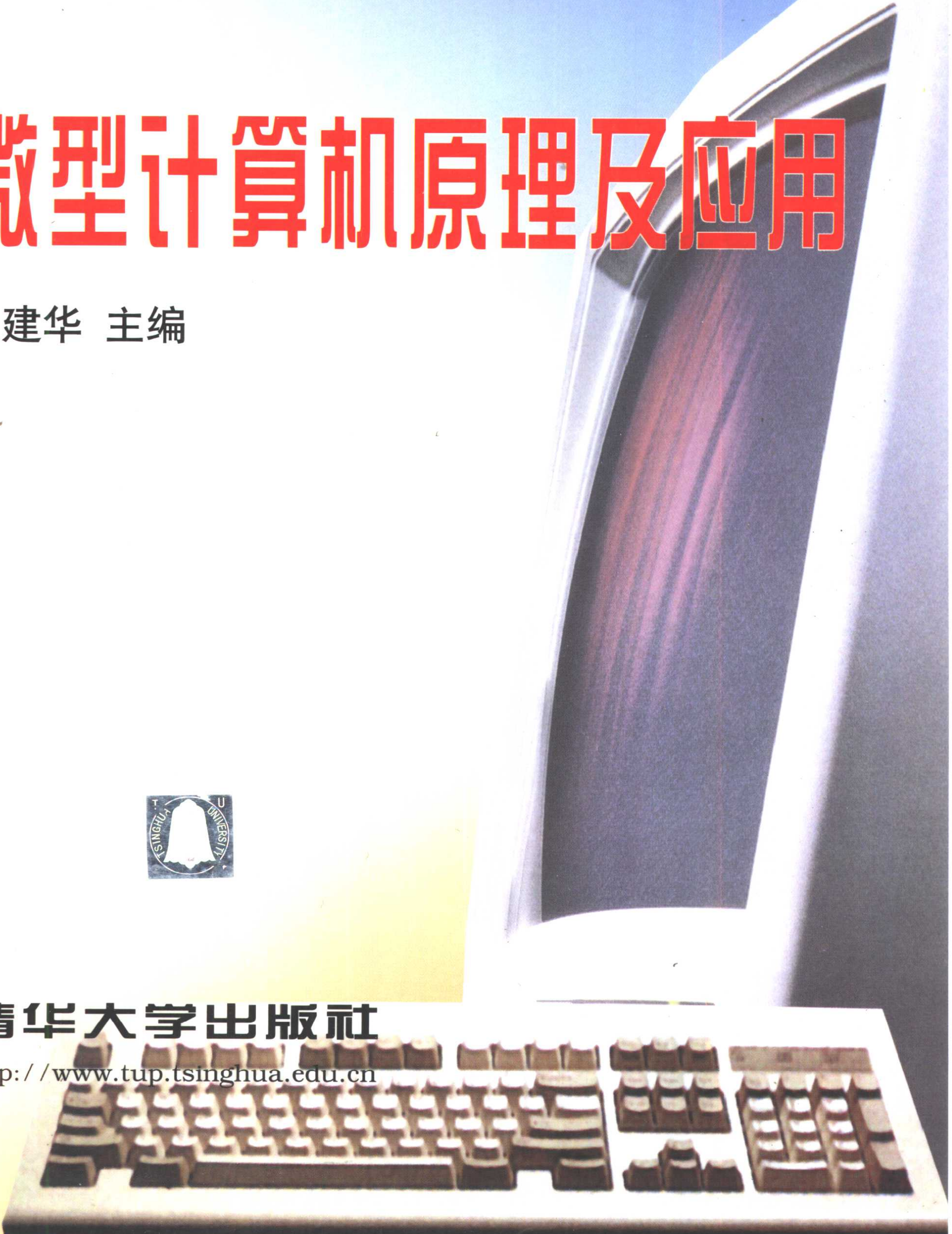
中等职业技术教育计算机教材

微型计算机原理及应用

史建华 主编



清华大学出版社
http://www.tup.tsinghua.edu.cn

中等职业技术教育计算机教材

微型计算机原理及应用

史建华　主编

史建华　赵丽艳
刘妍东　史嘉松　编著

清华大学出版社

（京）新登字 158 号

内容简介

本书主要是面向本市中等专科学校的学生，为他们提供一本比较合适的微型计算机原理教材。

考虑到读者的基础知识状况，本书由浅入深（比较通俗）地先介绍微型机的基础知识及基本逻辑部件，接着以模型机的形式通俗地介绍微型机的基本工作原理，使学生对现代微机的概貌有一个初步的认识。在这个基础上，以与现代微机机型相近的 8086/8088 为样本讲解一般工作原理。考虑到学是为了用和中等职业教育的要求，叙述以最小模式为主，重点放在应用上。

“应用”必需有接口，有接口就必需会编程应用，故在介绍基本原理之后，又用一定的篇幅介绍 8086 汇编语言源程序的基础知识及简单程序设计。最后用较多的章节介绍微机应用中常用到的多种接口芯片，为学生从事该项工作打下一定基础。

本书可作为中等职业技术教育的计算机教材，也可供从事该项工作的工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

微型计算机原理及应用/史建华主编，—北京：清华大学出版社，2000
中等职业技术教育计算机教材
ISBN 7-302-04172-5
Ⅰ．微…　Ⅱ．史…　Ⅲ．微型计算机－中等教育：技术教育－教材　Ⅳ．TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 82249 号

出版者：清华大学出版社（北京清华大学学研大厦，邮编 100084）
http://www.tup.tsinghua.edu.cn
印刷者：北京顺义振华印刷厂
发行者：新华书店总店北京发行所
开　本：787×1092 1/16　印张：22.75 字数：522 千字
版　次：2000 年 12 月第 1 版　2000 年 12 月第 1 次印刷
