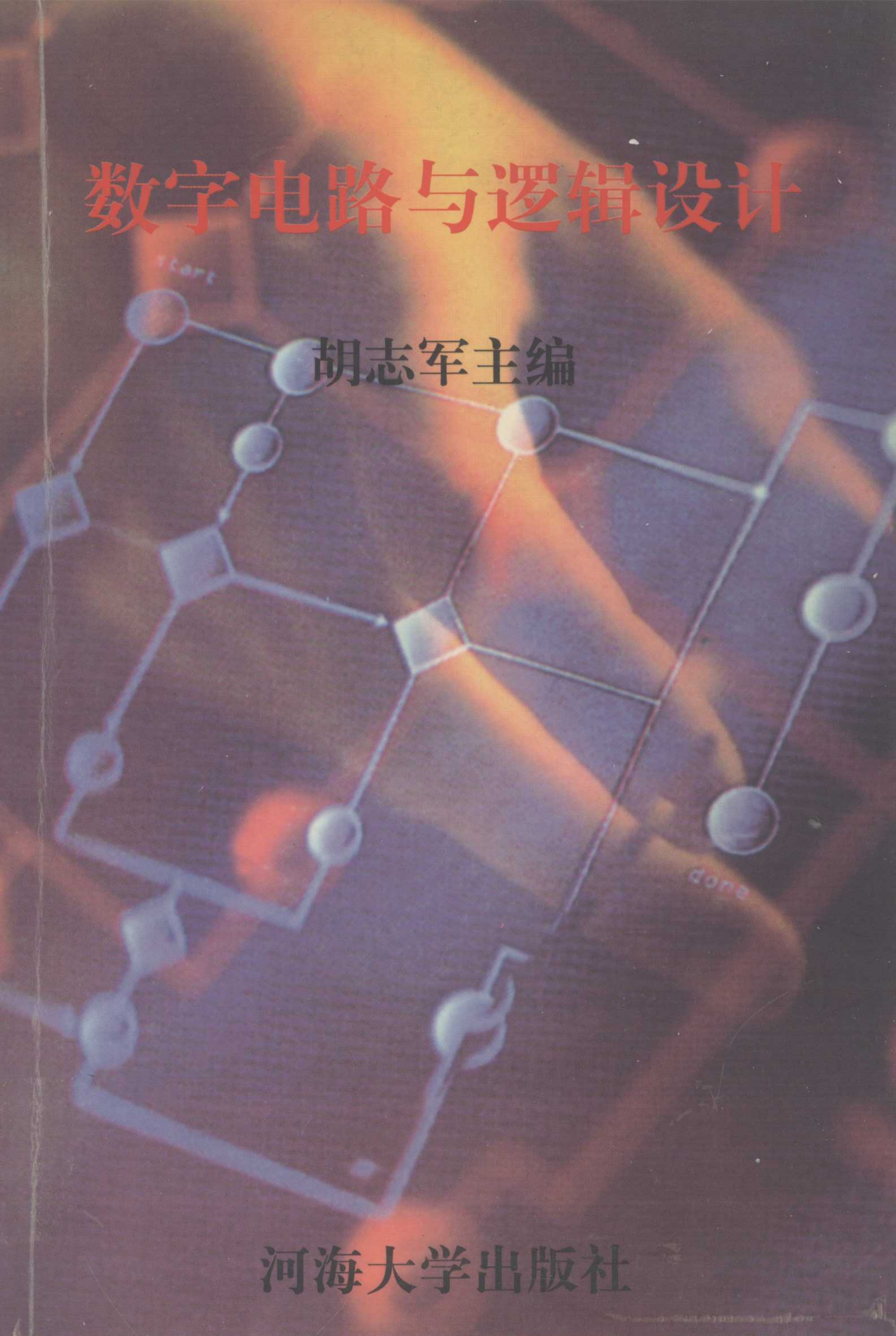
数字电路与逻辑设计

胡志军主编



河海大学出版社

数字电路与逻辑设计

胡志军　主编

河海大学出版社
南　京

图书在版编目(CIP)数据

数字电路与逻辑设计/胡志军等编著. 一南京：河海大学出版社，2000.1

ISBN 7-5630-1479-9

Ⅰ.数… Ⅱ.胡… Ⅲ.数字电路一逻辑设计一函授教育一教材 Ⅳ.TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 01773 号

