Http://www.nwpup.com

精品课程　名师讲堂

●本讲内容聚焦　●典型例题　●精选习题

电子技术基础（数字部分）

——辅导讲案——

主讲教材《数字电路逻辑设计》（高教·脉冲与数字电路·第三版）

孙　勇　主编

西北工業大學出版社

FUDAO JIANGAN

Http://www.nwpup.com

JINGPIN KECHENG MINGSHI JIANGTANG

精品课程·名师讲堂丛书

电子技术基础(数字部分)辅导讲案

——主讲教材《数字电路逻辑设计》
（高教·脉冲与数字电路·第三版）

主编　孙　勇
编者　许　杰　张小木

西北工業大學出版社

【内容简介】高校教材关于电子技术基础数字部分大都包括绪论、逻辑函数及其简化、集成逻辑门、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、半导体存储器、可编程逻辑器件及其应用、脉冲单元电路、模数转换器和数模转换器等内容。本书是依据王毓银主编的《数字电路逻辑设计》教材编写的辅导书。全书共10讲，每讲通过本讲内容聚焦、典型例题、精选习题的形式，帮助读者学习，提高对电子技术基础课的认识。

本书是高等院校相关专业学生学习电子技术课程的指南书，也可作为学生报考研究生的复习参考书，同时也可作为教师参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(数字部分)辅导讲案/孙勇主编．—西安：西北工业大学出版社，2008.7

(精品课程·名师讲堂丛书)

ISBN 978-7-5612-2418-2

Ⅰ.数…　Ⅱ.孙…　Ⅲ.数字电路—电子技术—高等学校—教学参考资料　Ⅳ.TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第098460号

出版发行：西北工业大学出版社
通信地址：西安市友谊西路127号　**邮编**：710072
电　　话：(029)88493844　88491757
网　　址：www.nwpup.com
印 刷 者：陕西丰源印务有限公司
开　　本：850 mm×1 168 mm　1/32
印　　张：12
字　　数：399千字
版　　次：2008年7月第1版　2008年7月第1次印刷
定　　价：18.00元

前　　言

电子技术基础（数字部分）是电气、控制、计算机、通信等专业的必修课程之一，又是上述专业报考硕士研究生的专业基础考试课程，是一门实践性很强的课程。本课程通过基础理论和实际操作的培训，可以提高学生的分析、开发和实际动手能力，对培养实用性人才非常重要。

本书是依据王毓银教授主编的《数字电路逻辑设计》（脉冲与数字电路，第三版）编写的教学辅导书，并按其自然章节编排，共10讲（60学时）。每一讲内容由以下部分构成：

1. 本讲内容聚焦：对本讲的内容进行概述、归纳、总结。明确本讲的重点内容，利于读者正确掌握基本概念、工作原理和分析计算方法。

2. 典型例题：精选了具有代表性的部分典型例题，包括需要掌握的基本例题、考试常见的例题、近年来各高校考研的例题。通过对例题的解题分析，引导读者总结出解题的方法和技巧，做到举一反三、触类旁通。

3. 精选习题：根据课程考试要求，精选了适量的

习题，供学生练习。通过这些习题，使学生能进一步掌握要领，巩固加深对基本概念的理解，增强解决问题的能力。同时附有题解，帮助同学们检验学习效果和对所学知识掌握的程度。

此外，附录中给出了王毓银教授主编的《数字电路逻辑设计》（第三版）各章节部分习题的详细解答。由于解题方法的多样性，通常只给出一种解题方法，供读者参考。

本书由空军工程大学理学院孙勇主编。许杰、张小木参与了书中部分内容的编写及部分习题解答、绘图工作。

由于编者水平有限，书中错误及不妥之处恳请读者批评指正。

编　者

2008 年 5 月

目　录

第1讲 绪 论

本讲涵盖了教材第一章内容(2学时)。

1.1 本讲内容聚焦

一、内容要点精讲

1. 数字信号的基本概念及表示方法

自然界的物理量大致可分为两大类，即模拟量和数字量。

模拟量的变化在时间上或数值上是连续的，表示模拟量的信号是模拟信号。数字量的变化在时间上或数量上是离散的，它的数值大小和每次增减变化都是某一个最小单位的整数倍，表示数字量的信号为数字信号。