书　号：ISBN 7-302-04172-5/TP・2474
印　数：0001～5000
定　价：28.00 元

中等职业技术教育计算机教材编写委员会

序　　言

从第一台电子计算机问世到今天，短短50年，人类从生产到生活发生了巨大的变化，以计算机为核心的信息技术作为一种崭新的生产力，正在向社会的各个领域渗透。过去说，没有电将寸步难行，现在要说：没有计算机就没有现代化。

计算机科学与技术的划时代的意义是为人类提供了“通用智力工具”。著名的计算机科学家、图灵奖的获得者G·伏赛斯曾预言：计算机将是继自然语言、数学之后而成为第三位的、对人的一生都有大用处的“通用智力工具”，用还是不用这个智力工具，对人的智能的发挥和发展肯定大不一样。十年前有识之士在《中国计算机工业概览》中写道：“我们往往欣赏中国人的聪明才智。我国有丰富的智力资源和脑力劳力的优势，这当然是事实，但我们是否考虑过，社会发展到今天如果不同时有效地利用‘电脑’，这个‘人脑’的优势是会丧失的。”机遇和挑战并存，将有关信息科学的知识和应用能力纳入到学生的知识结构中，是提高人才素质的需要，是落实“科教兴国”战略的一项重要内容。

在中等职业技术教育中，计算机应该是一门新的主修课。这套教材面向的是职业高中、中等专科学校的各类计算机专业的学生，其特点是：以应用为主，突出实用性和操作性。

以应用为主，不等于不需要讲一些必要的原理。从打好基础的角度看，懂一点计算机的基本原理，对于消除计算机的神秘感，使用和驾驭计算机是大有好处的。这套教材的作者都是具有多年第一线教学经验的资深教师，在书的写法上，充分考虑职业高中和中专学生的工作需要和认知规律，精心选择内容，采用循序渐进的教学方法，将重点放在基本概念和基本操作方法上。书中特别安排了上机指导，这是十分必要的，也是这套书的特色之一。计算机的课程实践性极强，不上机，不动手，是学不会的。因此，我建议同学们一定要理论联系实际地学，既动手又动脑，才能学得从容，学得深入，才能掌握真才实学。越动手，你就越能找到成功的感觉；越动手，你就越爱用计算机为你服务；越动手，你就越会感到：计算机入门不难，深造也是完全办得到的。