河海大学出版社出版发行

(南京市西康路 1 号　邮编:210098)

扬中市印刷厂印刷　　江苏省新华书店经销

2000 年 1 月第 1 版　　2000 年 1 月第 1 次印刷

开本:850×1168 毫米　1/32　印张:8.625

字数:224 千字　　印数:1～5000 册

定价:13.00 元

前　言

《数字电路与逻辑设计》是计算机应用专业的主干课程之一。我们在组织编写本书时，立足于大专教育层次的特点，贯彻少而精的原则，理论上做到深入浅出，力求通俗易懂，注意知识的系统性，强调理论联系实际，培养学生分析问题和解决问题的能力。

全书共分八章，其中第二章介绍了逻辑代数的基本概念、基本定律、规则、常用公式以及逻辑函数的表示和化简方法，它是全书的理论基础，是分析和设计逻辑电路的数学工具。本书按照由逻辑代数到逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、大规模集成电路以及 D/A 和 A/D 转换器的顺序编写，以便将基本概念、基本分析方法和实际应用逐步引出并讨论、逐步巩固并提高，使读者易于学习和掌握。

本书由胡志军主编。其中第一章、第二章由胡志军执笔，第三章、第四章由刘俊执笔，第五章、第六章由童馨执笔，第七章、第八章由石伟执笔。

在本书的编写过程中，得到了江苏省委党校干部函授学院的大力支持和帮助，冯继生教授审阅了全书并提出了许多宝贵的意见，张景、王晓宁同志也为本书做了大量的工作，另外，我们还参考了许多专家、学者的相关文献，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作　者

1999 年 11 月

中共江苏省委党校干部函授学院教材

编审委员会

目　　录

第一章　数制与编码

在日常生活和工作中，人们习惯于用十进制数，而在数字系统和计算机中，经常采用的是二进制数和十六进制数，有些地方还用到八进制数。因此，本章着重介绍几种常用进位计数制及其转换，以及几种常见的二一十进制代码和可靠性编码。

第一节　进位计数制

按照进位原则进行计数，称为进位计数制，简称数制。

一、十进制

十进制是最为常用的进位计数制，它有 0～9 十个数码，计数基数为 10。计数规律是“逢十进一，借一当十”。数码在不同的位置代表的数值不同，这称之为“权”值。

例如，十进制数(518.78)10 可表示为：

$$(518.78)_{10}=5\times10^2+1\times10^1+8\times10^0+7\times10^{-1}+8\times10^{-2}$$

由此可见，在不同位置的数字有不同的含义。其中 10^2、10^1、10^0、10^{-1}、10^{-2}分别为各位的权值，也即相应位的数码 1 所代表的实际数值。位数越高，权值越大。因此，任意一个有 m 位整数、n 位小数的十进制数 N，都可以表示为：

$$
\begin{aligned}
N_{10} &= (K_{m-1}K_{m-2}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-n})_{10} \\
&= K_{m-1}\times 10^{m-1} + K_{m-2}\times 10^{m-2} + \cdots\cdots \\
&+ K_1\times 10^1 + K_0\times 10^0 + K_{-1}\times 10^{-1} + \cdots\cdots + K_{-n}\times 10^{-n} \\
&= \sum_{i=-n}^{m-1} K_i \times 10^i
\end{aligned}
$$

式中，K_i 为十进制数第 i 位的数码，10^i 为第 i 位的权值，m 和 n 都为正整数，m 为整数部分的位数，n 为小数部分的位数，而且 $-n\leqslant i\leqslant m-1$。