在数字电路中，常用0和1两种数值表示数字信号，如图1-1(a)所示。

对于0和1可以用来表示电位的低和高，也可以用来表示脉冲信号的无和有。数字信号波形有电位型数字信号或称为不归0型数字信号，如图1-1(b)所示；还有脉冲型数字信号波形或称为归0型数字信号，如图1-1(c)所示。一个0或一个1的持续时间用1 bit来表示。

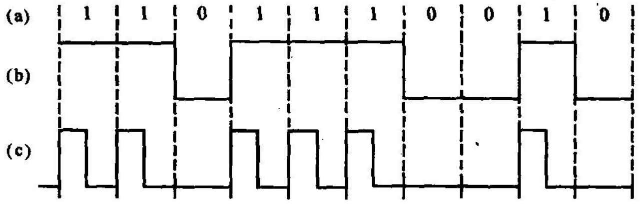

图1-1 数字信号波形

2. 数制及各种数制间的相互转换

数制是计数进位制的简称。对于任何一个数制必须弄清楚三个问题，即基数 R，a_i 个不同的数码和位权值 R^i。

对于十进制数，基数为 10，有 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个数码，位权值为 10^i，因此一个十进制数可按位权展开为

$$(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i$$

对于二进制数，基数为 2，有 0,1 两个数码，位权值为 2^i，因此一个二进制数可按位权展开为

$$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i$$

同理可推广至八进制和十六进制。

不同数制之间的转换是本章重点。不同数制之间的转换归纳起来有：

(1) 十进制数转换成 R 进制数，用基数连乘法或连除法。

(2) R 进制数转换成十进制数，用位权展开法。

(3) 2^m 进制数转换成 2^n 进制数，用分组转换法。

(4) M 进制数转换成 N 进制数，用中转法。

3. 其他

(1) 数码、代码、二进制码、二-十进制代码(BCD 代码)、有权 BCD 码、无权 BCD 码。

(2) 二进制数码的算术运算与逻辑运算的区别。

(3) 数字电路的概念及分类。

二、重点与难点

常用数制之间的相互转换。

1.2 典型例题

例 1 将十进制整数$(58)_{10}$转换成等值二进制数。

解 十进制整数转换成 R 进制数用基数连除法。

$$\begin{array}{r|l l}
2 & 58 & \text{余数} \\
2 & 29 \cdots\cdots & 0 \\
2 & 14 \cdots\cdots & 1 \\
2 & 7 \cdots\cdots & 0 \\
2 & 3 \cdots\cdots & 1 \\
2 & 1 \cdots\cdots & 1 \\
 & 0 \cdots\cdots & 1
\end{array}\quad \uparrow \text{余数倒联}$$

得
$$(58)_{10} = (111010)_2$$

如果要求转换为等值的八进制数,则

$$\begin{array}{r|l l}
8 & 58 & \\
8 & 7 \cdots\cdots & \text{余}2 \\
 & 0 \cdots\cdots & \text{余}7
\end{array}\quad \uparrow$$

得
$$(58)_{10} = (72)_8$$

由此例可得出,将十进制整数转换成 R 进制数时,用连续除基数(R)求余,至商为0,余数倒联。

例2 将十进制小数$(0.8125)_{10}$转换成等值二进制数。

解 十进制小数转换成 R 进制数用基数连乘法。

$$\begin{array}{l r l}
 & 0.8125 & \\
\times & 2 & \\
\hline
 & [1.]6250 & \cdots\cdots \text{取整数}1 \\
\times & 2 & \\
\hline
 & [1.]2500 & \cdots\cdots \text{取整数}1 \\
\times & 2 & \\
\hline
 & [0.]5000 & \cdots\cdots \text{取整数}0 \\
\times & 2 & \\
\hline
 & [1.]0000 & \cdots\cdots \text{取整数}1
\end{array}\quad \downarrow \text{整数正联}$$

得
$$(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$$

如果要求转换为等值的八进制数,则

$$\begin{array}{l r l}
 & 0.8125 & \\
\times & 2 & \\
\hline
 & [6.]5000 & \cdots\cdots \text{取整数}6 \\
\times & 8 & \\
\hline
 & [4.]0000 & \cdots\cdots \text{取整数}4
\end{array}\quad \downarrow$$

得
$$(0.8125)_{10} = (0.64)_8$$

将十进制小数转换成 R 进制数时,用连续乘基数(R)取整,整数正联。

例3 将下列无符号二进制数转换为十进制数。

(1)1101， (2)1011011.001101， (3)0.001101。

解 二进制数转换为十进制数的方法是：将各位数码乘以其位权值，然后相加。

(1) $(1101)_2 = 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 =$

$8 + 4 + 0 + 1 = (13)_{10}$

(2) $(1011011.001101) =$

$1\times 2^6 + 0\times 2^5 + 1\times 2^4 + 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 0\times$

