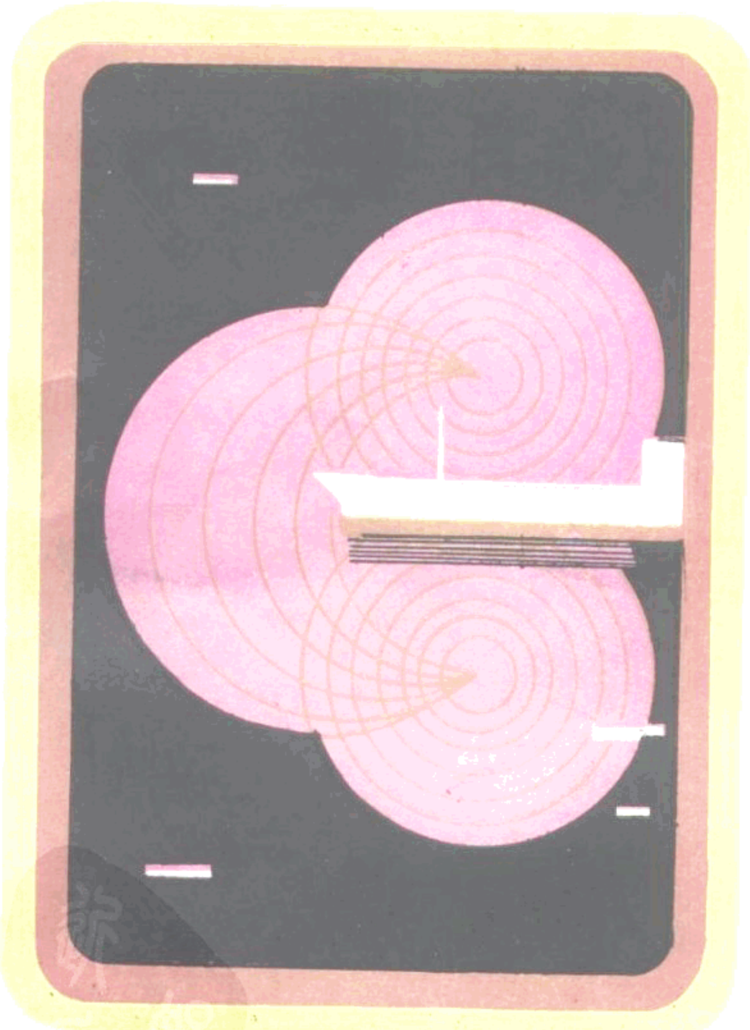
高等学校试用教材

# 造船数控设备

（造船工艺及设备专业用）

徐惠国 涂起超 吕新华 徐兆康 编



人民交通出版社

264516

U665.26
X75

高 等 学 校 试 用 教 材

# 造 船 数 控 设 备

Zaochuan Shukong Shebei

（造船工艺及设备专业用）

徐惠国 涂起超
吕新华 徐兆康 编

船舶工程学院 中文藏书 图书馆

人 民 交 通 出 版 社

## 内 容 提 要

本书共分两篇。第一篇为数字电路基础，主要内容包括：数的表示方法，逻辑代数，基本单元电路（逻辑门和触发器），各种逻辑部件及脉冲的产生、整形、分频和同步等。第二篇为数字控制装置，其内容主要是在介绍数控装置的一般结构、分类和常用部件的基础上，分析“数控气割机”和“数字—程序控制肋骨冷弯机”的逻辑线路和工作原理。

本书为高等学校造船工艺及设备专业的试用教材，亦可供中等专业学校师生和有关技术人员参考。

川92/03

高等学校试用教材
造船数控设备
（造船工艺及设备专业用）
徐惠国 涂起超
吕新华 徐兆康 编
人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印
开本：787×1092 1/16 印张：22 字数：537千
1986年6月 第1版
1986年6月 第1版 第1次印刷
印数：0001—800 册 定价：3.60元

# 编 者 的 话

《造船数控设备》经中国造船工业总公司船舶工程类教材编审组于1984年3月在武汉召开的会议评审，被定为全国高等学校船舶类专业试用教材。

本书主要介绍两方面的内容。一是数字电路基础知识：包括数的表示方法及运算，逻辑代数，基本单元电路（逻辑门和触发器），各种基本逻辑部件，脉冲的产生、整形、分频和同步。二是造船数控装置：在介绍数控装置的一般结构、分类和常用部件的基础上，重点剖析"数控气割机"和"数字—程序控制肋骨冷弯机"两个典型的造船数控设备。

