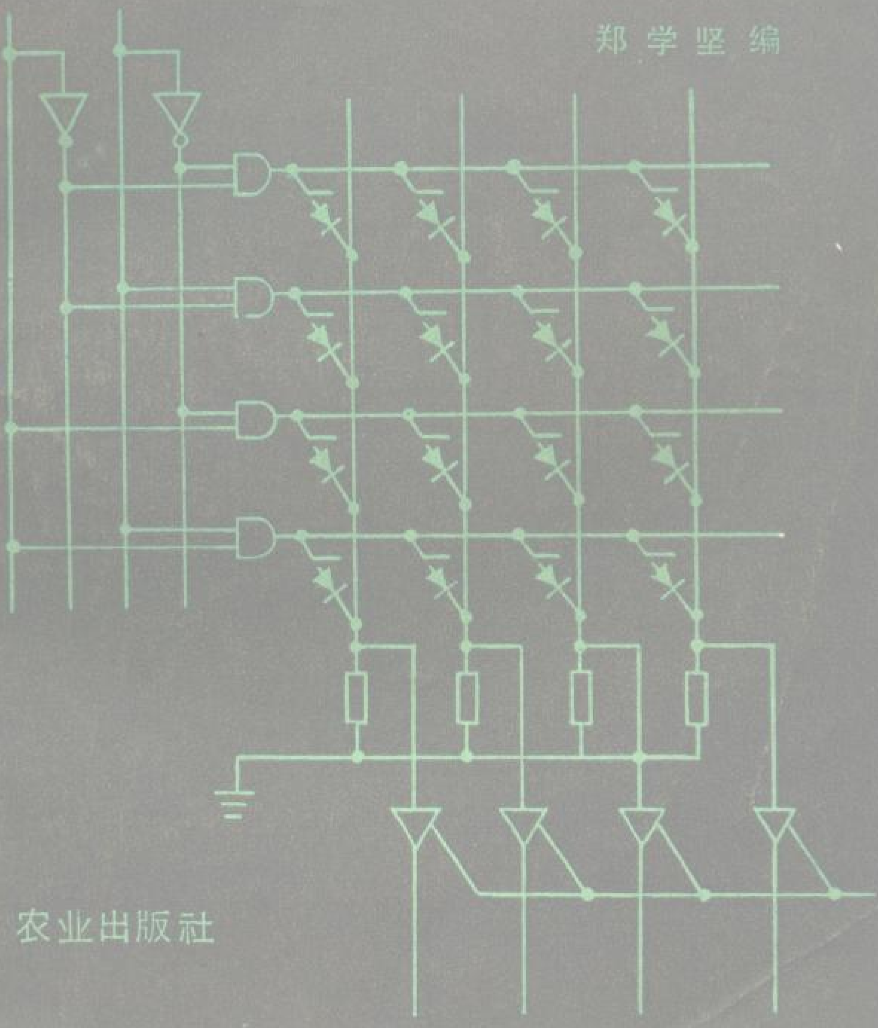
微型计算机入门及应用

郑学坚编



农业出版社

微型计算机入门及应用

郑学坚　编

农业出版社

微型计算机入门及应用
郑学坚　编

农业出版社出版（北京朝内大街130号）
新华书店北京发行所发行　　农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本　5.25印张　108千字
1984年7月第1版　1984年7月北京第1次印刷
印数 1—112,000册
统一书号 15144·671　定价 0.67元

前　言

本书是应中国农业工程学会农业系统工程及农用电子技术专业委员会为举办短训班的需要而写的。面临世界新的技术革命的形势，广大中层、基层科技领导干部，中、老年知识分子以及在各种工作岗位奋力钻研技术的知识青年，都意识到学习和掌握微型计算机的基本原理及其应用的重要性。但目前有关这方面的书籍，有的偏于知识性而对技术介绍不足，有的偏于技术性而使初学者感到过于艰深。本书的目的就是填补知识性与技术性之间的空白，以满足上述同志的要求。