中国计算机学会普及委员会主任
国际信息学奥林匹克中国队总教练
全国高等学校计算机基础教育研究会副理事长
清华大学计算机科学与技术系教授
吴文虎

前　言

当今世界，计算机、通信、微电子和软件技术的发展和应用已成为衡量一个国家现代化程度的主要标志之一。

随着我国改革开放的进一步深入，目前全国各地职业高中及各类中专的各非计算机专业相继都开设了计算机课，它标志着我国职业高中、中专的计算机教育、教学已进入一个新的发展阶段。

学习计算机，一要学什么是计算机，二要学计算机的操作，学习内容包括理论和实践操作。计算机是一门应用型学科，操作性强。随着计算机在社会各个领域的应用越来越广泛，对计算机操作能力的要求也越来越高。所以，职业高中、中专各专业都在开设计算机课。计算机课的教学要面向社会、面向市场，既要让学生学习计算机知识，又要对学生进行计算机操作技能的训练，重点是侧重操作和技能性方面的训练。

选好教材、用好教材是搞好计算机教学的重要保证。出版一套适合各类职业高中、中专各专业适用的系列教材，就是我们编写这套教材的初衷。

根据职业高中、中专各专业计算机教学的特点，这套教材在注重系统性、科学性的基础上重点突出了实用性和操作性，将重点讲述计算机的基本概念和基本操作方法。按照由浅入深的教学原则，把各册教材的内容分割成若干个模块，采取循序渐进的教学方法，力求通俗而不肤浅，深入而不玄奥。各部分都采用举实例的方法讲述操作技术；对重点概念、重要的操作技能，力争讲深讲透。

侧重上机操作，将上机指导作为主要内容之一是本教材的又一特色。每章后的上机指导内容通俗易懂，操作循序渐进。每个上机指导包括目的与要求、软硬件环境和操作步骤三部分。有些操作练习有详细的参考步骤，其目的是为了举一反三；有些操作练习没有参考步骤，其目的是为了使学生进一步巩固所学知识和掌握操作方法。每章的上机指导配合小结、习题，使学生在动脑、动手的过程中牢固地掌握计算机实用技术。

本套教材的作者均为从事计算机教育10年以上的计算机高级教师，来自部分职业高中计算机专业及非计算机专业计算机教学的第一线，有丰富的计算机教育、教学经验，并出版过多本计算机教育的书籍。本套教材均为中等职业教育中急需的计算机教材。通过本套教材的学习，学生可以掌握计算机专业基础知识和技术，较熟练地掌握计算机的使用和维护技能，并具有初步的程序设计能力。对教材内容中不妥或需要改进之处，殷切希望广大师生向我们指出，以便再版时修改和补充。来信请寄：北京清华大学出版社编辑部(100084)。

这套教材编写的内容对社会上一些劳动部门的技术等级考试也具有指导作用。

目前中专的微型机原理教学中，学生普遍反映该课程“难学”，究其原因不外乎：一是所学的基础知识不牢固，二是教材偏深，与读者的基础脱节。往往篇幅很多的教材只用其中的一部分，对学生的复习或预习极为不利。为此，本书从微型机的基础知识和基本原理

出发，结合应用作了详细的阐述。虽在教材的深度上放弃一些内容，但在基本原理和应用上有所加强，应该适合中专读者的需求，盼望受到他们的欢迎。

本书共分 10 章，并附有习题。在第 10 章专门安排了上机操作及接口实验的内容，由选用本教材的学校根据所具备的条件进行选用。本教材暂定为 96 学时，上机操作和实验的学时在外。

本书第 1 章、第 3 章、第 6 章由史建华编写；第 7 章、第 8 章、第 10 章由赵丽艳编写；第 4 章、第 5 章、第 9 章由刘妍东编写；第 2 章及习题由史嘉松编写。