$2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4} + 0\times 2^{-5} + 1\times 2^{-6} =$

$(91.203125)_{10}$

(3) $(0.001101)_2 =$

$0\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3} + 1\times 2^{-4} + 0\times 2^{-5} + 0\times 2^{-6} =$

$(0.213125)_{10}$

例 4 将下列二进制数转换为八进制数。

(1) $(1110011.0011)_2$， (2) $(1001.0010)_2$。

解 (1) $(1110011.0011)_2 = (\underline{001}\ \underline{110}\ \underline{011}.\ \underline{001}\ \underline{100})_2 = (163.14)_8$

(2) $(1001.0010)_2 = (\underline{001}\ \underline{001}.\ \underline{001}\ \underline{000})_2 = (11.1)_8$

例 5 用 8421 BCD 码表示十六进制数 $(B7E)_{16}$。

解 $(B7E)_{16} = 11\times 16^2 + 7\times 16^1 + 14\times 16^0 = (2\ 942)_{10} =$

$(0010\ 1001\ 0100\ 0010)_{8421\ BCD}$

提示：先转换成十进制数，再用 8421BCD 码表示。

例 6 求下列二进制数的反码。

(1) $x = 0.01001$， (2) $y = -0.0111001$。

解 已知小数反码的一般表示为

$$[x]_{反} = \begin{cases} x, & 当\ 0 \leqslant x < 1\ 时 \\ (2-2^{-n}) + x, & 当\ -1 < x \leqslant 0\ 时 \end{cases}$$

a) 因为 $x = 0.01001$，$0 \leqslant x < 1$，所以

$$[x]_{反} = [0.01001]_{反} = 0.01001$$

(2) 因为 $y = -0.0111001$，$-1 \leqslant y < 0$，所以

$$[y]_{反} = (2 - 2^{-n}) + y = (2 - 2^{-7}) + (-0.0111001) =$$

$$1.1111111 - 0.0111001 = 1.1000110$$

例 7 已知机器数为(最高位为符号位)

0	1	1	1	1	1	1	0

(1) 若此数是原码,它对应的真值是多少?

(2) 若此数是反码,它对应的真值是多少?

(3) 若此数是补码,它对应的真值是多少?

解 因为 01111110 的符号位为 0,所以它是一个正数。因此,其原码、反码和补码都相等。

(1) 若 01111110 是原码,其真值为

$$(111110)_2 = (126)_{10}$$

(2) 若 01111110 是反码,其真值为

$$(111110)_2 = (126)_{10}$$

(3) 若 01111110 是补码,其真值为

$$(111110)_2 = (126)_{10}$$

几种常用的进位数制

$(N)_R$	R	a	进制规则
$(N)_D$	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	逢十进一
$(N)_B$	2	0,1	逢二进一
$(N)_O$	8	0,1,2,3,4,5,6,7	逢八进一
$(N)_H$	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A,B,C,D,E,F	逢十六进一

$$(N) = (168)_D = 1 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

$$(N)_O = (1213.4)_O = 1 \times 8^3 + 2 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = (651.5)_D$$

$$(N)_H = (AB6)_H = A \times 16^2 + B \times 16^1 + 6 \times 16^0 = 10 \times 10^2 + 11 \times 16^1 + 6 \times 16^0 = (2742)_D$$

$$(N)_B = (11.011)_B = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = (3.375)_D$$

几种进制数之间的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制
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

1.3 精选习题

1. 将下列二进制数转换为十六进制数。

(1)$(1100110011.00111)_2$，(2)$(111100001100.1010111)_2$。

解 (1)$(1100110011.00111)_2=(\underline{0011}\ \underline{0011}\ \underline{0011}.\underline{0011}\ \underline{1000})_2=$

$(333.38)_{16}$

(2)$(111100001100.1010111)_2=(\underline{1111}\ \underline{0000}\ \underline{1100}.\underline{1010}\ \underline{1110})_2=$

