

# 微型计算机与单片机基础知识

## 1.1 微型计算机与单片机的感性认识

1946 年人类第一台电子计算机 DNIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 问世。在其后几十年的发展历史中，计算机经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路和大规模、超大规模集成电路几个阶段。

20 世纪 70 年代初期，由于微电子技术和超大规模集成技术的发展，导致了以微处理器为核心的微型计算机的诞生。微型计算机 (Microcomputer) 与其他计算机的区别在于它的中央处理器 CPU (Central Processing Unit) 是采用超大规模技术集成在一块硅片上的，又称为微处理器 (Microprocessor)。微型计算机由微处理器 (CPU)、存储器和输入/输出接口组成。微型计算机系统由硬件 (微型计算机) 和软件两大部分组成。硬件指组成计算机的设备实体。软件是相对于硬件而言的，指计算机运行所需的各种程序，广义地讲还包括各种信息。

单片微型计算机 (Single Chip Micro Computer) 简称单片机，它是把组成微型计算机的各功能部件，如中央处理单元 CPU、一定容量的随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM、I/O 接口电路、定时/计数器以及串行口等，制作在一块芯片中的计算机。由于单片机的硬件结构与指令系统的功能都是按工业控制要求而设计的，常用在工业检测、控制装置中，因而也称为微控制器 (Micro-Controller)。它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等特点，从家用电器、智能化仪器、工业控制到火箭导航尖端技术领域都发挥着十分重要的作用。

## 1.2 计算机硬件的基本组成

1946 年美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (John Von Neuman) 等人在“关于电子计算仪器逻辑设计的初步探讨”的论文中，第一次提出了计算机组成和工作方式的基本思想，其主要内容是：

1. 计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五部分组成。
2. 存储器不但能存放数据，也能存放程序。数据和程序均以二进制数码形式在机器内存放。计算机能自动识别数据和程序。
3. 编好的程序事先存入存储器中，计算机在指令计数器控制下，自动高速执行。

目前，虽然计算机已取得惊人的进步，但究其本质，仍属冯·诺依曼结构体系。

我们知道，微型计算机系统由硬件和软件两大部分组成。硬件和软件系统本身还可细分为更多的子系统，如图 1-1 所示。

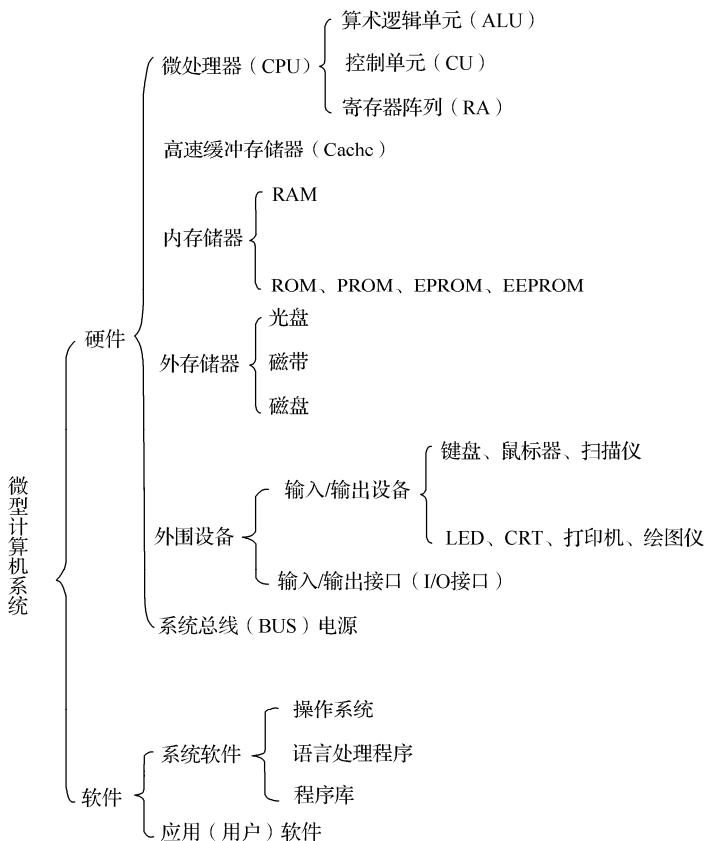


图 1-1 微型计算机系统组成

## 1.3 微型计算机的硬件构成

### 1.3.1 微型计算机的硬件结构

微型计算机的硬件主要由以下 5 个部分组成：①微处理器(CPU)，②内存储器(RAM、ROM)，③外存储器(磁盘、磁带、光盘)，④输入、输出设备，⑤系统总线(BUS)电源。其系统结构如图 1-2 所示。

### 1.3.2 微处理器(CPU)

微处理器是整个微型计算机硬件控制指挥中心，不同型号的微型计算机性能的差别首先在于微处理器性能的不同。但无论哪种微处理器，其基本结构、基本部件的作用都是相同的。微处理器的基本组成如图 1-3 所示。

微处理器包括运算器和控制器两部分。

#### 1. 运算器部分

(1) 算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit, ALU)