全书紧紧围绕数控装置这个实体，系统地介绍数控基础知识，既有一定的理论深度，又能紧密结合实际。在内容上，以集成电路为主体，突出逻辑功能这个重点，并着力于逻辑设计和分析能力的培养。在文字上，力求做到思路清晰，概念清楚，语言精练，通俗易懂，便于自学。

本书不仅可作为船舶类专业教材使用，对其它专业学生学习数控技术也有参考价值，而且还可作为船厂有关专业人员的技术参考书。

本书由武汉水运工程学院船舶工程系造船工艺教研室徐惠国编写第一、二、三、四、五、六、七章，涂起超编写第八、九、十章，吕新华、徐兆康编写第十一章。编写中，郑绍春对本书的部分章节进行了校阅。本书由徐惠国负责主编，由镇江船舶学院颜本慈副教授负责主审，虞平良、黄联芳参加审稿。

由于我们水平有限，时间仓促，错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

# 目　录

## 第一篇　数字电路基础





此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

## 第二篇 数字控制装置

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

# 第一篇　数字电路基础

## 第一章　数制和码制

数控装置中，选择什么样的数制表示数，对机器的结构和性能有着很大的影响。数控装置中常用的数有二进制、八进制等。本章重点叙述二进制数的表示、特点及二进制数与十进制数的换算；机器中数码的实际表示法和运算规则；二—十进制编码等。

### 第一节　进位计数制

远在古代，人们计数采用的是无位权计数法。这种计数方法的特点是数码表示数的数值大小与数码所处的位置无关。在这种表示方法中，多大数值的数就要用多少个数码，显然是太麻烦了。

现代普遍采用的进位计数制则属于有位权计数法。以广泛使用的十进制为例，它是用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个有限的数码组合起来表示一个数。它的特点是每个数码处在不同位置（个、十、百、千……等不同数位）时所代表的数值是不同的。

例如，十进制数465.78代表着：

$$465.78 = 4\times(10)^2 + 6\times(10)^1 + 5\times(10)^0 + 7\times(10)^{-1} + 8\times(10)^{-2}$$

这个式子称为十进制数的按权展开式。一个任意的十进制数 $S$ 都可表示为：

$$S = K_n\times(10)^n + K_{n-1}\times(10)^{n-1} + \cdots\cdots + K_1\times(10)^1 + K_0\times(10)^0 + K_{-1}\times(10)^{-1} + \cdots\cdots + K_{-m}\times(10)^{-m} = \sum_{i=-m}^{n} K_i\times(10)^i \qquad (1\text{-}1\text{-}1)$$

式中，$K_i$ 可以是0、1、2、……、9十个数码中的任意一个，$n$ 和 $m$ 为正整数。括号内的10称为进位计数制的基数。

某种进位计数制的基数是它可能用的数码个数，且每一数位计满到基数后就向高位进一。十进制数可以使用十种数码，计数是'逢十进一'，故称十进制。

进位计数制中，数码处在不同数位时所代表的数值大小不同。上式中，$(10)^n$、$(10)^{n-1}$、……、$(10)^1$、$(10)^0$、……$(10)^{-1}$……$(10)^{-m}$ 被称为十进制数中各位的“权”。

十进制不是唯一的进位计数制。计时和测角采用六十进制，痾老秤计重采用十六进制。而数控装置中广泛采用的是二进制和八进制。

凡进位计数制数都可表示为按权展开式：

$$S = K_n\times(J)^n + K_{n-1}\times(J)^{n-1} + \cdots\cdots + K_1\times(J)^1 + K_0\times(J)^0 + K_{-1}\times(J)^{-1} + \cdots\cdots + K_{-m}\times(J)^{-m} = \sum_{i=-m}^{n} K_i\times(J)^i \qquad (1\text{-}1\text{-}2)$$

式(1-1-2)和(1-1-1)不同的是，基数 $J$ 不一定是十，它可以是等于或大于二的任意正整数。对于基数为 $J$ 的进位计数制数，其按权展开式中的 $K_i$ 可以是 0、1、2、……、$(J-1)$ 中的任意一个数码，它在计数进位时，“逢 $J$ 进一”。

例如，基数 $J=8$，那就是八进制，每位能取用的数码是 0、1、2、……、7 中的任意一个，而且计数进位时是“逢八进一”。

由进位计数制数的按权展开式还可以发现一个普遍规律：它们各数位的“权”值自右至左其相邻两位，高位是低位的 $J$ 倍。这一规律对进位计数制数的运算是很有用的。

## 第二节　二进制数的表示、运算及其特点

数控装置中，广泛采用的是二进制数。二进制的基数是二，它只能用“0”和“1”两个数码，进位时“逢二进一”。

显然，用一位二进制数只能表示“0”和“1”两个数值。用二进制数表示十进制的“2”，就得用两位。即$(2)_{十}=(10)_{二}$（括号外右下角的注脚表示采用的进位计数制的基数）。这就是说，二进制中的“10”已不是十进制的“十”，而是“二”。

