系列单片机;
- PHILIPS 公司推出的 P89 系列高性能单片机;
- ADI(美国模拟器件)公司推出的 ADuC8xx 系列高精度 ADC 单片机;
- LG 公司推出的 GMS90/97 系列低压高速单片机;
- SST(超捷)公司推出的 SST89 系列单片机;
- MAXIM(美信)公司推出的 DS89C420 高速(50 MIPS)单片机;
- 华邦公司推出的 W78 系列高速低价单片机等。

就其应用情况看,51 系列单片机在市场上占有 50% 以上的份额,多年来国内一直以其作为教学的主要机型。因此,本书仍以 51 系列单片机为例,讲解单片机原理及应用技术。在 51 系列单片机中,ATMEI 公司的 AT89S51 在国内市场占有较大的份额,与其配套的仿真器及教学设备也很多,本书在介绍具体单片机应用时选用 AT89S51 单片机。

随着单片机技术的发展,目前市场上已经出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机。

三、单片机的特点及应用领域

(一) 单片机的特点

随着现代科技的发展,单片机的集成度越来越高,它将微型计算机的主要部件都集成在一块芯片上,因此具有如下特点。

1. 体积小、质量轻、价格低、易于产品化

每片单片机芯片即是一台完整的微型计算机。对于大批量的专用场合,一方面可以在众多的单片机品种间进行匹配选择,同时还可以专门进行芯片设计,使芯片功能与应用具有良好的对应关系。它能方便地组装成各种智能测控设备及各种智能仪器仪表,且易于产品的升级。

2. 抗干扰能力强,可靠性高

由于 CPU、存储器及 I/O 端口集成在同一芯片内,各部件间的连接紧凑,数据在传送时受干扰的影响较小,且不容易受环境条件的影响,所以单片机的可靠性非常高。

3. 控制功能强,运行速度快

单片机是为满足工业控制要求设计的,所以实时控制功能特别强,其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作,位操作能力更是其他计算机无法比拟的,可以很方便地实现多级和分布式控制系统。

(二) 应用领域

由于单片机具有良好的控制性能和灵活的嵌入品质,其应用技术已经渗透到人们生活的各个方面,特别是嵌入式应用已经成为计算机应用的主流。据统计,全世界的大规模集成电路有 80% 用于嵌入式应用中。目前,单片机主要应用领域分成以下几个方面。

1. 家用电器

家用电器是单片机的重要应用领域之一,前景广阔,如微波炉、电视机、电饭煲、空调、冰箱、洗衣机等。家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,使生活更加方便、舒适。

2. 交通领域

在交通领域中,汽车、火车、飞机、航天器等方面均有单片机的广泛应用,如红绿灯、汽车