登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书内容共分十章。包括数字技术基础，组合电路的分析和设计，时序电路的分析和设计，集成逻辑门和触发器，中、大规模集成电路，脉冲信号的发生和整形，A/D及D/A变换以及使用CAD技术的数字系统设计。本书注重理论和实际相结合，具有较多的设计实例，每章都有丰富的习题。

本书可作为高等工业院校的电子、通信、计算机及自动控制各专业的教材，并可供有关的工程技术人员参考。

邮电高等学校教材

数字电路与逻辑设计

徐惠民　王树堃　王占宁　编著

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

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　1990年11月　第一版

印张：$17^{16}/_{32}$　页数：280　1992年1月　河北第2次印刷

字数：460千字　印数：2 001-5 000册

ISBN7-115-04347—7/G·072

定价：5.60元

前　　言

本书是依据国家教委及邮电部颁布的关于本课程的基本要求编写的教材。

数字技术是近十几年来发展最迅速的学科之一。十几年之前，我国普遍使用的还只是小规模数字集成电路。而在今天，各种中规模数字集成电路已得到广泛的使用；通用型的大规模可编程逻辑器件如PAL、GAL等也都迅速地被实际使用；各种专用集成电路也普遍引起各行各业的注意。此外，随着计算机技术的发展，数字电路和数字系统的设计也越来越多地采用计算机辅助设计技术。

本书编写的宗旨是，一方面要满足本课程对基本理论和基本设计方法所提出的各种要求，为学生从事数字逻辑电路设计和学习专业课程打下坚实的基础；另一方面，也要考虑数字技术的近期发展，反映这些发展中所需要的基本知识和方法，以使学生能更好地适应实际工作的需要。为此，除了用相当篇幅叙述以小规模集成电路为基础的数字电路和逻辑设计技术之外，适当增强了中、大规模集成电路的内容，介绍了近年来开始得到使用的器件PAL和GAL，对专用集成电路也作了简略介绍。在最后一章中，则对如何以计算机作为工具进行数字系统的描述和设计作了初步介绍。此外，还讨论了脉冲波形的产生和变换以及数模和模数转换技术。

本书的原稿已在北京邮电学院电信工程系和计算机系多次使用。在使用中安德宁和李涵秋同志都曾提出过宝贵意见。在教材评审时，各兄弟院校的同行专家们也提出了不少中肯的意见。在此，我们表示诚挚的谢意。

本书由徐惠民主持编写。第1～4章，第8、9章由王树堃编

目　　录

第一章 数字技术基础

这一章将介绍数字技术的基础知识、数字电路中常用的计数制以及分析与设计数字逻辑电路的理论基础——逻辑代数。

1.1 数制和编码

本节从人们习惯的十进制开始，分析、推导各种不同进位制及各种进位制之间的相互转换。着重讨论数字计算机及其他数字设备中广泛采用的二进制，并介绍几种常用编码。

一、计数制

1．十进计数制

十进制数是用0～9十个基本数字符号来表示数值，通常把这些数字符号称为数码。数码处于不同的位置，代表的数值不同，称为权。例如，十进制数482.65，从小数点开始，左起第一位为个位，其权为10^0，第二位为十位，其权为10^1，第三位为百位，其权为10^2…；而从小数点起向右，则第一位为十分位，权为10^{-1}，第二位则为百分位，权为10^{-2}，因此482.65可写成：

$$482.65=4\times10^2+8\times10^1+2\times10^0+6\times10^{-1}+5\times10^{-2}$$

任意一个十进制数N都可以表示为按权展开式

$$\begin{aligned}(N)_{10}=&a_{n-1}\times10^{n-1}+a_{n-2}\times10^{n-2}+\cdots\cdots\\&+a_1\times10^1+a_0\times10^0+a_{-1}\times10^{-1}\\&+a_{-2}\times10^{-2}+\cdots+a_{-m}\times10^{-m}\end{aligned}$$

$$=\sum_{i=-m}^{n-1} a_i 10^i$$

式中n为整数的位数，m为小数的位数。a_i为0～9十个数码中任何一个，由N决定。10称为十进制的基数。所谓进位制的基数，就是在该进位制中可能用到数码的个数。十进制运算规律是逢十进一和借一当十。$(N)_{10}$中的下标为基数。表示基数为10的十进制数。