由于时间仓促及作者学术水平有限，书中难免有诸多缺点和不足，敬请广大读者及专家批评指正。

编　者

2000 年 4 月于北京

目　录

第 1 章　计算机的基础知识 ………… 1
1.1　数制 ………… 1
1.2　二进制数的特点 ………… 4
1.3　数制间的转换 ………… 4
1.4　二进制数的运算规则 ………… 7
1.5　计算机中数的定点与浮点表示 ………… 9
1.6　原码、补码和反码 ………… 11
1.7　补码的加减运算 ………… 14
1.8　不带符号数的加减运算 ………… 17
1.9　溢出判断 ………… 18
1.10　常用编码 ………… 20
1.11　二进制数的运算及其加法电路 ………… 22
习题 1 ………… 27
第 2 章　微型计算机的基本逻辑部件 ………… 28
2.1　寄存器 ………… 28
2.2　三态输出电路 ………… 33
2.3　总线结构 ………… 34
2.4　半导体存储器 ………… 36
习题 2 ………… 59
第 3 章　微型计算机的基本工作原理 ………… 61
3.1　微型计算机结构的简化形式 ………… 61
3.2　指令系统 ………… 64
3.3　程序设计 ………… 65
3.4　执行指令的例行程序 ………… 69
3.5　控制部件 ………… 72
3.6　微型计算机功能的扩展 ………… 75
3.7　初级程序设计举例 ………… 79
3.8　控制部件的扩展 ………… 85
3.9　现代技术在微型计算机中的应用 ………… 87
习题 3 ………… 90
第 4 章　微处理器 ………… 91
4.1　微处理器的概述 ………… 91
4.2　8086/8088 CPU 结构 ………… 91

4.3 8086 CPU 引脚信号和工作模式 …… 98
4.4 8086/8088 的主要操作功能 …… 111
习题 4 …… 126
第 5 章 微型机的指令系统 …… 127
5.1 概述 …… 127
5.2 指令格式 …… 127
5.3 8086/8088 的寻址方式 …… 128
5.4 数据传送指令 …… 133
5.5 算术运算指令 …… 138
5.6 逻辑运算指令和移位指令 …… 143
5.7 串操作指令 …… 148
5.8 控制转移指令 …… 153
习题 5 …… 162
第 6 章 微型机的程序设计 …… 164
6.1 简单程序设计步骤 …… 164
6.2 伪指令 …… 167
6.3 系统功能调用 …… 176
6.4 汇编语言程序结构 …… 179
6.5 简单程序设计 …… 180
6.6 分支程序设计 …… 182
6.7 循环程序设计 …… 187
6.8 子程序设计 …… 194
习题 6 …… 207
第 7 章 输入/输出接口 …… 209
7.1 微型计算机的输入/输出接口 …… 209
7.2 并行通信与并行接口 …… 213
7.3 可编程并行通信接口芯片 8255A …… 215
7.4 串行通信及串行接口 …… 228
7.5 可编程串行通信接口芯片 8251A …… 232
习题 7 …… 242
第 8 章 中断控制器、计数/定时控制器及 DMA 控制器 …… 244
8.1 可编程中断控制器 8259A …… 244
8.2 可编程计数/定时控制器 8253 …… 263
8.3 可编程 DMA 控制器 8257 …… 276
习题 8 …… 286
第 9 章 A/D,D/A 及简易键盘、显示接口设计 …… 288
9.1 D/A 转换器的工作原理 …… 288
9.2 D/A 转换器的性能参数和术语 …… 292

9.3 DAC0832 芯片 …… 294
9.4 A/D 转换器的工作原理 …… 299
9.5 A/D 的性能参数和技术术语 …… 305
9.6 ADC0809 和 AD570 A/D 芯片 …… 305
9.7 简易键盘接口和 LED 显示器接口的设计 …… 312
习题 9 …… 317
第 10 章 汇编语言的上机操作及实验 …… 318
10.1 汇编语言程序的上机过程 …… 318
10.2 汇编语言程序设计实验 …… 328
10.3 接口实验 …… 343