一个二进制数$(K_nK_{n-1}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-m})_{二}$的按权展开式为：

$$
\begin{aligned}
&(K_nK_{n-1}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-m})\\
&=K_n\times(2)^n+K_{n-1}\times(2)^{n-1}+\cdots\cdots+K_1\times(2)^1+K_0\times(2)^0\\
&\quad+K_{-1}\times(2)^{-1}+\cdots\cdots+K_{-m}\times(2)^{-m}
\end{aligned}
\tag{1-2-1}
$$

例如　$(101.1)_{二}=1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}=(5.5)_{十}$

这就是说，十进制数5.5在二进制中是用101.1表示的。

二进制数各位的“权”，除个位$2^0$仍代表本身数值外，从个位向左的高位依次为$2^1$、$2^2$、……、$2^n$；而从个位向右的低位依次为$2^{-1}$、$2^{-2}$、……、$2^{-m}$。即各数位的数值，自右至左每位为其相邻低位的二倍。

在表1-1-1中，对几个简单数字的十进制数和二进制数作了对照。

十进制数与二进制数对照表　　表1-1-1

| 十进制 | | 二进制 | 十进制 | | 二进制 | 十进制 | | 二进制 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 0 | 8 | $2^3$ | 1000 | 16 | $2^4$ | 10000 |
| 1 | $2^0$ | 01 | 9 | | 1001 | 32 | $2^5$ | 100000 |
| 2 | $2^1$ | 10 | 10 | | 1010 | 64 | $2^6$ | 1000000 |
| 3 | | 11 | 11 | | 1011 | 0.5 | $2^{-1}$ | 0.1 |
| 4 | $2^2$ | 100 | 12 | | 1100 | 0.25 | $2^{-2}$ | 0.01 |
| 5 | | 101 | 13 | | 1101 | 0.125 | $2^{-3}$ | 0.001 |
| 6 | | 110 | 14 | | 1110 | 0.0625 | $2^{-4}$ | 0.0001 |
| 7 | | 111 | 15 | | 1111 | | | |

由表可见，在二进制中，二位数只能表示 0～3 四个数；而三位数只能表示 0～7 八个数。一般而言，一个 $K$ 位二进制数，约等于$\frac{K}{3}$位的十进制数（粗略而言，某数用二进制

表示所需位数约为用十进制表示所需位数的3倍。例如，一数 $N$，可近似写成 $2^n$ 和 $10^m$。即 $N=2^n=10^m$，则 $m=n\lg2$，故 $\dfrac{n}{m}=\dfrac{1}{\lg2}\doteq3$，也即 $n\doteq3m$）。

既然一个数采用二进制表示需用位数比采用十进制时多，而且看起来也不习惯，那么数控装置为什么不采用已为人们熟悉的十进制，而要采用二进制呢？这是因为在数控装置中采用二进制有许多好处。

第一、运算操作简便

二进制数的运算法则最简单。

加法法则

$$0+0=0$$
$$0+1=1$$
$$1+0=1$$
$$1+1=10$$

乘法法则

$$0\times0=0$$
$$0\times1=0$$
$$1\times0=0$$
$$1\times1=1$$

可见，二进制运算只需记住三个"和"与"积"的运算规律就可以了。但对于十进制运算则必须记住 $10\times\dfrac{10+1}{2}=55$ 个"和"与"积"的运算规律。由于二进制运算法则简单，采用二进制的机器，其结构和控制线路就可大为简化。

下面通过一实例来进一步熟悉多位二进制的运算。不过要注意：减法和除法分别是加法和乘法的逆运算。对加法 $1+1=10$，即"逢二进一"；对减法，当某位被减数小于减数时，要向相邻高位借1，如 $10-1=1$ 即"借一当二"。

例如 加法

$$\begin{array}{r} 1110 \\ +1011 \\ \hline 11001 \end{array}$$

减法

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -\ 101 \\ \hline 110 \end{array}$$

乘法

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times101 \\ \hline 1101 \\ 0000\phantom{0} \\ 1101\phantom{00} \\ \hline 1000001 \end{array}$$

除法

$$\begin{array}{r} 101 \text{—商} \\ 1001\overline{)110100} \\ \underline{1001}\phantom{00} \\ 10000 \\ \underline{1001} \\ 111 \text{—余数} \end{array}$$