本书内容：以极少篇幅介绍学习计算机所必需的预备知识，如数制、门电路等之后，即以简化的电路图介绍触发器、寄存器、存贮器等基本电路部件。然后以解剖麻雀的方法介绍只有五条指令的模型式计算机，借以搞清计算机内部信息流通的大致过程。在这个基础上再进一步分析一个更接近于现代微型计算机的功能但仍然属于模型式的计算机的指令系统、程序设计以及程序执行过程的几个实例。接着对常见的几种微型计算机的中央处理器（CPU）作一些常识性的介绍，其中以 Z80-CPU 为代表稍为深入地作了分析。最后介绍了过程控制的几个应用实例，其中包括多对象的人工气候

室的程序控制以及植物光合作用的自动寻优系统的结构及程序特点。在数据处理方面也有简要的论述，使初学者对微型计算机的应用有一个较全面的认识。

前四章是本书的主要内容，而其核心部分是第三章。视学员的电工学及电子学知识水平，可将此四章的内容在16至20学时（即四至五个上午）内讲完。如能增加8个学时，即可将第五、六两章讲完。这样如举办速成入门学习班，只要学员脱产一周左右即可完成教学任务。

本书是应农业工程学会的要求而编写的，介绍了农业方面的应用实例，但也适用于各种专业的科技人员，是学习微型计算机的入门读物。也可供在短期内培训各级企业管理干部用。

本书根据初学者的情况，力求通俗易懂，因此在某些名词、术语、定义和某些过程的叙述上往往不够严谨。尚希读者谅解。

编　者

一九八四年二月于清华园

目　录

第一章 预备知识

本章简要地扫视一下以后各章将要用到的有关基础知识，如数制、门电路、布尔代数、运算电路等。这章的内容对已有这方面知识的读者，将起到复习和系统化的作用。对于未曾接触过这些内容的，则可起到指出应如何自学以补足所缺基础知识的作用。

§1—1 数制(Number Systems)

数制是人们利用符号来计数的科学方法。数制可以有很多种，但在计算机的设计与使用上常使用的则为十进制、二进制、八进制和十六进制。

1.数制的基与权：数制所使用的数码的个数称为基；数制每一位所具有的值称为权。

十进制(Decimal System) 十进制的基为“十”，即它所使用的数码为0、1、2、3、4、5、6、7、8、9，共有十个。十进制各位的权是以10为底的幂，如下面这个数：

5	2	3	7	9	1
10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0
十万	万	千	百	十	一

其各位的权为个、十、百、千、万、十万，即以十为底的0幂、1幂、2幂、3幂……等。故有时为了说话简便而顺次称其各位为0权位、1权位、2权位、3权位等。

二进制(Binary System)　二进制的基为“二”，即其使用的数码为0、1，共二个。

二进制各位的权是以2为底的幂，如下面这个数：

1	1	0	1	1	1
2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
三十二	十六	八	四	二	一

其各位的权为一、二、四、八……，即以二为底的0次幂、1次幂、2次幂、3次幂……等。故有时也顺次称其各位为0权位、1权位、2权位……等。

八进制 (Octave System)　八进制的基为“八”，即其数码共有八个：0、1、2、3、4、5、6、7。八进制的权为以8为底的幂，有时也顺次称其各位为0权位、1权位、2权位等。

十六进制(Hexadecimal System)　十六进制的基为“十六”，即其数码共有十六个：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。十六进制的权为以16为底的幂，有时也称其各位的权为0权、1权、2权等。

在微型计算机中这些数制都是常用到的，但在本书后面的内容中，二进制和十六进制更为常用，希初学者注意。

2.为什么要用二进制　电路通常只有两种稳态：导通与

阻塞，饱和与截止，高电位与低电位等。具有两个稳态的电路称为二值电路。因此，用二值电路来计数时，只能代表二个数码：0和1。如以1代表高电位，则0代表低电位，所以，采用二进制，就可以利用电路进行计数工作。而用电路来组成计算机，则有运算迅速、电路简便、成本低廉等优点。