第1章 计算机的基础知识

本章重点要求掌握各种数制之间的转换方法，理解补码的概念与常用进制数的补码求法，以及求补的概念和求$[-y]_{补}$的方法，了解溢出的概念和判别有符号数及无符号数的溢出方法。

1.1 数 制

按照进位的方法进行计数，称进位计数制，简称数制。在计算机中常用的进制有十进制、二进制、八进制和十六进制。

1. 十进制数(decimal number)

在日常生活中人们常用的是十进制数。十进制数的数值部分是用10个不同的数字符号0,1,2,3,4,5,6,7,8,9来表示的，我们把这些数字符号叫做数码。在数中一个数码所代表的意义与它所处的位置有关。例如，78.42这个数，小数左边的第一位代表个位，表示它本身的数值是8；左边的第二位是十位，表示7×10^1；而小数点右边的第一位4表示4×10^{-1}；第二位是2，表示2×10^{-2}。因此这个数可以写成：

$$78.42=7\times10^1+8\times10^0+4\times10^{-1}+2\times10^{-2}$$

一般，对任意一个正的十进制数S，可以表示为：

$$S=K_{n-1}(10)^{n-1}+K_{n-2}(10)^{n-2}+\cdots+K_0(10)^0+K_{-1}(10)^{-1}+K_{-2}(10)^{-2}+\cdots+K_{-m}(10)^{-m}$$

或 $$S=\sum_{j=-m}^{n-1}K_j(10)^j$$

其中，K_j可以是0,1,…,9这十个数码中的任意一个，它由数S决定；m,n为正整数，n为小数点左边的位数，m为小数点右边的位数。括号内的10称为计数制的基数，表示逢“十”进位。K_j为权系数，$K_j(10)$为本位的值。

一般地说，若P是大于1的整数，则任一数N总可以用下式表示：

$$N=K_{n-1}(P)^{n-1}+K_{n-2}(P)^{n-2}+\cdots+K_0(P)^0+K_{-1}(P)^{-1}+K_{-2}(P)^{-2}+\cdots+K_{-m}(P)^{-m}$$

或 $$S=\sum_{j=-m}^{n-1}K_j(P)^j$$

其中，K_j可以是$(P-1)$中的任意一个数码；m,n为正整数；P为基数。当P取不同的数值时，N为不同进制的数。

$P=10$就是十进制的表示形式，N称为十进制数；

$P=8$就是八进制的表示形式，N称为八进制数；

$P=2$ 就是二进制的表示形式，N 称为二进制数；

为区别不同进制的数，十进制数后缀为 D，或无后缀；二进制数后缀为 B；八进制数后缀为 O(Octal)。这些后缀为该进制的第一个英文字母，因 0(zero)与 O(Octal)容易相混，常用形状相近的 Q 作八进制数的后缀，十六进制数的后缀为 H。

2. 二进制数(binary number)

主要特点是：

(1) 它只有两个不同的数码，即“0”和“1”。

(2) 它是逢“二”进位的。如对十进制数 1+1=2，而对二进制数 1+1=10B。二进制数可通过按权展开相加法，化为十进制数，如：

$$\begin{aligned}1111.11\text{B} &= 1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}\\&=8+4+2+1+0.5+0.25\\&=15.75\text{D}\end{aligned}$$

一般地说，任意一个二进制数 N(正的，或负的)，可以表示为：

$$\begin{aligned}N &= \pm(K_{n-1}\times2^{n-1}+K_{n-2}\times2^{n-2}+\cdots+K_0\times2^0+K_{-1}\times2^{-1}\\&\quad+K_{-2}\times2^{-2}+\cdots+K_{-m}\times2^{-m})\\&=\pm\sum_{j=-m}^{n-1}K_j(2)^j\end{aligned}$$

其中，K_j 只能取 1 或 0，由具体的数 N 确定。m，n 为正整数，n 为小数点左边的位数，m 为小数点右边的位数；“2”是二进制的基数，表示“逢 2 进 1”，故称二进制，见表 1-1。