那么，对于任意进制数，都可以表示为：

$$N_R = \sum_{i=-n}^{m-1} K_i \times R^i$$

式中 K_i 为任意进制中第 i 位的数码，R 为进位基数，R^i 为第 i 位的权值，m 和 n 为正整数，m 为整数部分的位数，n 为小数部分的位数。

二、二进制

二进制数只有 0 和 1 两个数码，计数基数为 2。计数规律是“逢二进一，借一当二”。

例如，二进制数$(101.101)_2$可表示为：

$$(101.101)_2 = 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$$

其中 2^2、2^1、2^0、2^{-1}、2^{-2}、2^{-3}分别为各位的权值，也就是说二进制中不同数位的权值也不相同，其相邻各位的权值是以 2 为底的连续整数次幂，即相差一倍。因此任意一个二进制数 N 都可以表示为：

$$
\begin{aligned}
N_2 &= (K_{m-1}K_{m-2}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-n})_2 \\
&= K_{m-1}\times 2^{m-1} + K_{m-2}\times 2^{m-2} + \cdots\cdots \\
&+ K_1\times 2^1 + K_0\times 2^0 + K_{-1}\times 2^{-1} + \cdots\cdots + K_{-n}\times 2^{-n} \\
&= \sum_{i=-n}^{m-1} K_i \times 2^i
\end{aligned}
$$

式中，K_i 为二进制数第 i 位的数码，2^i 为第 i 位的权值，m 和 n 都为

正整数，m 为整数部分的位数，n 为小数部分的位数。

二进制数各位数值如表 1-1 所示。

表 1-1　二进制各位数值

i	2^i	i	2^i	i	2^i
−1	0.5	0	1	5	32
−2	0.25	1	2	6	64
−3	0.125	2	4	7	128
−4	0.0625	3	8	8	256
−5	0.03125	4	16	9	512
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

二进制数数值之间的算术运算与十进制数基本相同，差别仅在于进(借)位规律的不同。在二进制数的算术运算中，进位时“逢二进一”，借位时“借一当二”。

二进制数的算术运算规则如下所示：

加　法	减　法	乘　法	除　法
0+0=0	0−0=0	0×0=0	0÷0(无意义)
0+1=1	0−1=1(有借位)	0×1=0	0÷1=0
1+0=1	1−0=1	1×0=0	1÷0(无意义)
1+1=10(有进位)	1−1=0	1×1=1	1÷1=1

下面举例说明二进制加、减、乘、除运算：

例 1-1　求二进制数 1011 与 110 之和。

解：

$$\begin{array}{r} 1011 \\ +)\quad 110 \\ \hline 10001 \end{array}$$

所以　$(1011)_2+(110)_2=(10001)_2$

例 1-2　求二进制数 1101 与 1010 之差。

解：

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

所以　$(1101)_2-(1010)_2=(0011)_2$

例 1-3　求二进制数 1110 与 1011 之积。

解：

$$\begin{array}{r} 1110 \\ \times)\ 1011 \\ \hline 1110 \\ 1110 \\ 0000 \\ +)\ 1110 \\ \hline 10011010 \end{array}$$

所以　$(1110)_2\times(1011)_2=(10011010)_2$

例 1-4　求二进制数 11001 与 101 之商。

解：

$$\begin{array}{r} 101 \\ \hline 101)\ 11001 \\ -)\ 101 \\ \hline 101 \\ -)\ 101 \\ \hline 0 \end{array}$$

所以　$(11001)_2\div(101)_2=(101)_2$

在数字系统和计算机中，广泛采用二进制是因为二进制数在计算机中是很容易表示与实现的（它只有两个数码 0 和 1，可用逻辑元件实现），并且运算非常简单。当然二进制也有书写冗长、不便于读与记的缺点。