作为一个特例，正象十进制数中乘"十"只需在原数后面添一个"零"一样，对二进制数乘"二"也只需在原数后面添一个"零"。类似地，二进制数如乘以"$2^2=4$"，只需在原数后面添两个"零"。

例如

$$(3)_{十}=(11)_{二}$$
$$(3\times2)_{十}=(110)_{二}$$
$$(3\times2^2)_{十}=(1100)_{二}$$

第二、机器表示二进制数的物理方法容易实现

二进制数只用到两个不同的数码“0”和“1”。任何具有两个稳定状态的元件（简称双稳元件）都可用来表示二进制的一位数码。如氖灯的亮和灭、继电器的通和断、电平的高和低、晶体管的饱和和截止……均可用来表示二进制的两个不同数码。同时，采用二进制数，数的贮存和传送也可采用最简单、最可靠的方式来进行，抗干扰性能也较好。

第三、采用二进制可以节省设备

用十进制表示一个数虽然用的位数较少，但想找到一个具有十个稳态的元件来表示一位十进制数是不容易的。事实上，机器即使采用十进制，仍需使用双稳态元件。而要表示一位十进制数的十个数码，至少需用四个双稳态元件。这就是说，四个双稳态元件可以表达十进制的十个数，但是却可表达二进制的十六个数。从这个意义上讲，采用二进制比采用十进制节省设备。

第四、采用二进制还可以使用逻辑代数这一数学工具来分析、综合数控装置中的数字电路，这为设计和分析数控装置提供了方便。

正因为二进制具有这些优点，因而在数控装置中普遍使用的是二进制，而不是十进制。因为人们习惯的是十进制，二进制数毕竟太长，念起来不太方便。故一般输入机器的原始数据和输出显示的结果仍采用十进制。这样，机器工作时首先要把输入的十进制数“翻译”成二进制数（俗称“十翻二”）再进行运算；而运算完毕后又必须把它还原成十进制数（俗称“二翻十”）才能将它显示出来。这就存在一个二进制数和十进制数互相转换的问题。

## 第三节　二进制数与十进制数的相互转换

### 一、二进制转换成十进制

将一个二进制数写成按权展开式然后相加，即可得到相应的十进制数。这个过程叫二—十进制转换，简称“二翻十”。

例1-3-1　$(1101.01)_{二} = 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-2}$

$= 8 + 4 + 1 + 0.25$

$= (13.25)_{十}$

### 二、十进制转换成二进制

将十进制数转换成二进制数叫十—二进制转换，简称“十翻二”。要将十进制数转换成二进制数有多种方法。

1.除2取余数法（乘2取整数法）

例1-3-2　将十进制数213换算为二进制数。

设　$(213)_{十} = (K_n K_{n-1} \cdots\cdots K_1 K_0)_{二}$

为确定系数 $K_n$、$K_{n-1}$、……$K_1$、$K_0$，可先将它展开为按权展开式：

$(213)_{十} = K_n\cdot 2^n + K_{n-1}\cdot 2^{n-1} + \cdots\cdots + K_1\cdot 2^1 + K_0\cdot 2^0$

$= 2(K_n\cdot 2^{n-1} + K_{n-1}\cdot 2^{n-2} + \cdots\cdots + K_1) + K_0$

将此式两边同除以2，可得

$$106 + \frac{1}{2} = K_n\cdot 2^{n-1} + K_{n-1}\cdot 2^{n-2} + \cdots\cdots + K_1 + \frac{K_0}{2}$$

由于等式两边相等，其整数部分和分数部分必对应相等。故有：

$$\frac{K_0}{2}=\frac{1}{2}, \qquad 即 \quad K_0=1$$

也就是说，$K_0$ 正好等于213被2除所得的余数。

同时还有：$106=K_n\cdot 2^{n-1}+K_{n-1}\cdot 2^{n-2}+\cdots\cdots+K_1$

对此式两边同时再除以2，又可得106的余数，即 $K_1=0$。

用同样方法继续做下去可得 $K_2$、$K_3$、……$K_n$各值。现将整个过程及计算结果列出：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 213 | 余数 = 1 = $K_0$ | 低位 |
| 2 | 106 | 余数 = 0 = $K_1$ | ↓ |
| 2 | 53 | 余数 = 1 = $K_2$ | |
| 2 | 26 | 余数 = 0 = $K_3$ | |
| 2 | 13 | 余数 = 1 = $K_4$ | |
| 2 | 6 | 余数 = 0 = $K_5$ | |
| 2 | 3 | 余数 = 1 = $K_6$ | |
| 2 | 1 | 余数 = 1 = $K_7$ | ↓ |
| | 0 | | 高位 |