3. 八进制数(octal number)

主要特点是：

(1) 它有 8 个不同的数码，即 0,1,3,4,5,6,7。

(2) 它是逢“八”进位的。

如上所述，任意一个八进制数 N，可以表示为：

$$\begin{aligned}N &= \pm(K_{n-1}\times8^{n-1}+K_{n-2}\times8^{n-2}+\cdots+K_0\times8^0+K_{-1}\times8^{-1}\\&\quad+K_{-2}\times8^{-2}+\cdots+K_{-m}\times8^{-m})=\pm\sum_{j=-m}^{n-1}K_j(8)^j\end{aligned}$$

其中，K_j 可以是 0～7 中的任何一个数，取决于数 N；m，n 为正整数，n 为小数点左边的位数，m 为小数点右边的位数；8 为基数，故称八进制。

由于数 8 与数 2 有以下关系：$8^1=2^3$，因此，一位八进制数相当于三位二进制数，它们之间的关系见表 1-1。

根据这种对应关系，二进制与八进制之间的转换十分简单。只需从小数点向左和向右每三位分为一组，每组用一位八进制数表示即可。注意，不足三位者应补 0，凑成三位一组。如：

$$\begin{array}{ccccccc}010 & 100 & 101 & . & 010 & 111 & 010\\ | & | & | & & | & | & |\\ 2 & 4 & 5 & . & 2 & 7 & 2\end{array}$$

若要将八进制数转换为二进制数，只需用三位二进制数代换为一位八进制数即可。例如，八进制 367.505Q，可转换为二进制数 011110111.101000101B。

表 1-1　各种数制对应表

十进制	十六进制	八进制	二进制	十进制	十六进制	八进制	二进制
0	0	0	0000	9	9	11	1001
1	1	1	0001	10	A	12	1010
2	2	2	0010	11	B	13	1011
3	3	3	0011	12	C	14	1100
4	4	4	0100	13	D	15	1101
5	5	5	0101	14	E	16	1110
6	6	6	0110	15	F	17	1111
7	7	7	0111	16	10	20	10000
8	8	10	1000				

4. 十六进制数(hexadecimal number)

主要特点是：

(1) 它有 16 个不同的数码，即 0～9,A、B、C、D、E、F。它与十、二、八进制数之间的关系见表 1-1。

(2) 它是逢"十六"进位的。

如上所述，任意一个十六进制数 N，可以表示为：

$$N = \pm (K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_0 \times 16^0 + K_{-1} \times 16^{-1} + K_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 16^{-m})$$

$$= \pm \sum_{j=-m}^{n-1} K_j (16)^j$$

其中，K_j 可以是 0～F 之间的任意一个，取决于数 N；m,n 为正整数；"16"为基数，故称十六进制。

由于数 16 与数 2 之间的关系为：$16^1 = 2^4$，因此，一位十六进制数相当于四位二进制数。只要我们了解这种关系，十六进制数与二进制数之间的转换也十分简单。例如，二进制数(1111111000111.100101011B)可用下述方法转换为十六进制数，即二进制数以小数点为界向左、向右每四位数分为一组，不足四位者用 0 补齐四位，然后每组的四位二进制数用一位十六进制数表示即可。如：

111111000111.100101011B = 1FC7.958H

又如，十六进制数是 3AB.4AH，可方便地转换成二进制数：

001110101011.01001010B

目前，微机汇编语言中，常用十六进制，小型机中汇编语言常用八进制，目的都是为书写较短，便于阅读程序。至于八进制数与十六进制数之间的转换，通过二进制数也可方便地进行。

1.2 二进制数的特点

从前节可知，同一个数用二进制表示比用十进制表示位数多得多。粗略估计，前者约为后者的 3 倍左右。既然人们习惯于用十进制数，书写又方便，而二进制数书写起来位数太长，又不便于阅读，那么为什么在计算机中要采用二进制数呢？这是由二进制数本身的特点决定的。因为计算机唯一能识别的是二进制数，这是问题的实质。八进制、十六进制数的引入，主要是为了书写方便，仅仅是一种手段而已。

