邮电高等函授教材

脉冲数字电路与数字逻辑

下册

张 毅 主编

人民邮电出版社

邮电高等函授教材

脉冲数字电路与数字逻辑

下　册

张　毅　主编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是在邮电高等函授试用教材《脉冲电路》和《数字电路与逻辑设计》的基础上，总结提高，并结合教学实践以及近年来国内外数字脉冲技术的发展情况编写而成的，分上、下两册出版。

下册（本册）内容包括：数制与编码，逻辑代数，组合逻辑电路，集成触发器，时序逻辑电路，大规模集成电路，数模和模数转换。

本书深入浅出地阐述了脉冲数字技术中的基本概念、基本理论、基本分析和设计方法，较详细地介绍了目前数字系统中常用的中、大规模集成部件的工作原理和应用。每章编有"自学指导"，书中并插入了许多例题，理论与实际结合较好，文字通顺易懂，适于自学。

本书是邮电高等函授电信工程各专业共用的技术基础课教材，也可供同类院校相关专业的师生和在职工程技术人员作为参考用书。

脉冲数字电路与数字逻辑

下　册

张　毅　主编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：850×1168　1/32　1987年6月第一版

印张：15 28/32　页数：254　1987年6月北京第一次印刷

字数：420千字　印数：1—8 000 册

统一书号：15045·总 3424—教752

定价：2.65元

目　　录

第六章　数制与编码

第七章　逻辑代数

第八章　组合逻辑电路

第九章 集成触发器

第十章 时序逻辑电路

第十一章 大规模集成电路

第十二章 数模和模数转换

第六章 数制与编码

自学指导

本章讲述电子数字系统中常用的几种数制和编码。其重点是：二进制数和二进制数的运算；各种数基之间的转换；8421、2421和余3三种BCD码及8421 BCD数的算术运算；循环码和奇偶校验码。

学完本章后，对于数制部分要求：

1．了解位置记数法和“权”的概念。

2．能写出任意进制数的按权展开式。

3．会用二进制表示任意数值。

4．会进行二进制数的算术运算。

5．能将一种数基转换成另一种数基。

对于编码部分要求：

1．熟悉8421 BCD、2421 BCD和余3 BCD码。

2．会用BCD码对十进制数进行编码。

3．能进行8421 BCD数的加法运算。

4．能进行二进制码与循环码的相互转换。

5．会配置奇偶校验位。

6-1 数 制

电子数字系统是由只具有“0”和“1”两种逻辑状态的器件组成的，它只能识别“0”和“1”两种符号。因此，在电子数字系统中广泛采用二进制。可是人们在日常生活中习惯于用十进制，当要利用电

子数字设备对十进制数进行处理时，必须先把它转换成二进制，最后，为了便于人们识别，还要把用二进制表示的处理结果转换成十进制。此外，由于用二进制记数法表示一个较大的数值时，需要的位数很多，在人机联系中，书写和识别都很不方便，为了使表示一个数值所需的位数减少，于是又引进了一些便于与二进制互换的其它数制，例如八进制等。因此，数制是学习数字技术必须具备的基础知识。

6-1.1 十进制数

十进制数有以下**两个特点**：

1．十进制数的每一位可能出现的不同数码有十个，即 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9。

2．十进制是**逢十进一**，每位计满十就向高一位进一。它是以10为数基。

因此，十进制数中不同位置上的数码表示的意义是不同的。例如，十进制数 5555，各位的数码都是 5，但左起第一位的 5 表示 $5\times1000=5000$，第二位的 5 表示 $5\times100=500$，第三位的 5 表示 $5\times10=50$，第四位的 5 表示 $5\times1=5$。以上各位的乘数 1000，100，10和 1 称为各相应数位的**权或位权**，权所乘上的一个数（如本例中各位的 5）称为**系数**。系数乘上权叫做**加权系数**。十进制数的数值**就是该数各位加权系数之和**。因此，本例十进制数 5555 可以写成：

$$5555=5\times1000+5\times100+5\times10+5\times1$$

通常写成：

$$5555=5\times10^{3}+5\times10^{2}+5\times10^{1}+5\times10^{0}$$

这种把数按权展开的表示式称为按权展开式。

上面讨论的是十进制整数。同理，可推得十进制小数各位的权。在十进制小数中，小数点后面从第一位起依次为十分位、百分位、千分位……。由此可知，小数点后从左至右各位的权，即依次为 10^{-1}，10^{-2}，10^{-3}，……。十进制纯小数和带小数同样都可以按权