3.为什么要用十六进制　用十六进制既可简化书写，又便于记忆。如下列一些等值的数：

$$1000_{(2)} = 8_{(16)}$$ （即八）

$$1111_{(2)} = F_{(16)}$$ （即十五）

$$11\ 0000_{(2)} = 30_{(16)}$$ （即四十八）

$$1111\ 1001_{(2)} = F9_{(16)}$$ （即二百四十九）

可以看出用十六进制，可以写得短些，也更易于记忆。试看一下，是记 $F9_{(16)}$ 容易呢？还是记 1111 1010 容易呢？尤其是，当二进制位数很多时，更可看到十六进制的优点了。如：

$$1010\ 1101\ 1000\ 0101_{(2)} = AD85_{(16)}$$

显然，记 $AD85_{(16)}$ 要比记十六位的二进制数容易得多了。

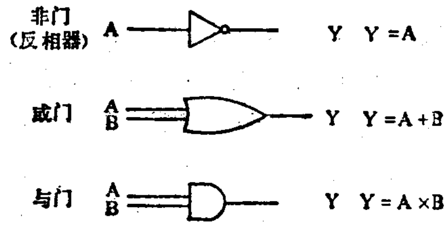
上面书写的意义：在数字后面加上（2）和（16）是指二进制和十六进制。同理如写（8）和（10）则表示为八进制和十进制。也有用字母符号来表示这些数制的：

B——二进制，　H——十六进制，　D——十进制，O——八进制。

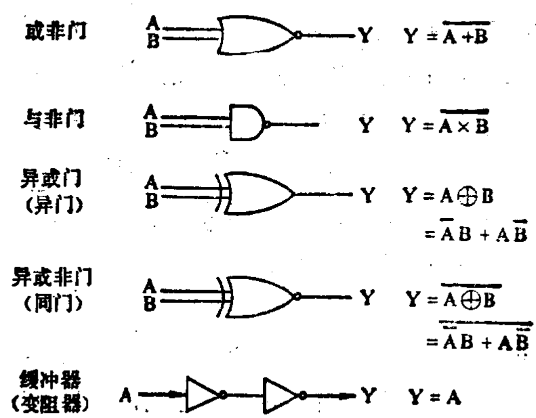
§1—2　逻辑电路(Logic Circuit)

这里只介绍门电路的名称、符号及其代数表达式。下面

是门电路的三个基本元素（或称判定元素）：



在这三个基本元素上可以构成其它常用的门电路：



最后一个，叫做缓冲器(Buffer)，实为二个非门串联以达到改变阻抗的目的，在A点左边的电路的输出阻抗很高的话，则经过两个非门之后，在Y点处的输出阻抗就可以变得低许多倍。这样，就提高了带负载的能力。

§1—3 布尔代数(Boolean Algebra)

布尔代数亦称开关代数或逻辑代数。也和一般代数一样，可以写成下面这样的表达式：

$$Y = f\,(A、B、C、D)$$

但它有二个特点：

第一，其中的变量 A、B、C、D……等均只有二种可能的数值：0 或 1。所以，如用于开关电路上，则：

0 代表开（断路）或低电位

1 代表关（通路）或高电位

如用逻辑推理，则：

0 代表错误（伪）

1 代表正确（真）

第二，函数 f 只有二种基本方式："或"运算和"与"运算。下面分别讲这两种运算的规律。

1. "或"运算（Y = A + B） 由于A与B只有 0 或 1 的可能取值，所以可以将其各种可能结果列写如下：

$$Y = 0 + 0 = 0 \longrightarrow Y = 0$$

$$\left.\begin{array}{l} Y = 0 + 1 = 1 \\ Y = 1 + 0 = 1 \\ Y = 1 + 1 = 1 \end{array}\right\} \longrightarrow Y = 1$$