二进制数制与其它数制相比有以下特点：

(1) 数制的状态简单，容易表示

二进制只有“0”，“1”两种状态，可以用具有两个稳态的元件表示，如晶体管导通或截止，电平的高与低，脉冲的有和无等，均可分别用来表示“1”和“0”状态。这种简单的状态工作可靠，抗干扰能力强。

(2) 运算规则简单

二进制运算的规则极为简单(以后介绍)，故在计算机中表现二进制运算的线路也大大简化了。

(3) 可以节省设备

如果采用十进制数制表示 0～9 之间的数，需要 1 位，这一位共需十个设备状态。若采用二进制数制表示，需要 4 位，每位只需两个状态，总共八个设备状态。而且这八个设备状态所能表示的数的范围可达 0000～1111，即 0～15，这说明二进制数制可以节省设备。

(4) 可以选用逻辑代数这一数学工具对计算机逻辑线路进行分析和综合

便于机器结构的简化。

在计算机内部采用二进制操作时，为解决书写冗长、阅读不便，常用八进制和十六进制表示。但人们习惯用十进制，故需介绍一下十进制转换为二进制的问题。

1.3 数制间的转换

1. 二进制数与十进制数之间的相互转换

(1) 二进制数转换为十进制数

这种转换十分简单，只要将二进制数按“权”展开相加即可。

例如：11001.1001B

$$=1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+0\times2^{-2}+0\times2^{-3}+1\times2^{-4}$$

$$=16+8+1+0.5+0.0625=25.5625D$$

二换十的规则就是要算出二进制数每一位为“1”时，分别代表的十进制数，然后将这些数相加，即按“权”相加。

(2) 十进制数转化为二进制数

十进制数转换为二进制数时，要把整数部分和小数部分分别换算，然后再相加即可。

① 整数换二利用除 2 取余法

[例 1] 求 215 的二进制数。

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 215 & \\
2 & 107 & \cdots\cdots 余\ 1(最低位) \\
2 & 53 & \cdots\cdots 余\ 1 \\
2 & 26 & \cdots\cdots 余\ 1 \\
2 & 13 & \cdots\cdots 余\ 0 \\
2 & 6 & \cdots\cdots 余\ 1 \\
2 & 3 & \cdots\cdots 余\ 0 \\
2 & 1 & \cdots\cdots 余\ 1 \\
 & 0 & \cdots\cdots 余\ 1(最高位)
\end{array}
$$

所以，215D＝11010111B

[例 2] 求 92D 的二进制数(用推算法)。

如果你对十换二之间的关系很熟悉，也可以用推算法进行十换二，即找一个与所要转换的十进制数最接近的 2 的乘方不断地进行试减，直至减到小于 1 为止。

$$
\begin{array}{r l}
92 & \\
-64 & \rightarrow 2^6 \\
\hline
28 & \\
-16 & \rightarrow 2^4 \\
\hline
12 & \\
-8 & \rightarrow 2^3 \\
\hline
4 & \\
-4 & \rightarrow 2^2 \\
\hline
0 &
\end{array}
$$

所以，$92D = 64+16+8+4 = 1\times2^6+0\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+0\times2^0$

$= 1011100B$

② 小数的十换二

采用乘 2 取整法，即用 2 不断地去乘要转换的十进制数，直到小数部分为 0 或满足所要求的精度为止。把每次乘积的整数部分(不参加下次乘)，以初整数为最高位(没有整数的取 0)，依次排列，即得所转换的二进制小数。

[例 3] 求 0.6875D 的二进制数。

$$
\begin{array}{r l}
0.6875 & \\
\times\quad 2 & \\
\hline
1.3750 & \cdots\cdots 整数部分为\ 1，相当于\ K_{-1}=1 \\
0.375 & \\
\times\quad 2 & \\
\hline
0.750 & \cdots\cdots 整数部分为\ 0，相当于\ K_{-2}=0 \\
\times\quad 2 & \\
\hline
1.500 & \cdots\cdots 整数部分为\ 1，相当于\ K_{-3}=1 \\
0.5 & \\
\times\quad 2 & \\
\hline
1.0 & \cdots\cdots 整数部分为\ 1，相当于\ K_{-4}=1
\end{array}
$$