ALU 是微型计算机运算部分的核心，在控制信号作用下可完成加、减、乘、除四则运算，还可进行与、或、非、异或等逻辑运算。

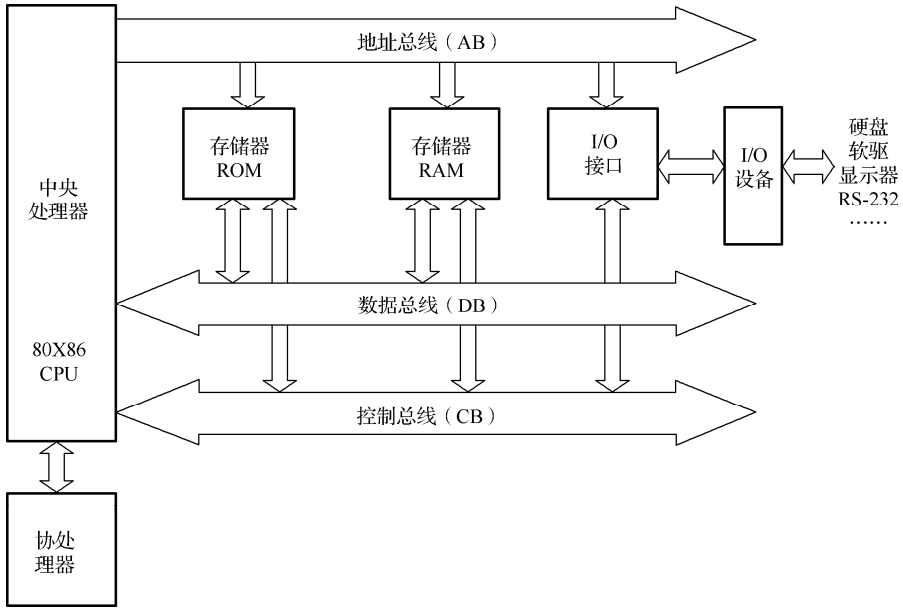


图 1-2 微型计算机硬件系统结构

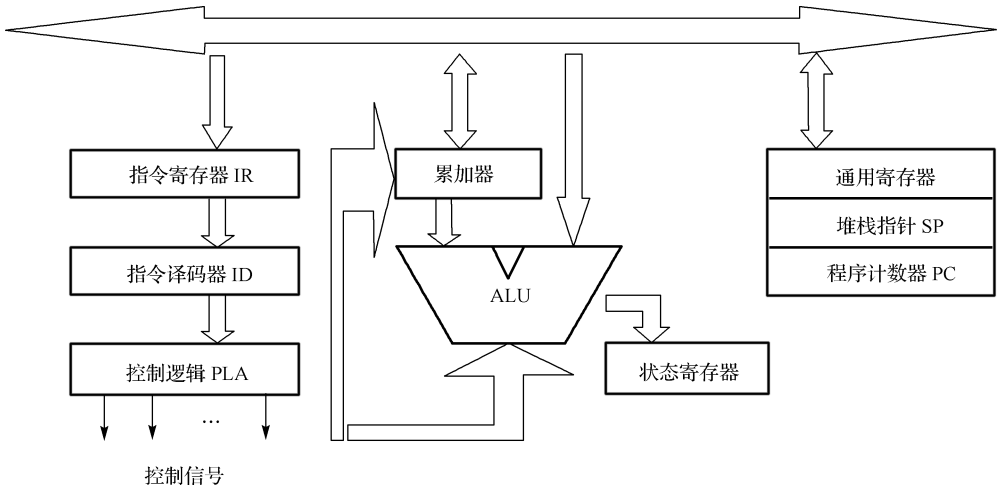


图 1-3 微处理器 CPU 内部组成

## (2) 累加器 (Accumulator, ACC)

ACC 是通用寄存器中的一个，它提供送入 ALU 的两个操作数中的一个，而运算后的结果送回 ACC。因为它与 ALU 联系特别密切，故常把它划出，而不归在通用寄存器组中。

## (3) 状态寄存器 (Flag Register, FR)

FR 用来记录计算机运行的某些重要状态，在必要时，根据这些状态控制 CPU 的运行。

## (4) 寄存器组 (Registers, RS)

RS 用来加快运算和处理速度。计算机访问存储器比访问寄存器要慢得多，因此在需要反复使用某些数据或中间结果时，可将其暂时存放在 RS 中，避免反复访问存储器，提高执行速度。

## (5) 堆栈和堆栈指针寄存器 (SP)

堆栈是一组寄存器或存储器中某一指定区域，在计算机中广泛使用“堆栈”作为信息的

一种存取方式。在堆栈中，信息的存入(进栈“Push”)与取出(弹出“Pop”)过程类似于仓库中货物的存取过程，最后存放的货物堆放在顶部，最先取出。这种方式称为“后进先出”或称为“先进后出”。

堆栈指针 SP 用来指示栈顶地址，其初值由程序员设定。例如向下生长型堆栈，当数据压入堆栈时，SP 自动减 1 指向新的栈顶；当数据从栈中弹出时，SP 自动加 1 同样指向新的栈顶。

## 2. 控制器部分

### (1) 程序计数器(Program Counter, PC)

PC 用来记住当前要执行的指令地址码。

### (2) 指令寄存器(Instructional Register, IR)、指令译码器 ID 及控制信号发生电路

这部分是整个微处理器的指挥控制中心，它控制和协调微型计算机有序地工作。它根据用户预先编好的程序，在 PC 指导下，依次从存储器中取出各条指令，放在指令寄存器中，通过指令译码器确定应该进行什么操作，然后通过控制逻辑在确定的时间，向确定的地方发出控制信号。

## 1.3.3 存储器

存储器的主要功能是保存各类程序的数据信息。存储器可分为内存储器(主存储器)和外存储器(辅助存储器)两类。

### 1. 内存储器

微型计算机系统的内存储器由超大规模集成芯片构成，主要用来存储数据和程序。内存储器的工作过程大致如下：计算机在处理前，预先把程序和原始数据存放于内存储器中，在处理过程中，由它向控制器提供指令代码，然后根据处理需要，随时向运算器提供数据，并且把运算结果或中间结果存储起来。

内存储器一般分为随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)和只读存储器(Read Only Memory, ROM)。RAM 可以读出数据和重新写上新的数据，ROM 是事先把数据写入，使用时只能读出，不能改写。