展开，写成各位加权系数之和。

例 6-1 将十进制纯小数 0.302 和带小数的十进制数 671.23 分别写成按权展开式。

解： $0.302=3\times10^{-1}+0\times10^{-2}+2\times10^{-3}$

$671.23=6\times10^{2}+7\times10^{1}+1\times10^{0}+2\times10^{-1}+3\times10^{-2}$

通过上面的分析可以推得，任意一个十进制数 S 的按权展开式都可以表示为

$$\begin{aligned}S&=k_n10^n+k_{n-1}10^{n-1}+\cdots\cdots+k_210^2+k_110^1+k_010^0\\&\quad+k_{-1}10^{-1}+k_{-2}10^{-2}+\cdots\cdots+k_{-m}10^{-m}\\&=\sum_{i=n}^{-m}k_i10^i=\sum_{i=n}^{0}k_i10^i+\sum_{i=-1}^{-m}k_i10^i\end{aligned}\tag{6-1}$$

式（6-1）中，S 代表包含若干位的任意十进制数；i 表示数位，n 和 m 均为正整数；k_i 表示 S 中第 i 位的数码（i 位权的系数），k_i 可以是 0～9 十个数码的任意一个数码，但要由 S 决定；$\sum\limits_{i=n}^{0}k_i10^i$ 为 S 中整数部分各位加权系数之和，$\sum\limits_{i=-1}^{-m}k_i10^i$ 为 S 中小数部分各位加权系数之和。

式（6-1）表明：

（1）对于任意带小数位的十进制数，其按权展开式总是整数部分各位加权系数之和加上小数部分各位加权系数之和。

显然，任意十进制整数 S 的按权展开式就是式（6-1）中等号右边的第一个和项，即

$$S=\sum_{i=n}^{0}k_i10^i$$

而任意十进制纯小数 S 的按权展开式则为式（6-1）中等号右边的第二个和项，即

$$S=\sum_{i=-1}^{-m}k_i10^i$$

（2）**十进制数各位的权都是数基 10 的幂**，整数各位的权是 10 的正幂，小数各位的权是 10 的负幂。

（3）各位的权值是从它们在数中所处的位置得出的，例如数位 $i=2$ 时，该位的权就是 10^2；$i=0$ 时，其权就是 10^0。数位上的数码乘上该位的权值，才是该位数码所代表的真实数值。数的这种表示法叫做**位置记数法**。十进制就是采用**位置记数法**。

6-1.2 二进制数

与十进制数相类似，二进制数也有以下**两个特点**：

1. 二进制数的每一位可能出现的不同数码只有二个，即 0 和 1。

2. 二进制是**逢二进一**，每位满二就向高一位进一。它是以 2 为数基。

因此，二进制数中不同位上的数码所表示的意义也是不同的。例如一个四位二进制数 1111，左起第一位的 1 表示 1×2^3，第二位的 1 表示 1×2^2，第三位的 1 表示 1×2^1，第四位的 1 表示 1×2^0。所以，二进制数 1111 可以写成

$$1111=1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$$

这里 2^3，2^2，2^1 和 2^0 就是四位二进制整数中相应各数位的权。

由此可知，二进制也是采用**位置记数法**。任意一个二进制数的等值十进制数值也就是它的各位加权系数之和，因而二进制数也可以写成按权展开式。与十进制数所不同的是：**二进制数各位的权都是数基 2 的幂**，其整数各位的权是 2 的正幂，小数各位的权是 2 的负幂；权所乘的系数只能是 0 或 1 。

例 6-2 将二进制数 1101，0.101，11.011 分别写成按权展开式，并求出它们的等值十进制数值。

解：$1101=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=13$

$0.101=1\times2^{-1}+0\times2^{-2}+1\times2^{-3}=0.625$

$11.011=1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}$

$$=3.375$$

此例表明，任意一个二进制数S也都可以写成如下形式的按权展开式：

$$S=k_n2^n+k_{n-1}2^{n-1}+\cdots\cdots+k_22^2+k_12^1+k_02^0$$
$$+k_{-1}2^{-1}+k_{-2}2^{-2}+\cdots\cdots+k_{-m}2^{-m}$$
$$=\sum_{i=n}^{-m}k_i2^i=\sum_{i=n}^{0}k_i2^i+\sum_{i=-1}^{-m}k_i2^i \qquad (6\text{-}2)$$

式（6-2）中的S代表包含若干位的任意二进制数；i表示数位，n和m均为正整数；k_i可为0或1，但要由S决定；$\sum\limits_{i=n}^{0}k_i2^i$为$S$中整数部分各位加权系数之和，$\sum\limits_{i=-1}^{-m}k_i2^i$为$S$中小数部分各位加权系数之和。