2．二进计数制

与十进制对比，二进计数制中只有0和1两个数码来表示数值，采用逢二进一和借一当二的运算规律。因进位基数是2，故称二进计数制。

在二进制中，数码1所处的位置不同表示的数值也不同，即权不同。和十进制相似，在二进制中1在某一位所表示的数，称为这一位的权。因此，二进制整数从低位到高位的权分别是2^0、2^1、2^2……，应用权的概念，可以将一个二进制数写成按权展开式。如

$$(1011)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$$

任意一个二进制数N，都可表示为

$$\begin{aligned}(N)_2&=b_{n-1}\times2^{n-1}+b_{n-2}\times2^{n-2}+\cdots\\&\quad+b_1\times2^1+b_0\times2^0+b_{-1}\times2^{-1}\\&\quad+b_{-2}\times2^{-2}+\cdots+b_{-m}\times2^{-m}\\&=\sum_{i=-m}^{n-1} b_i\times2^i\end{aligned}$$

式中b_i只能取0或1。

掌握二进制的基本要求是熟悉二进制的权（2的幂），表1-1列出了i从0到10的二进制的权。熟悉二进制的权，对估计一个较大的十进制数需用多少位二进制表示是很有帮助的。

表 1-1　　　　二进制的权

i	2^i	2^{-i}
0	1	1.0
1	2	0.5
2	4	0.25
3	8	0.125
4	16	0.0625
5	32	0.03125
6	64	0.015625
7	128	0.0078125
8	256	0.00390625
9	512	0.001953125
10	1024	0.0009765625

3．八进制与十六进制计数制

二进制便于机器识别和运算，但二进制数的位数多，读起来困难，写起来太长。为了弥补二进制书写太长的缺点，常采用八进制和十六进制。

在八进制中，基数为8。使用0～7这八个数码，采用逢八进一的运算规律。任何一个八进制数N，都可以写成按权展开式

$$(N)_8=k_{n-1}\times 8^{n-1}+k_{n-2}\times 8^{n-2}+\cdots\cdots$$
$$+k_1\times 8^1+k_0\times 8^0+k_{-1}\times 8^{-1}+\cdots+k_{-m}\times 8^{-m}$$
$$=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i\times 8^i$$

如：$(1307.4)_8=1\times 8^3+3\times 8^2+0\times 8^1+7\times 8^0+4\times 8^{-1}$

十六进制的基数为16，共有十六个数码，即0～9及A、B、C、D、E、F。符号A～F分别代表十进制数的10～15。它的运算规则是逢十六进一。任何一个十六进制数N都可以写成多项式，形式为：

$$(N)_{16}=k_{n-1}\times 16^{n-1}+k_{n-2}\times 16^{n-2}+\cdots$$
$$+k_1\times 16^1+k_0\times 16^0+k_{-1}\times 16^{-1}$$

$$+k_{-2}\times 16^{-2}+\cdots k_{-m}\times 16^{-m}=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i\times 16^i$$

例如：$(AB57.C)_{16}=A\times 16^3+B\times 16^2+5\times 16^1+7\times 16^0+C\times 16^{-1}$

上述几种进位制的规则也可以推广到任意进制R，表达如下：

R进制有R个数码，它们是0、1……($R-1$)，它的规则是以R为基数，逢R进一，其按权展开式为

$$\begin{aligned}(N)_R&=k_{n-1}\times R^{n-1}+k_{n-2}\times R^{n-2}+\cdots\cdots\\&\quad+k_1\times R^1+k_0\times R^0+k_{-1}\times R^{-1}\\&\quad+k_{-2}\times R^{-2}+\cdots\cdots+k_{-m}\times R^{-m}\\&=\sum_{i=-m}^{n-1}k_i\times R^i\end{aligned}$$