无论是 ROM 还是 RAM，都是按字节组成的存储单元，每个字节有一个地址码与之相对应，通过给定地址码可以随意访问该地址所对应的单元。

计算机存储器系统大部分为 RAM。

### 2. 外存储器

内存储器工作速度较高，和 CPU 的速度基本相匹配，但由于价格的原因，内存储器容量不宜做得太大(通常小于 500MB)；且内存储器上信息易丢失，为此引入了外存储器。外存储器一般属于外部设备，用来存储 CPU 不急用的信息，它不能直接和 CPU 交换数据，要通过接口电路将信息送到内存储器中，CPU 才能使用。

外存储器的种类很多，目前用得最多的是磁盘存储器(包括硬盘和软盘)、光盘存储器等。

## 1.3.4 输入/输出(I/O)

I/O 子系统一般包括 I/O 接口电路与 I/O 设备。I/O 接口电路是介于计算机和外部设备之间的电路，I/O 接口电路基本功能如下：

1. 缓存数据，使各种速度的外部设备与计算机速度相匹配。
2. 信号变换，使各种电气特性不同的外部设备与计算机相连接。
3. 联络作用，使外部设备的输入/输出与计算机操作同步。

输入/输出设备通过接口与 CPU 相连接，它是微型计算机与外界通信联系的渠道。常用的输入设备有键盘、卡片、输入机、条形码识别装置、扫描仪等；输出设备有 LED 显示器、CRT、打印机、绘图仪等。输入/输出设备又称外围设备。

### 1.3.5 总线(BUS)

总线是一组公共的信息传输线，用以连接计算机的各个部件。内部总线位于芯片内部，外部总线把中央处理器、存储器和 I/O 设备连接起来，用来传输各部件之间的通信信息。微型计算机总线按功能可分为地址总线、数据总线和控制总线，三者特点分别如下。

#### 1. 数据总线(data bus)

用于各部件之间传输数据信息，数据可朝两个方向传送，是双向总线。

#### 2. 地址总线(address bus)

用于传输通信所需的地址，用以指明数据的来源和目的，是单向总线。

#### 3. 控制总线(control bus)

用于传送 CPU 对存储器或 I/O 设备的控制命令和 I/O 设备对 CPU 的请求信号，使微型计算机各部件能协调工作。

微型计算机采用标准总线结构，使整个系统中各部件之间相互关系变为面向总线的单一关系。凡符合总线标准的功能部件和设备可以互换和互连，提高了微型计算机系统的通用性和可扩充性。

## 1.4 计算机中信息的表示

计算机是能够对输入的信息进行加工处理、存储并能按要求输出结果的电子设备，又称为电脑或信息处理机。计算机中处理的信息主要有数值信息和非数值信息两大类。数值信息是指日常生活中接触到的数字类数据，主要用来表示数量的多少，可以比较大小；非数值信息有多种，有用来表示文字信息的字符数据，也有用来表示图形、图像和声音等其他信息的数据。不同的信息在计算机中的表示形式不一样。从计算机内部角度来说，由于计算机内部只能识别二进制数，因此所有信息在计算机内都通过二进制编码表示。

### 1.4.1 计算机中无符号整数的表示

无符号数不带符号，表示时比较简单，在计算机中一般直接用二进制数形式表示，位数不足时前面加 0 补充。对一个  $n$  位二进制数，它能表示的无符号数的范围是  $0 \sim 2^n - 1$ 。例如，假设机器字长 8 位，无符号数 156 在计算机中表示为 10011100B；45 在计算机中表示为 00101101B。

## 1.4.2 计算机中有符号数的表示

有符号数带有正负号。数学上用正负号来表示数的正负。由于计算机只能识别二进制符号，不能识别正负号，因此计算机中只能将正负号数字化，用二进制符号表示。在计算机中表示有符号数时，一般用二进制数的最高位来表示符号，正数表示为 0，负数表示为 1，称为符号位；其余位用来表示有符号数的数值大小，称为数值位。通常，把一个数及其符号位在计算机中的二进制数表示形式称为“机器数”。机器数所表示的值称为该机器数的“真值”。机器数的表示如图 1-4 所示。

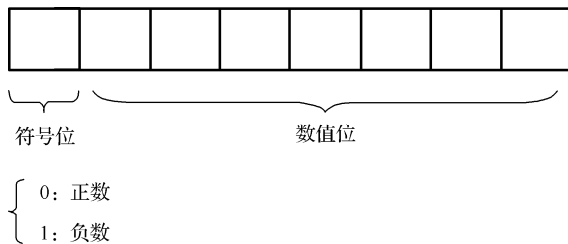


图 1-4 机器数的表示

机器数通常有 3 种表示方法：原码表示法、反码表示法和补码表示法。为了运算方便，计算机中通常用补码表示。为了研究补码表示法，首先了解原码表示法和反码表示法。

### 1. 原码

原码表示方法如下：最高位为符号位，用 0 表示正数，用 1 表示负数，数值位用数的绝对值表示，数值位如位数不足前面加 0 填充。由于正数的符号位为 0，因而正数的原码表示与相应的无符号数的表示相同。原码的表示如图 1-5 所示。

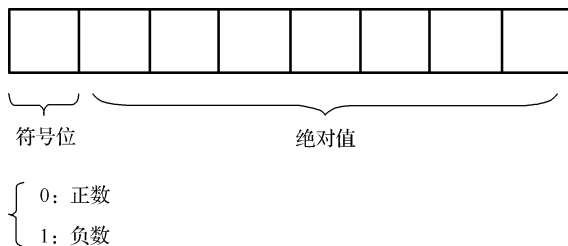


图 1-5 原码的表示

**【例 1-1】** 求+78、-23 的原码(设机器字长为 8 位)。

因为

$$|+78| = 78 = 1001110\text{B}$$

$$|-23| = 23 = 10111\text{B}$$

所以

$$[+78]_{\text{原}} = 01001110\text{B}$$

$$[-23]_{\text{原}} = 10010111\text{B}$$

原码表示时, 如果机器字长为  $n$  位二进制数, 其原码表示的有符号数范围为  $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$ 。例如, 如果机器字长为 8 位二进制数, 则表示的有符号数范围为  $-127 \sim +127$ 。