式（6-2）表明，任意一个带小数位的二进制数，其按权展开式也总是整数部分各位加权系数之和加上小数部分各位加权系数之和。

如果S为二进制纯整数，则式（6-2）就变成

$$S=\sum_{i=n}^{0}k_i2^i$$

如果S为二进制纯小数，则式（6-2）变成

$$S=\sum_{i=-1}^{-m}k_i2^i$$

将式（6-1）和式（6-2）比较一下便可看出，两个式子除数基不同外，形式上是完全相似的。如果用J来表示任意进制的数基（J可为任意正整数），则任意一个J进制数S都可表示为

$$S=k_nJ^n+k_{n-1}J^{n-1}+\cdots\cdots+k_2J^2+k_1J^1+k_0J^0$$
$$+k_{-1}J^{-1}+k_{-2}J^{-2}+\cdots\cdots+k_{-m}J^{-m}$$

$$=\sum_{i=n}^{-m} k_i J^i = \sum_{i=n}^{0} k_i J^i + \sum_{i=-1}^{-m} k_i J^i \tag{6-3}$$

式（6-3）就是任意进制数按权展开的一般表示式。J 为 10，它就是十进制数的按权展开式；J 为 2，它就是二进制数的按权展开式；J 为8，它就是八进制数的按权展开式。

以上分析表明，任意 J 进制都是采用位置记数法，因而具有以下共同规律：

（1）任意一个 J 进制数，它的每一位可能出现的数码有 J 个，即 0，1，2，……，($J-1$)。

（2）J 进制就是**逢 J 进一**，即以 J 为数基。

（3）J 进制数中，各数位都被赋予与其位置相应的权值。各位的权都是数基 J 的幂，其整数各位的权为 J 的正幂，小数各位的权为 J 的负幂。

（4）任意一个 J 进制数的数值就是该数中各位加权系数之和。

上面已经讨论了两种数制：二进制和十进制，使用时为了便于区别，通常采用附加下标的方法，即在数的最低位的右下角标注该数的数基。例如 10_{10} 表示是十进制数，即为十进制的 10；10_2 则表示是二进制数，它等值于十进制的 2。其它进制的数也按这种方法表示。在不致引起混淆的情况下，也可以省去下标。

6-1.3 二进制数的运算

二进制数的四则运算方法和十进制数的四则运算方法是相同的。但要记住它们之间的一个原则差别，即在**十进制数的运算**中，是按“**逢十进一**”、“**借一当十**”的规则进行的，而在**二进制数的运算**中，则是按“**逢二进一**”、“**借一当二**”的规则进行的。下面将二进制的加法、减法和乘法规则分别列出：

加法规则	减法规则	乘法规则
$0+0=0$	$0-0=0$	$0\times0=0$
$0+1=1$	$0-1=1$并向高位借一	$0\times1=0$

$1+0=1$	$1-0=1$	$1\times 0=0$
$1+1=0$并向高位进一	$1-1=0$	$1\times 1=1$

掌握了这几个规则，就可以正确地进行任何二进制数的四则运算。下面分别举例说明二进制数的加、减、乘、除运算方法。

1．加法运算

例 6-3 试求 $1011_2+1010_2=?$

解：

$$\begin{array}{r} 1011 \\ +\ 1010 \\ \hline 10101 \end{array}$$

$$\therefore\ 1011_2+1010_2=10101_2$$

2．减法运算

例 6-4 试求 $1101_2-1010_2=?$

解：

$$\begin{array}{r} 1101 \\ -\ 1010 \\ \hline 0011 \end{array}$$

$$\therefore\ 1101_2-1010_2=0011_2$$

3．乘法规则

例 6-5 试求 $1010_2\times 110_2=?$

解：

$$\begin{array}{r} 1010 \\ \times\ 110 \\ \hline 0000 \\ 1010 \\ +\ 1010 \\ \hline 111100 \end{array}$$

$\therefore\ 1010_2\times 110_2=111100_2$

需要注意，因二进制数每一位只有 0 和 1 两个数码，所以在二进制数的乘法中，遇乘数为 0 时，乘得的部分积就为 0 ，遇乘数为 1 时，乘得的部分积就为被乘数，但要将它按乘数位正确定位，即正确向左移位。然后将这些部分积相加即得最后的乘积。数字计算机作二进制乘法运算时，虽然作了不同的安排，但仍然是遵循上述运算规律的。

4. 除法运算

除法是乘法的逆运算，可利用二进制乘法和减法规则进行。

例 6-6 试求 $1111110_2 \div 110_2 = ?$

解：

```
        10101
     ────────
110 ) 1111110
     -110
     ────────
        111
     -  110
     ────────
         110
     -   110
     ────────
         000
```

∴ $1111110_2 \div 110_2 = 10101_2$

6-1.4 八进制数

前面曾经指出，用二进制记数法表示一个较大的数值时，需要的位数很多。例如用二进制表示 100_{10}，就需要七位二进制数字，因 100_{10}的等值二进制数为 1100100_2。如果改用较大数基的数制来表示，所需的位数就可以减少。例如用数基为八的 8 进制数来表示，即为 $100_{10} = 144_8$。可见，用数基越大的数制表示同一数值时，所需的位数越少。此外，在下面 6-1.5 中将可看到，由于八进制的