二、各进位制之间的转换

1．二进制与十进制之间的转换

（1）二进制转换为十进制

二进制转换为十进制的方法很简单，只要写出二进制的按权展开式，然后按权相加就可得等值的十进制数。

例1—1 将二进制数$(11010.01)_2$转换为等值的十进制数。

解：
$$\begin{aligned}(11010.01)_2&=1\times 2^4+1\times 2^3+0\times 2^2+1\times 2^1+0\times 2^0\\&\quad+0\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}\\&=16+8+2+0.25\\&=(26.25)_{10}\end{aligned}$$

（2）十进制转换为二进制

将十进制数转换为二进制数常用的方法是基数连除、连乘法。这种方法需要将整数和小数分开进行转换。整数转换使用基数连除法，小数转换用基数连乘法。转换后再合并。

例1—2 将十进制数$(51.625)_{10}$转换成二进制数。

解： 分两步进行

①整数部分转换

将十进制整数转换为等值二进制整数可表示为

$$(51)_{10}=(b_{n-1}b_{n-2}\cdots\cdots b_1b_0)_2$$

由于任意一个二进制数都可以写成按权展开式，上式可写成

$$(51)_{10}=b_{n-1}\times 2^{n-1}+b_{n-2}\times 2^{n-2}+\cdots\cdots+b_1\times 2^1+b_0\times 2^0$$

式中各系数b_i可能是1，也可能是0，决定于$(51)_{10}$的值。只要求出各系数b_i，转换即可完成。方法是，等式两边同除以基数2得

$$25+\frac{1}{2}=b_{n-1}\times 2^{n-2}+b_{n-2}\times 2^{n-3}+\cdots\cdots+b_1 2^0+\frac{b_0}{2}$$

等式两边相等，整数部分相等，余数部分也相等。因此

由整数部分相等得 $25=b_{n-1}\times 2^{n-2}+b_{n-2}\times 2^{n-3}+\cdots+b_1\times 2^0$

由余数部分相等得 $b_0=1$

将上面的整数（第一次除得的商）等式两边再除以2，得下式

$$12+\frac{1}{2}=b_{n-1}\times 2^{n-3}+b_{n-2}\times 2^{n-4}+\cdots\cdots+b_2\times 2^0+\frac{b_1}{2}$$

同理等式左边余数为1，即$b_1=1$，依此类推直至商为零，则得b_0、$b_1\cdots\cdots b_{n-1}$各值。其过程可以用下面的短除法辗转除以2，取余数求得：

2|51	…余数	
2|25	… 1	(b_0)
2|12	… 1	(b_1)
2|6	… 0	(b_2)
2|3	… 0	(b_3)
2|1	… 1	(b_4)
0	… 1	(b_5)

则得二进制数$(51)_{10}=(110011)_2$。

由此可见，将十进制整数不断用 2 去除，直至商为零，按从下往上（从高到低）的顺序写下余数，即为所求的二进制数。

②小数部分的转换

将十进制小数0.625转换成二进制小数，可写成下面形式

$(0.625)_{10}=(b_{-1}b_{-2}\cdots b_{-m})_2$

用按权展开式表示为：

$(0.625)_{10}=b_{-1}\times 2^{-1}+b_{-2}\times 2^{-2}+\cdots\cdots+b_{-m}\times 2^{-m}$