另外, “0”的原码表示有两个,  $-0$  和  $+0$  的编码不一样。假设机器字长为 8 位,  $-0$  的编码为 10000000B,  $+0$  的编码为 00000000B。

## 2. 反码

反码是在原码的基础上发展而来的, 反码表示方法如下: 最高位为符号位, 用 0 表示正数, 用 1 表示负数, 对于数值位, 正数的反码数值位与原码相同, 而负数的反码数值位由原码的数值位取反得到。反码的表示如图 1-6 所示。

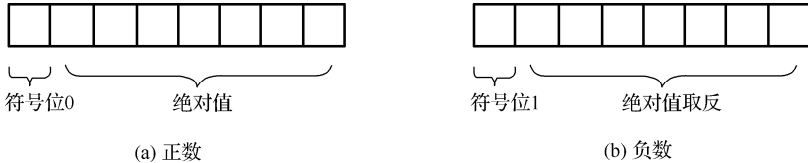


图 1-6 反码的表示

**【例 1-2】** 求  $+78$ 、 $-23$  的反码(设机器字长为 8 位)。

因为

$$[+78]_{\text{原}} = 01001110\text{B}$$

$$[-23]_{\text{原}} = 10010111\text{B}$$

所以

$$[+78]_{\text{反}} = 01001110\text{B}$$

$$[-23]_{\text{反}} = 11101000\text{B}$$

反码的表示范围与原码相同, 如果机器字长为  $n$  位二进制数, 反码表示的有符号数范围为  $-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$ 。例如, 如果机器字长为 8 位二进制数, 则表示的有符号数范围为  $-127 \sim +127$ 。

另外, “0”的反码表示也有两个。假设机器字长为 8 位,  $-0$  的反码编码为 11111111B,  $+0$  的反码编码为 00000000B。

## 3. 补码

补码表示时, 数的加减运算非常简单、方便, 因而现在的计算机有符号数都用补码表示。补码表示如下: 最高位为符号位, 正数用 0 表示, 负数用 1 表示。正数的补码与原码、反码相同, 而负数的补码可在反码的基础之上, 末位加 1 得到。对于一个负数  $X$ , 其补码也可用  $2^n - |X|$  得到, 其中  $n$  为计算机字长。补码的表示如图 1-7 所示。

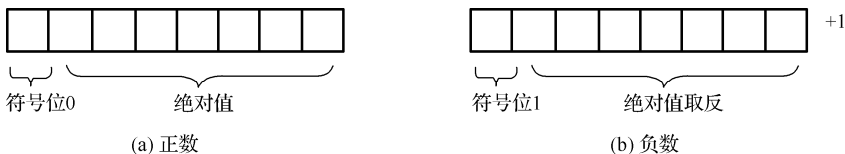


图 1-7 补码的表示

**【例 1-3】** 求+78、-23 的补码(设机器字长为 8 位)。

因为

$$[+78]_{\text{反}} = 01001110\text{B}$$

$$[-23]_{\text{反}} = 11101000\text{B}$$

所以

$$[+78]_{\text{补}} = 01001110\text{B}$$

$$[-23]_{\text{补}} = 11101000\text{B} + 1 = 11101001\text{B}$$

#### 4. 补码的加减运算

在现在的计算机中,有符号数都用补码表示,用补码表示时运算简单。

补码的加、减法运算规则如下:

$$[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$$

$$[X-Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + \{[Y]_{\text{补}}\}_{\text{求补}}$$

即:求两个数之和的补码,直接用两个数的补码相加;求两个数之差的补码,用被减数的补码加减数的相反数的补码( $[-Y]_{\text{补}}$ ),对于 $[-Y]_{\text{补}}$ 用 $[Y]_{\text{补}}$ 求补运算就可以得到,也就是说,减法运算可通过加法和求补运算来处理,下面我们通过例子来看看补码的加减运算。

**【例 1-4】** 假设计算机字长为 8 位,完成下列补码运算。

①  $(+78) + (+23)$

因为

$$[+78]_{\text{补}} = 01001110\text{B} \quad [+23]_{\text{补}} = 00010111\text{B}$$

$$\begin{array}{r} [+78]_{\text{补}} = 01001110 \\ + \quad [+23]_{\text{补}} = 00010111 \\ \hline 01100101 \end{array}$$

所以  $[(+78) + (+23)]_{\text{补}} = [+78]_{\text{补}} + [+23]_{\text{补}} = 01100101\text{B} = [+101]_{\text{补}}$

②  $(+78) + (-23)$

因为

$$[+78]_{\text{补}} = 01001110\text{B} \quad [-23]_{\text{补}} = 11101001\text{B}$$

$$\begin{array}{r} [+78]_{\text{补}} = 01001110 \\ + \quad [-23]_{\text{补}} = 11101001 \\ \hline 10011011 \end{array}$$

进位 1 自动丢失  $\longrightarrow$   $10011011$

所以  $[(+78) + (-23)]_{\text{补}} = [+78]_{\text{补}} + [-23]_{\text{补}} = 00110111\text{B} = [+55]_{\text{补}}$

### 1.4.3 十进制数的表示

十进制数是我们日常生活中习惯使用的数制,但计算机内部只能处理二进制数,为了处理方便,计算机对于十进制数也提供了相应的二进制编码形式。

在计算机中,十进制数的二进制编码称为 BCD 码,BCD 码有两种:压缩 BCD 码和非压缩 BCD 码。压缩 BCD 码又称为 8421 码,用 4 位二进制数来表示 1 位十进制符号。十进制数符号有 0~9 共 10 个数字,其压缩 BCD 码如表 1-1 所示。