故$(213)_{十}=(K_7K_6K_5K_4K_3K_2K_1K_0)_{二}$

$\qquad\quad=(11010101)_{二}$

例1-3-3　将十进制小数0.6875换算为二进制小数。

设　$(0.6875)_{十}=(0.K_{-1}K_{-2}\cdots\cdots K_{-m})_{二}$

为确定 $K_{-1}$、$K_{-2}$、……、$K_{-m}$ 等系数的值，可不断对等式两边同时乘2。

由　$(0.6875)_{十}=(K_{-1}\cdot 2^{-1}+K_{-2}\cdot 2^{-2}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m})$

对等式两边同时乘2可得：

$$1.3750=K_{-1}+K_{-2}\cdot 2^{-1}+K_{-3}\cdot 2^{-2}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+1}$$

则可得　$K_{-1}=1$

和　$0.3750=K_{-2}\cdot 2^{-1}+K_{-3}\cdot 2^{-2}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+1}$

再对上式两边同时乘2可得：

$$0.7500=K_{-2}+K_{-3}\cdot 2^{-1}+K_{-4}\cdot 2^{-2}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+2}$$

则又可得　$K_{-2}=0$

和　$0.7500=K_{-3}\cdot 2^{-1}+K_{-4}\cdot 2^{-2}+\cdots\cdots+K_{-m}\cdot 2^{-m+2}$

……

继续按此法做下去，可得 $K_{-1}$、$K_{-2}$……$K_{-m}$ 各系数的值，共整个运算过程及运算结果如下：

$$
\begin{array}{rl}
0.6875 & \\
\times \quad 2 & \\
\hline
\boxed{1}.3750 & \text{整数部分} = 1 = K_{-1} \quad \text{高位} \\
\times \quad 2 & \\
\hline
0.7500 & \text{整数部分} = 0 = K_{-2} \\
\times \quad 2 & \\
\hline
\boxed{1}.5000 & \text{整数部分} = 1 = K_{-3} \\
\times \quad 2 & \\
\hline
\boxed{1}.0000 & \text{整数部分} = 1 = K_{-4} \quad \text{低位}
\end{array}
$$

故 $(0.6875)_{十}=(0.K_{-1}K_{-2}K_{-3}K_{-4})_{二}=(0.1011)_{二}$

由上述二例可把用此法将十进制数换算为二进制数的步骤归纳如下：

1)十进制整数转换为二进制整数

可不断用2除之，直至所得的商是0为止。每次相除所得的余数，依次为所求二进制数由低至高的各位数码。

2)十进制小数转换为二进制小数

可对其小数部分不断乘2，直至所得之积的小数部分是0为止。每次相乘之积的整数部分，依次为所求二进制数由高至低的各位数码。

但要注意，乘2过程会出现不断乘下去，无法使小数部分是零的情况。此时，考虑到机器字长的限制，可取适当位数的近似值作为换算的结果。

3)如要转换的十进制数同时含有整数和小数两部分，则可将它们分别转换，然后相加。

例如 $(2.25)_{十}=(2)_{十}+(0.25)_{十}=(10)_{二}+(0.01)_{二}=(10.01)_{二}$

2.比较扣除法

实际上，如果能较熟练地记住二进制各位的权值，则采用比较扣除法可以更简捷地将一个十进制数转换为二进制数。

所谓比较扣除法，即把欲转换的十进制数与二进制的由高至低各位的“权值”$2^n$、$2^{n-1}$、……、$2^2$、2、1、$2^{-1}$、$2^{-2}$……逐位进行比较加以扣除，直至比较扣除到差值等于零为止，然后将每次扣除的值相加，即是其按权展开式，由按权展开式就可较方便地得到欲转换的二进制数。

例1-3-4 将十进制数53转换为二进制数。

$$
\begin{array}{lllll}
\text{比较} & 64>53>32 & & & \\
\text{扣除} & -32 & \longrightarrow & 2^5 & \longrightarrow \quad K_5=1 \\
\hline
\text{比较} & 32>21>16 & & & \\
\text{扣除} & -16 & \longrightarrow & 2^4 & \longrightarrow \quad K_4=1 \\
\hline
\text{比较} & 8>5>4 & & & \quad \boxed{K_3=0} \\
\text{扣除} & -4 & \longrightarrow & 2^2 & \longrightarrow \quad K_2=1
\end{array}
$$



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com