所以，0.6875D＝0.1011B

有的数在十换二时，整个计算过程会无限制地进行下去，这时可以根据精度的要求，选取适当的位数。

对于具有整数和小数部分的十进制数，只要对整数和小数分别进行转换为二进制数制数，然后合并起来即是整个的结果。

2. 八进制数和十进制数之间的相互转换

一般地说，任意进制数和十进制数之间的转换原理和方法，同二进制数与十进制数之间的转换相似，区别仅在于基数 2 换成相应的基数(如 8，16 等)。

（1）八换十

它与二换十相类似，即将八进制数转按“权”展开，然后相加即可。

例如：

$$\begin{aligned} 51.6Q &= 5 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} \\ &= 40 + 1 + 0.75 \\ &= 41.75D \end{aligned}$$

（2）十换八

要把整数和小数分别进行转换。

[**例 4**]　将十进制数 75.6875D 转换为八进制数。

① 整数部分采用除 8 取余法

$$\begin{array}{r|rl} 8 & 75 & \\ \hline 8 & 9 & \cdots\cdots\text{余 } 3(K_0=3) \\ \hline 8 & 1 & \cdots\cdots\text{余 } 1(K_1=1) \\ \hline & 0 & \cdots\cdots\text{余 } 1(K_2=1) \end{array}$$

所以，75D＝113Q

② 小数部分乘 8 取整法

$$\begin{array}{rl} 0.6875 & \\ \times \quad\; 8 & \\ \hline 5.5000 & \cdots\cdots\text{整数部分为 } 5\text{，相当于 } K_{-1}=5 \\ 0.5000 & \\ \times \quad\; 8 & \\ \hline 4.0000 & \cdots\cdots\text{整数部分为 } 4\text{，相当于 } K_{-2}=4 \end{array}$$

所以，0.6875＝0.54Q

最后结果为：75.6875D＝113.54Q

3. 十六进制数与十进制数之间的相互转换

（1）十六换十

同二换十、八换十相类似，即将十六进制数按“权”展开相加即可。

例如：

$$\begin{aligned} F30H &= 15 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 13 \times 16^0 \\ &= 3840 + 48 + 13 \\ &= 3901D \end{aligned}$$

(2) 十换十六

① 整数的十换十六(除 16 取余法)

[**例 5**] 求 3901D 的十六进制数。

```
16 | 3901
   ------
    16 | 243     ……余 13(K0=D)
       -----
        16 | 15  ……余 3(K1=3)
           ----
             0   ……余 15(K2=F)
```

所以,3901D=F3DH

② 小数的十换十六(乘 16 取整法)

[**例 6**] 求 0.9032D 的十六进制数。

```
  0.9032
×     16
--------
 14.4512   ……整数部分为 14,相当于 K-1=E
  0.4512
×     16
--------
  7.2192   ……整数部分为 7,相当于 K-2=7
  0.2192
×     16
--------
  3.5072   ……整数部分为 3,相当于 K-3=3
  0.5072
×     16
--------
  8.1152   ……整数部分为 8,相当于 K-4=8
```

所以,0.9032D=0.E738H

1.4 二进制数的运算规则

二进制数只有 0,1 两个数码,它的加、减、乘、除运算规则要比十进制数的运算规则简单得多。

1. 加法规则

(1) 0+0=0

(2) 0+1=1+0=1

(3) 1+1=0,进位 1

(4) 1+1+1=1,进位 1

例如:将两个二进制数 1111 与 1011 相加,其过程如下:

```
  1111     进位
  1111     被加数
+ 1011     加数
------
 11010     和
```

可见,两个二进制数相加,每一位有三个数——即相加的两个数以及低位的进位,用