表 1-1 压缩 BCD 编码表

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

用压缩 BCD 码表示十进制数，只要把每位十进制数用对应的 4 位二进制编码代替即可。例如，十进制数 54 的压缩 BCD 码为 0101 0100。

非压缩 BCD 码是用 8 位二进制数来表示 1 位十进制数，其中低 4 位二进制编码与压缩 BCD 码相同，高 4 位任取。下面介绍的数字符号的 ASCII 码就是一种非压缩的 BCD 码。例如，十进制数 24 的非压缩 BCD 码为 0011 0010 0011 0100。

#### 1.4.4 计算机中字符的表示

计算机处理的最重要的非数值信息就是西文字符，西文字符包括字母、数字、专用字符及一些控制字符等，它们在计算机中也通过二进制编码表示，现在计算机中西文字符的编码通常采用的是美国信息交换标准代码(American Standard Code for Information Interchange, ASCII 码)。标准 ASCII 码定义了 128 个字符，用 7 位二进制数来编码，包括 26 个英文大写字母 A~Z，26 个英文小写字母 a~z、10 个数字符号 0~9，还有一些专用符号(如“:”、“!”、“%”)及控制符号(如换行、换页、回车等)。计算机中一般以字节为单位，8 位二进制位为一个字节，西文字符 ASCII 码通常置于低 7 位，高位补 0。在通信时，最高位常用作奇偶校验位。常用西文字符的 ASCII 码如表 1-2 所示。

表 1-2 常用字符的 ASCII 码(用十六进制数表示)

字符	ASCII	字符	ASCII	字符	ASCII	字符	ASCII	字符	ASCII
NUL	00	.	2F	C	43	W	57	k	6B
BEL	07	0	30	D	44	X	58	l	6C
LF	0A	1	31	E	45	Y	59	m	6D
FF	0C	2	32	F	46	Z	5A	n	6E
CR	0D	3	33	G	47	[	5B	o	6F
SP	20	4	34	H	48	\	5C	p	70
!	21	5	35	I	49	]	5D	q	71
“	22	6	36	J	4A	↑	5E	r	72
#	23	7	37	K	4B	'	5F	s	73
\$	24	8	38	L	4C	←	60	t	74
%	25	9	39	M	4D	a	61	u	75
&	26	:	3A	N	4E	b	62	v	76
'	27	;	3B	O	4F	c	63	w	77
(	28	<	3C	P	50	d	64	x	78
)	29	=	3D	Q	51	e	65	y	79
*	2A	>	3E	R	52	f	66	z	7A
+	2B	?	3F	S	53	g	67	{	7B
,	2C	@	40	T	54	h	68		7C
-1	2D	A	41	U	55	i	69	}	7D
/	2E	B	42	V	56	j	6A	~	7E

表 1-2 中数字 0~9 的 ASCII 码为 30H~39H，大写字母 A~Z 的 ASCII 码为 41H~5AH，小写字母 a~z 的 ASCII 码为 61H~7AH。常用的控制符如回车符的 ASCII 码为 0DH(表中用 CR 表示)，换行符的 ASCII 码为 0AH(表中用 LF 表示)，空格的 ASCII 码为 20H(表中用 SP 表示)，等等。

## 1.5 单片机概述

### 1.5.1 单片机的典型硬件结构

单片微型计算机是指集成在一个芯片上的微型计算机，也就是把组成微型计算机的各种功能部件，包括 CPU(Central Processing Unit)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、基本输入/输出(Input/Output)接口电路、定时/计数器等制作在一块集成芯片上，构成一个完整的微型计算机，从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图 1-8 所示。单片机在早期的自动化生产控制领域中应用得十分广泛，因此单片机也称为微控制器(MicroController Unit, MCU)。

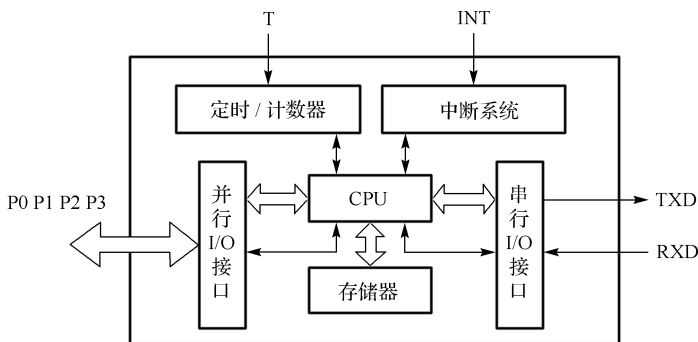


图 1-8 单片机内部结构示意图

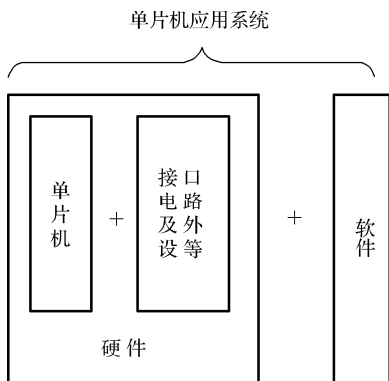


图 1-9 单片机应用系统的组成

单片机通常是指芯片本身，单片机系统则是在单片机芯片的基础上扩展其他电路或芯片构成的具有一定应用功能的计算机系统。单片机应用系统是以单片机为核心，配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件，能实现一种或多种功能的实用系统。它除了有单片机芯片以外，还有许多的外围电路，再配以一系列的实训程序，可以实现很多功能。所以说，单片机应用系统是由硬件和软件组成的，硬件是应用系统的基础，软件是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用，从而完成应用系统所要求的任务，二者相互依赖，缺一不可，单片机应用系统的组成如图 1-9 所示。