第四个式子与一般的代数加法不符，这是因为Y也只能有二种数值：0 或 1。

上面四个式子可归纳成二句话，两者皆伪者则结果必伪，

有一为真者则结果必真。这个结论也可推广至多变量：A、B、C、D……。各变量全伪者则结果必伪，有一为真者则结果必真。写成表达式如下：

设　$Y=A+B+C+D+\cdots\cdots$

则　$Y=0+0+\cdots\cdots+0=0\longrightarrow Y=0$

$$\left.\begin{array}{l}Y=1+0+\cdots\cdots+0=1\\Y=0+1+\cdots\cdots+0=1\\\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\\Y=1+1+1\cdots\cdots+1=1\end{array}\right\}\longrightarrow Y=1$$

这意味着，在多输入的或门电路中，只要其中一个输入为1，则其输出必为1。或者说只有全部输入均为0时，输出才为0。

2.“与”运算（$Y=A\times B$）　根据A和B的可能取值（0或1）可以列写出下列各种可能的运算结果：

$$\left.\begin{array}{l}Y=0\times0=0\\Y=1\times0=0\\Y=0\times1=0\end{array}\right\}\longrightarrow Y=0$$

$$Y=1\times1=1\longrightarrow Y=1$$

这种运算结果也可归纳成二句话：二者为真者结果必真，有一为伪者结果必伪。同样，这个结论也可推广至多变量：各变量均为真者结果必真，有一为伪者结果必伪。写成表达式如下：

设：$Y=A\times B\times C\times D\times\cdots\cdots$

则：$\left.\begin{array}{l} Y = 0 \times 0 \times \cdots\cdots \times 0 = 0 \\ Y = 1 \times 0 \times \cdots\cdots \times 0 = 0 \\ Y = 0 \times 1 \times \cdots\cdots \times 0 = 0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}\right\} \longrightarrow Y = 0$

$$Y = 1 \times 1 \times 1 \cdots\cdots \times 1 = 1 \longrightarrow Y = 1$$

这意味着，在多输入与门电路中，只要其中一个输入为0，则输出必为0，或者说，只有全部输入均为1时，输出才为1。

3.反码　因为布尔代数的变量A、B等只能取0或1的值。所以当A取值为0时，则其反码$\overline{A}$必为1；反之，A取值为1时，则其反码$\overline{A}$必为0。写成变量的形式就有：

$$\overline{A} = A\text{的反码}$$

非门的输出变量与其输入变量就是互为反码。

*4.摩根定理

第一定理：和的反码等于反码的积。其表达式可写成：

$$\overline{A + B} = \overline{A} \times \overline{B}$$

推广至多变量，可写成：

$$\overline{A + B + C + \cdots\cdots} = \overline{A} \times \overline{B} \times \overline{C} \times \cdots\cdots$$

第二定理：积的反码等于反码的和。其表达式可写成：

$$\overline{A \times B} = \overline{A} + \overline{B}$$

推广至多变量1可写成：

$$\overline{A \times B \times C \cdots\cdots} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \cdots\cdots$$