为了求各系数b_i，用基数 2 反复去乘等式两边。上式用 2 乘得：

$1.25=b_{-1}+(b_{-2}\times 2^{-1}+\cdots\cdots+b_{-m}\times 2^{-m+1})$

由于b_i只能为 0 和 1，上式等号右边括号内的部分必小于 1，即相当于等式左边小数点后面的数值0.25，而b_{-1}则等于等式左边整数部分的值，即：

$0.25=b_{-2}\times 2^{-1}+b_{-3}\times 2^{-2}+\cdots\cdots+b_{-m}\times 2^{-m+1}$

$b_{-1}=1$。

小数部分等式两边再乘以2得

$0.5=b_{-2}+(b_{-3}\times 2^{-1}+\cdots+b_{-m}\times 2^{-m+2})$

同理得 $b_{-2}=0$。

如此继续进行下去直到求出全部的$b_{-1}\sim b_{-m}$为止。

将十进制小数0.625转换为二进制小数的过程简单表示如下：

	整数	
$0.625\times 2=1.25$	1	$b_{-1}=1$
$0.25\times 2=0.5$	0	$b_{-2}=0$
$0.5\times 2=1.0$	1	$b_{-3}=1$

所以结果为

$(0.625)_{10}=(0.101)_2$

因此小数部分转换可以概括为乘基取整。

将整数部分和小数部分转换结果合并，得

$(51.625)_{10}=(110011.101)_2$

如果转换中小数位数是无限的，或位数过多，这时可以按一定

的精度要求近似转换。

例1—3 将十进制数$(61.395)_{10}$转换成二进制数，准确到小数点后四位。

解：分两步进行。

整数部分转换：

2	61	余数
2	30	… 1
2	15	… 0
2	7	… 1
2	3	… 1
2	1	… 1
	0	… 1

则 $(61)_{10}=(111101)_2$

小数部分转换：

	整数
$0.395\times 2=0.79$	0
$0.79\times 2=1.58$	1
$0.58\times 2=1.16$	1
$0.16\times 2=0.32$	0

则 $(0.395)_{10}=(0.0110)_2$

两部分合并$(61.395)_{10}=(111101.0110)_2$

2．二进制与八进制及十六进制的相互转换

因八进制的基数8是二进制基数2的3次幂，因此，二进制与八进制之间的转换是很方便的。

二进制转换为八进制的方法是从小数点起，把二进制数按每三位分组，然后写出每一组的等值八进制数，顺序排列起来即得该二进制数的等值八进制数。

例1—4 求$(01101111010.1011)_2$的等值八进制数。

解：从小数点起每三位分一组，不足三位的补零。每组下面写出对应的八进制数。

001　101　111　010·101　100　二进制数

1　5　7　2·5　4　八进制数

转换结果 $(01101111010.1011)_2=(1572.54)_8$。

八进制转换为二进制的方法可以采用与前面相反的步骤。

例1—5　求$(712.46)_8$的等值二进制数。

解：在八进制数的每一位下边写上相应的二进制数。

7　1　2.4　6　八进制数

111 001 010.100 110　二进制数

转换结果$(712.46)_8=(111001010.100110)_2$

十六进制的基数16是二进制基数2的4次幂，二进制数转换为十六进制数时，只要从小数点起把二进制数按每四位分组，然后写出每组的等值十六进制数，顺序排列起来即可得到该二进制数的等值十六进制数。采用相反的步骤即可将十六进制数转换为等值的二进制数。

例1—6　求$(101101101101101.01)_2$的等值十六进制数。

解：从小数点起每四位分一组，不足四位补零。每组下面写出对应的十六进制数。

0101　1011　0110　1101·0100　二进制数

5　*B*　6　*D*·4　十六进制数

转换结果为$(101101101101101.01)_2=(5B6D.4)_{16}$

例1—7　求十六进制数$(8FA.3)_{16}$的等值二进制数。

解：在十六进制数的每一位下边写上相应的二进制数。

8　*F*　*A*·3　十六进制数

1000　1111　1010·0011　二进制数

结果为$(8FA.3)_{16}=(100011111010.0011)_2$