### 1.5.2 单片机与微型计算机的比较

微型计算机技术有两大分支：微处理器(MPU)和微控制器(MCU，习惯称为单片机)。

MPU, 如 8086, 是微型计算机的核心, 具有通用性, 由于其应用主要面向数据处理, 其发展主要围绕数据处理功能、计算速度和精度的进一步提高。

MCU 主要面向控制, 控制中的数据类型及数据处理相对简单, 所以单片机的数据处理功能比通用微机相对要弱一些, 计算速度和精度也相对要低一些。微型计算机系统中存储器的组织结构主要针对增大存储容量和提高处理器对数据的存取速度。MCU 中存储器的组织结构比较简单, 存储器芯片直接挂载在单片机的总线上, CPU 对存储器的读写按直接物理地址来寻址, 存储器的寻址空间一般都为 64 KB。通用微型计算机中 I/O 接口主要考虑标准外设(如 CRT、标准键盘、鼠标、打印机、硬盘、光盘等)。单片机的 I/O 接口实际上是向用户提供的与外设连接的物理界面。用户对外设的连接要设计具体的接口电路, 需有熟练的接口电路设计技术。

### 1.5.3 主要的单片机产品

单片机种类繁多, 不同种类单片机的内部结构不同, 集成的功能部件不一样, 指令系统和使用方法各不相同, 主要有以下几种。

#### 1. MCS-51 单片机

51 单片机最早由 Intel 公司推出, 由于 Intel 公司将重点放在通用微型计算机及其产品开发上, 因此后来 Intel 公司将 51 内核使用权以专利互换的形式出让给世界许多著名集成芯片制造厂商, 如 Philips、NEC、Atmel、AMD、Dallas、siemens、Fujitsu、OKI、华邦、LG 等。在保持与 51 单片机兼容的基础上, 这些公司融入了自身的优势, 扩展了针对满足不同测控对象要求的外围电路, 如满足模拟量输入的 A/D 转换器、满足伺服驱动的 PWM、满足高速输入/输出控制的 HSL/HSO、满足串行扩展总线 I<sup>2</sup>C、保证程序可靠运行的 WDT、引入使用方便且价廉的 Flash ROM 等, 开发出上百种功能各异的新品种。

#### 2. ATMEL 单片机

ATMEL 公司是世界上著名的高性能低功耗非易失性存储器和数字集成电路的一流半导体制造公司, ATMEL 公司最令人注目的是它的闪存存储器技术和质量可靠的生产技术。在 CMOS 器件生产领域中, ATMEL 的先进设计水平, 优秀的生产工艺及封装技术一直处于世界的领先地位, 这些技术用于单片机生产使单片机也具有优秀的品质, 在结构、性能和功能等方面都有明显的优势。ATMEL 公司的单片机是目前世界上一种独具特色、性能卓越的单片机, 它在计算机外部设备、通信设备、自动化工业控制、宇航设备、仪器仪表和各种消费类产品中都有着广泛的应用前景。其生产的 AT90 系列是增强型 RISC 内载 Flash 型单片机, 通常称为 AVR 系列。AT91M 系列是基于 ARM7TDMI 嵌入式处理器的 ATMEL 16/32 微处理器系列中的一个新成员, 该处理器用高密度的 16 位指令集实现了高效的 32 位 RISC 结构, 且功耗很低。另外, 基于 51 内核的增强型 AT89 系列单片机目前在市场上仍然十分流行。

#### 3. Microchip 单片机

Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机。其主要产品是 16C 系列 8 位单片机, CPU 采用 RISC 结构, 仅 33 条指令, 运行速度快, 且以低价位著称, 一般价格都在 1 美元以下。Microchip 单片机没有掩膜产品, 全部都是 OTP 器件(现已推出 Flash 型单片机), Microchip 强调节约成本的最优化设计, 是使用量大, 档次低, 价格敏感的产品。

#### 4. TI 公司的 MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是由美国德州仪器(TI)公司开发的 16 位单片机。其突出特点是超低功耗,非常适合于各种功率要求低的场合。具有多个系列和型号,分别由一些基本功能模块按不同的应用目标组合而成。典型应用是流量计、智能仪表、医疗设备和保安系统等方面。由于其较高的性能价格比,应用日趋广泛。

#### 5. 凌阳单片机

中国台湾凌阳科技股份有限公司(Sunplus Technology CO. LTD)致力于 8 位和 16 位机的开发。SPMC65 系列单片机是凌阳主推产品,采用 8 位 SPMC65 CPU 内核,并围绕这个通用的 CPU 内核,形成了具有不同片内资源的一系列产品。SPMC75 系列单片机内核采用凌阳科技自主知识产权的  $\mu$ 'nSP(Microcontroller and Signal Processor)16 位微处理器 SPMC75 系列单片机集成了多种功能模块:多功能 I/O 口、串行口、ADC、定时计数器等常用硬件模块,以及能产生电机驱动波形的 PWM 发生器、多功能的捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用位置侦测接口、两相增量编码器接口等特殊硬件设备,主要用于变频马达驱动控制。凌阳单片机最大的特点就是具有超强的抗干扰能力,广泛应用于家用电器、工业控制、仪器仪表、安防报警、计算机外围等领域。

#### 6. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,品种齐全,选择余地大,新产品多,在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08,68HC05 有 30 多个系列 200 多个品种,产量超过 20 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 也有 30 多个品种,年产量 1 亿片以上,升级产品有 68HC12。16 位单片机 68HC16 也有十多个品种,32 位单片机 683XX 系列也有几十个品种。近年来以 Power PC、Codfire M.CORE 等作为 CPU,DSP 作为辅助模块集成的单片机也纷纷推出,目前仍是单片机的首选品牌。Motorola 单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟较 Intel 类单片机低得多,因而使得高频噪声低,抗干扰能力强,更适合用于工控领域以及恶劣环境。在 32 位机上,M.CORE 在性能和功耗上都胜过 ARM7。

#### 7. Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的主要产品,采用多累加器结构,有较强的中断处理能力。产品为 OTP 型,Z8 单片机的开发工具可以说是物美价廉,Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用。最近 Zilog 公司又推出了 Z86 系列单片机,该系列内部集成廉价的 DSP 单元。