这两个定理在逻辑电路推导与化简过程是十分有用的。

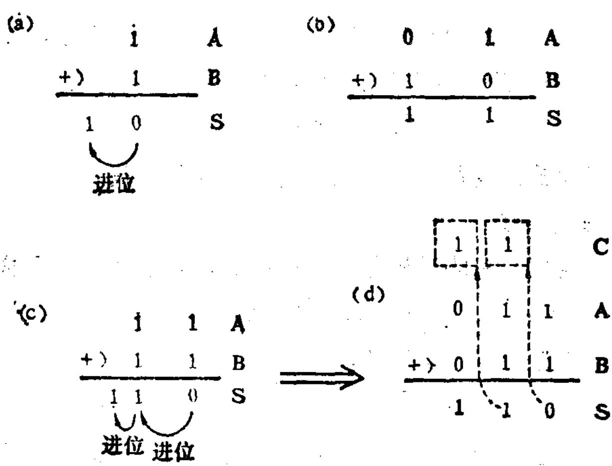
---

* 初学者可先不阅读此段。

§1—4 二进制数的运算电路

作为算术的基本运算，众所周知，是有四种算法：加、减、乘和除。在微型计算机中常常只有加法电路。这是为了使硬件结构简单而成本较低。不过，只要有了加法电路，也能完成算术的四种基本运算。

1. 二进制数的相加　两个二进制数相加的几个例子：



例 a 中，加数A和被加数B都是一位数，其和S变成二位的，这是因为相加结果产生进位之故。

例 b 中，A和B都是二位的，相加结果S也是二位的，因为相加结果不产生进位。

例 c 中，A和B都是二位的，相加结果S是三位的，这也

是产生了进位之故。

例d中，是例C的另一种写法，以便看出"进位"究竟是什么意义。第一位（或称0权位）是不可能有进位的，要求参与运算的就只有二个数 A_0 和 B_0，其结果为 S_0。第二位（或称1权位）就是三个数 A_1、B_1 及 C_1 参与运算了。其中 C_1 是由于第一位相加的结果产生的进位。此三个数相加的结果其总和为 $S_1=1$，同时又产生进位 C_2，送入下一位（第三位）。第三位（或称2权位）也是三个数 A_2、B_2 及 C_2 相加参加运算。由于 A_2 及 B_2 都是0，所以 C_2 即等于第三位的相加结果 S_2。

从上几例的分析可得下列结论：

（1）两个二进制数相加时，可以逐位相加。如二进制数可以写成：

$$A = A_3A_2A_1A_0$$

$$B = B_3B_2B_1B_0$$

则从最右边第一位（即0权位）开始，逐位相同，其结果可以写成：

$$S = S_3S_2S_1S_0$$

其中各位是分别求出的：

$$S_0 = A_0 + B_0 \longrightarrow \text{进位 } C_1$$

$$S_1 = A_1 + B_1 + C_1 \longrightarrow \text{进位 } C_2$$

$$S_2 = A_2 + B_2 + C_2 \longrightarrow \text{进位 } C_3$$

$$S_3 = A_3 + B_3 + C_3 \longrightarrow \text{进位 } C_4$$

而最后所得的和就是：

$$C_4S_3S_2S_1S_0 = A + B$$

（2）右边第一位相加的电路要求：

输入量为两个，即 A_0 及 B_0，

输出量为两个，即 S_0 及 C_1

这样的一个二进制位相加的电路称为半加器（Half Adder）。

（3）右边第二位开始，各位可以对应相加。各位对应相加时的电路要求：

输入量为三个，即 A_i，B_i，C_i

输出量为二个，即 S_i C_{i+1}

其中 $i=1$、2、3……n。这样的一个二进制位相加的电路称为全加器(Full Adder)。

2. 半加器电路（Half Adder） 要求：有二个输入端，以供二个代表数字（A_0、B_0）的电位输入；有二个输出端，用以输出总和 S_0 及进位C_1。

这样的电路可能出现的状态可以用图1—1中的表表示出来。此表在布尔代数中称为真值表(True Table)。

考察一下 C_1 与 A_0 及 B_0 之关系，即可看出这是“与”的关系，即：

$$C_1 = A_0 \times B_0$$

再看一下 S_0 与 A_0 及 B_0 之关系，也可看出这是“异或”的关系，即：

$$\begin{aligned} S_0 &= A_0 \oplus B_0 \\ &= \bar{A}_0 B_0 + A_0 \bar{B}_0 \end{aligned}$$

即只有当 A_0 及 B_0 二者相异时，才起到或的作用；二者相同时，则其结果为0。因此，可以用“与门”及“异或