三、八进制

二进制数虽在计算机中容易实现，然而它最大的缺点是不便读写，与十进制数相比，表示同一个数时二进制数用的位数较多。为了弥补二进制的不足，引入了八进制。

八进制有 0～7 八个数码，其计数基数为 8，计数规律是“逢八进一，借一当八”。

例如，八进制数$(4096.78)_8$可表示为：

$$(4096.78)_8=4\times8^3+0\times8^2+9\times8^1+6\times8^0+7\times8^{-1}+8\times8^{-2}$$

其中 8^3、8^2、8^1、8^0、8^{-1}、8^{-2}分别为各位的权值。对于任意一个八进制数 N，都可以表示为：

$$\begin{aligned}N_8 &= (K_{m-1}K_{m-2}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-n})_8\\ &= K_{m-1}\times 8^{m-1}+K_{m-2}\times 8^{m-2}+\cdots\cdots\\ &\quad +K_1\times 8^1+K_0\times 8^0+K_{-1}\times 8^{-1}+\cdots\cdots+K_{-n}\times 8^{-n}\\ &= \sum_{i=-n}^{m-1}K_i\times 8^i\end{aligned}$$

式中，K_i 为八进制数第 i 位的数码，8^i 为第 i 位的权值，m 和 n 都为正整数，m 为整数部分的位数，n 为小数部分的位数。

四、十六进制

为了弥补二进制的不足，还引入了十六进制。十六进制数比二进制数位数少，便于书写和记忆，因此在计算机中经常使用。

十六进制有 0～9、A、B、C、D、E、F 十六个数码，这里十进制数的 10～15 分别用 A～F 六个英文字母表示。其计数基数为 16，计数规律是“逢十六进一，借一当十六”。

例如，十六进制数$(5A.B4)_{16}$可表示为：

$$(5A.B4)_{16}=5\times16^1+10\times16^0+11\times16^{-1}+4\times16^{-2}$$

其中，16^1、16^0、16^{-1}、16^{-2}分别为各位的权值。对于任意一个十六进制 N，都可以表示为：

$$\begin{aligned}N_{16} &= (K_{m-1}K_{m-2}\cdots\cdots K_1K_0.K_{-1}\cdots\cdots K_{-n})_{16}\\ &= K_{m-1}\times 16^{m-1}+K_{m-2}\times 16^{m-2}+\cdots\cdots\\ &\quad +K_1\times 16^1+K_0\times 16^0+K_{-1}\times 16^{-1}+\cdots\cdots+K_{-n}\times 16^{-n}\\ &= \sum_{i=-n}^{m-1}K_i\times 16^i\end{aligned}$$

式中，K_i 为十六进制数第 i 位的数码，16^i 为第 i 位的权值，m 和 n 都为正整数，m 为整数部分的位数，n 为小数部分的位数。

十进制数与二、八、十六进制数相对照如表 1-2 所示。

表 1-2　数制对照表

对照内容	十进制	二进制	八进制	十六进制
数码	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0,1	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F
计数规律	逢十进一 借一当十	逢二进一 借一当二	逢八进一 借一当八	逢十六进一 借一当十六
计数基数	10	2	8	16
权	10^i	2^i	8^i	16^i
表达式	$N_{10}=\sum_{i=-n}^{m-1} K_i\times 10^i$	$N_2=\sum_{i=-n}^{m-1} K_i\times 2^i$	$N_8=\sum_{i=-n}^{m-1} K_i\times 8^i$	$N_{16}=\sum_{i=-n}^{m-1} K_i\times 16^i$
数值表示	0	0000	0	0
	1	0001	1	1
	2	0010	2	2
	3	0011	3	3
	4	0100	4	4
	5	0101	5	5
	6	0110	6	6
	7	0111	7	7
	8	1000	10	8
	9	1001	11	9
	10	1010	12	A
	11	1011	13	B
	12	1100	14	C
	13	1101	15	D
	14	1110	16	E
	15	1111	17	F
	16	10000	20	10