#### 8. Scenix 单片机

Scenix 单片机(Ubicom 公司)的 I/O 模块最有创意,Scenix 单片机采用了 RISC 结构的 CPU,使 CPU 最高工作频率达 50MHz,运算速度接近 50MIPS。Scenix 单片机在 I/O 模块的处理上引入了虚拟 I/O 的概念,各种 I/O 功能可以用软件的办法模拟,公司提供各种 I/O 的库函数,用于实现各种 I/O 模块的功能。

#### 9. NEC 单片机

NEC 单片机自成体系,以 8 位机 78K 系列产量最高,也有 16 位、32 位单片机。16 位单片机采用内部倍频技术,以降低外时钟频率。有的单片机采用内置操作系统,NEC 的销售策略是注重服务大客户,并投入相当大的技术力量帮助大客户开发新产品。

## 10. 东芝单片机

东芝单片机从 4 位到 64 位，门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大市场，8 位机主要有 870 系列、90 系列等。该类单片机允许使用慢模式，采用 32kHz 时钟，功耗低至 10 $\mu$ A。CPU 内部使用多组寄存器，使得中断响应与处理更加快捷。东芝公司的 32 位机采用 MIPS3000 ARISC 的 CPU 结构，面向 VCD、数字相机、图像处理市场。

## 11. 富士通单片机

富士通也有 8 位、16 位和 32 位单片机，但是 8 位机使用的是 16 位的 CPU 内核，也就是说 8 位机与 16 位机指令相同，使得开发比较容易。8 位机有 MB8900 系列，16 位机有 MB90 系列。富士通注重服务大公司、大客户，帮助大客户开发产品。

## 12. Epson 单片机

Epson(日本爱普生)公司以擅长制造液晶显示器著称，故 Epson 单片机主要为该公司生产的 LCD 配套，其单片机的 LCD 驱动做得特别好，在低电压、低功耗方面也很有特色。目前 0.9V 供电的单片机已经上市，不久 LCD 显示手表将使用 0.5V 供电。

## 13. STC 单片机

STC 单片机完全兼容 51 单片机，并有其独到之处：抗干扰性强，加密性强，超低功耗，可以远程升级，内部有 MAX810 专用复位电路，价格也较便宜，由于这些特点使得 STC 系列单片机的应用日趋广泛。

## 14. 三星单片机

三星单片机有 KS51 和 KS57 系列 4 位单片机，KS86 和 KS88 系列 8 位单片机，KS17 系列 16 位单片机和 KS32 系列 32 位单片机，三星还为 ARM 公司生产 ARM 单片机，常见的有 S344b0 等。三星单片机为 OTP 型 ISP 在线编程功能。

## 15. SST 单片机

美国 SST 公司推出的 SST89 系列单片机为标准的 51 系列单片机，包括 SST89E/V52RD2、SST89E/V54RD2、SST89E/V58RD2、SST89E/V554RC、SST89E/V564RD 等。它与 8052 系列单片机兼容，提供系统在线编程(ISP 功能)，内部 Flash 擦写次数达 1 万次以上，程序保存时间可达 100 年。

## 16. 华帮单片机

华帮单片机属于 8051 类单片机，它们的 W78 系列与标准的 8051 兼容，W77 系列为增强型 51，对 8051 的时序做了改进，同样时钟下速度快了不少。在 4 位机上华帮有 921 系列，带 LCD 驱动的 741 系列。在 32 位机方面，华帮使用了惠普公司 PA-RISC 单片机技术，生产出低 32 位 RISC 单片机。

## 17. Silicon Labs 公司单片机

Silicon Labs 公司推出了 C8051F 系列单片机，基于增强的 CIP-51 内核，其指令集与 MCS-51 完全兼容，具有标准 8051 的组织架构，可以使用标准的 803x/805x 汇编器和编译器进行软件开发。CIP-51 采用流水线结构，70%的指令执行时间为一个或两个系统时钟周期，是标准 8051

指令执行速度的 12 倍；其峰值执行速度可达 100MIPS (C8051F120 等)，是目前世界上速度较快的 8 位单片机。

在上面介绍的单片机产品中，其中 Intel 公司的 MCS-51 系列及其兼容产品是目前最常用的一种单片机类型，其引进历史较长，学习资料齐全，影响面较广、应用成熟，已被单片机控制装置的开发设计人员广泛接受。本书将以这种单片机产品为主介绍单片机的结构原理、指令系统、编程应用及接口电路等内容。

### 1.5.4 单片机的应用领域

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，可在各种恶劣环境下可靠地工作等特点。特别是它应用面广，控制能力强，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。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，因此要求控制系统工作稳定、可靠、抗干扰能力强。单片机非常适宜用于控制领域。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，同时降低了成本，提高了性能价格比。如数字式 RLC 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相结合，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、智能电动玩具、各种家用电器和通信设备等。

#### 4. 在智能计算机外设中的应用

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、驱动控制等的接口。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，则主机和单片机能并行工作，这不仅大大提高了系统的运算速度，而且单片机还可对接口信息进行预处理，以减少主机和接口之间的通信密度、提高接口控制管理水平。如绘图仪、磁带机、打印机的控制器等。

综上所述，单片机在很多领域都得到了广泛的应用。目前国外的单片机应用已相当普及，国内虽然从 1980 年开始才着手开发应用，但至今已拥有数十家专门生产单片机开发系统的工厂或公司，越来越多的科技工作者投身到单片机的开发和应用中，并且在程序控制、智能仪表等方面涌现出大量科技成果，可以预见，单片机在我国必将有着更为广阔的发展前景。

## 1.5.5 单片机的发展过程与趋势

### 1. 单片机发展概况

自 1971 年 Intel 公司制造出世界上第一块微处理器芯片 4004 不久, 就出现了单片微型计算机, 经过之后的二三十年, 单片机得到了飞速的发展, 在发展过程中, 单片机先后经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机几个有代表性的发展阶段。

#### (1) 4 位单片机

自 1975 年美国德州仪器公司首次推出 4 位单片机 TMS-1000 后, 各个计算机生产公司相继推出 4 位单片机, 4 位单片机的主要生产国是日本。如 SHARP 公司的 SM 系列、东芝公司的 TLCS 系列、NEC 公司的 Ucom75XX 系列等。国内已能生产 COP400 系列单片机。

4 位单片机的特点是价格便宜, 主要用于控制洗衣机、微波炉等家用电器及高档电子玩具。

#### (2) 8 位单片机

1976 年 9 月, 美国 Intel 公司首先推出 MCS-48 系列 8 位单片机, 使单片机的发展进入了一个新的阶段。随后各个计算机公司先后推出各自的 8 位单片机。例如, 仙童公司 (Fairchild) 的 F8 系列, 摩托罗拉 (Motorola) 公司的 6801 系列, Zilog 公司的 Z8 系列, NEC 公司的  $\mu$ PD78XX 系列。

1978 年以前, 各厂家生产的 8 位单片机由于集成度的限制, 一般都没有串行接口, 只提供小范围的寻址空间 (小于 8KB), 性能相对较低, 称为低档 8 位单片机。如 Intel 公司的 MCS-48 系列和仙童公司 (Fairchild) 的 F8 系列。

1978 年以后, 集成电路水平有所提高, 出现了一些高性能的 8 位单片机, 它们的寻址能力达到了 64KB, 片内集成了 4~8KB 的 ROM, 片内除了带并行 I/O 接口外, 还有串行 I/O 接口, 甚至有些还集成 A/D 转换器, 这类单片机称为高档 8 位单片机。如 Intel 公司的 MCS-51 系列, 摩托罗拉 (Motorola) 公司的 6801 系列, Zilog 公司的 Z8 系列, NEC 公司的  $\mu$ PD78XX 系列。

8 位单片机由于功能强、价格低廉、品种齐全, 被广泛用于工业控制、智能接口、仪器仪表等各个领域。特别是高档 8 位单片机, 是现在使用的主要机型。

#### (3) 16 位单片机

1983 年以后, 集成电路的集成度可达到十几万只管/片, 出现了 16 位单片机。16 位单片机把单片机性能又推向了一个新的阶段。它内部集成多个 CPU, 8KB 以上的存储器, 多个并行接口, 多个串行接口等, 有的还集成高速输入/输出接口、脉冲宽度调制输出、特殊用途的监视定时器等电路。如 Intel 公司的 MCS-96 系列, 美国国家半导体公司的 HPC16040 系列和 NEC 公司的 783XX 系列。

16 位单片机往往用于高速复杂的控制系统。

#### (4) 32 位单片机

近年来, 各个计算机厂家已经推出更高性能的 32 位单片机, 但在测控领域对 32 位单片机的应用很少, 因而, 32 位单片机使用的并不多。

## 2. 单片机发展趋势

### (1) CPU 功能增强、资源增多、大容量化

高处理速度与精度, IO 处理能力提高; 片内存储器容量增大, 最大可达 64KB ROM 和 RAM。采用 EEPROM、Flash ROM, 扩大寻址范围。增加更多功能模块、接口。

### (2) 小容量化, 低廉化与微型化

传统数字逻辑电路分立器件用 4 位、8 位专用单片机代替, 简化系统结构。使用性能较低、功能较少的单片机就能完成一定的应用功能, 既提高了系统可靠性, 在大批量生产时又降低了成本。高新技术下移, 不断提高 8 位机的性能, 特别适用于一些家电、玩具。

### (3) 引脚多功能、发展串行总线

内部功能多需要更多的引脚, 引脚多使用不方便、不灵活, 故引脚多功能化, 复用引脚。多种串行总线扩展方式, 成为一些工业标准, SPI 总线、IIC 总线、CAN 总线、USB 总线, 3 条数据总线代替 8 位数据总线, 减少引脚数。

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式, 一是采用新颖的通信总线以减少外引线; 二是改进外封装, 例如采用扁平引脚封装(Flat Package, FP)、方形引脚封装(Quad In line Package, QIP)和叠背式封装(Pigk Back Package, PBP)等。它的引脚都比双列直插式(Dual In line Package, DIP)封装要多得多。

### (4) 低功耗、宽电压、高可靠性

普遍采用 CMOS 工艺, 降低功耗, 提高可靠性, 另外, 工作电源范围较宽。

### (5) 片内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, 以便简化用户应用程序的编制工作, 为用户开发和应用提供方便。Intel 公司, 在有的 MCS-51 单片机内固化了 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, 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, 在进行复杂的数据运算时, 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的要求, 又能简化用户编程。

## 习 题

1. 什么是微处理器? 什么是微型计算机? 什么是微型计算机系统?
2. 通用微型计算机硬件系统结构是怎样的? 请用示意图表示并说明各部分作用。
3. 什么是单片机?
4. 单片机系统由哪几部分组成? 各部分功用是什么?
5. 单片机与微型计算机有什么区别?
6. 单片机用于哪些领域?
7. 单片机的发展方向是什么?
8. 计算机中最常用的字符信息编码是什么?



9. 写出下列二进制数的原码、反码和补码(设机器字长为 8 位)。

(1)+011001

(2)-100100

(3)-111111

10. 已知  $X_1=+0011011$ ,  $Y_1=+0100100$ ,  $X_2=-0010110$ ,  $Y_2=-0100101$ , 试计算下列各式(设机器字长为 8 位)。

(1) $[X_1+Y_1]_{\text{补}}$

(2) $[X_1-Y_1]_{\text{补}}$

(3) $[X_2-Y_2]_{\text{补}}$

11. 写出下列补码表示的原码和真值, 分别用二进制数、十六进制数、十进制数和 BCD 码表示。

5AH, 80H, 0FFH, 72H