$(\mathrm{F0C.AE})_{16}$

2. 将下列八进制数转换为二进制数。

(1)$(376.42)_8$，(2)$(420.375)_8$。

解 八进制数转换成二进制数，是将每位八进制数用三位二进制数表示出来。而这三位二进制数是按照 421 的位权排列的。

(1)$(376.42)_8=(011111110.100010)_2$

(2) $(420.375)_8 = (100010000.011111101)_2$

3. 将下列十六进制数转换为二进制数。

(1) $(AF3.6B)_{16}$， (2) $(110A.4F)_{16}$。

解 将十六进制数转换为二进制数，是将每位十六进制数用四位二进制数表示出来，而这四位二进制数是按照 8421 的位权排列的。

(1) $(AF3.6B)_{16} = (101011110011.01101011)_2$

(2) $(110A.4F)_{16} = (1000100001010.01001111)_2$

4. 将下列 8421BCD 码转换为十进制数。

(1) $(010010001001)_{8421BCD}$， (2) $(0001100110000111)_{8421BCD}$。

解 8421BCD码和十进制数之间的转换是直接按组转换的，即将每四位二进制数当做一组，每组中的四位二进制数按照 8421 位权展开相加，则得到对应的十进制数。

(1) $(010010001001)_{8421BCD} = (0100\ 1000\ 1001)_{8421BCD} = (489)_{10}$

(2) $(0001100110000111)_{8421BCD} = (0001\ 1001\ 1000\ 0111)_{8421BCD} = (1987)_{10}$

5. 将十二进制数 $(18.6)_{12}$ 转换成八进制数。

解
$$(18.6)_{12} = (24.4)_8$$

提示：M 进制数转换成 N 进制数，可以采用中转法按以下步骤进行：① 用位权展开法将 M 进制数转换成十进制数；② 再用基数连乘或连除法将十进制数转换成 N 进制数。对本题有

$$(18.6)_{12} = (20.5)_{10} = (24.4)_8$$

6. 将十进制小数 $(0.85937)_{10}$ 转换成二进制小数，要求误差不大于 0.02。

解
$$(0.85937)_{10} = (0.11011)_2$$

提示：因 $2^{-6} = 0.015\ 625 < 0.02$，所以取小数点后 5 位即可满足误差要求。

7. 将下列十进制数转换为 8421BCD 码。

(1) $(5625)_{10}$， (2) $(378)_{10}$。

解 十进制数和 8421BCD 码之间的转换是直接按位进行转换的，即将每位十进制数用四位二进制数表示出来，且这四位二进制数的位权是按 8421 由左向右排列的。

(1) $(5625)_{10} = (0101011000100101)_{8421BCD}$

(2) $(378)_{10} = (001101111000)_{8421BCD}$

8. 写出下列二进制数的原码。

(1) $x = +0111001$， (2) $y = -0111001$。

解 带符号的二进制数的原码表示法，是在数值的左边加上符号位，对于正数，符号位记0，对于负数，符号位记1。因此

(1) $[x]_{原} = 00111001$

(2) $[y]_{原} = 10111001$

第 2 讲 逻辑函数及其简化

本讲涵盖了教材第二章内容(6 学时)。

2.1 本讲内容聚焦

一、内容要点精讲

1. 逻辑代数中的三种基本运算和复合运算

1.1 三种基本运算

基本运算包括与运算(逻辑乘)、或运算(逻辑加)、非运算(逻辑非)。

1.2 复合运算

复合运算包括与非、或非、与或非、同或、异或等。

(1) 与非运算是与运算和非运算的组合，先进行与运算，再进行非运算。$P=\overline{A\cdot B}$。

(2) 或非运算是或运算和非运算的组合，先进行或运算，再进行非运算。$P=\overline{A+B}$。

(3) 与或非运算是与运算、或运算和非运算的组合，先进行与运算，再进行或运算，最后进行非运算。$P=\overline{AB+CD}$。

(4) 同或逻辑是这样一种逻辑关系，当 A,B 相同时，输出 P 为 1；当 A,B 不相同时，输出 P 为 0。$P=A\otimes B=\overline{A}\,\overline{B}+AB=\overline{A\oplus B}$。

(5) 异或逻辑与同或逻辑相反，当 A,B 不相同时，输出 P 为 1；当 A,B 相同时，输出 P 为 0。$P=A\oplus B=A\overline{B}+\overline{A}B=\overline{A\odot B}$。

2. 逻辑代数的常用运算公式和三个规则

2.1 逻辑代数的常用运算公式

表 2-1 列出了逻辑代数的常用公式。

表 2-1　逻辑代数的常用公式

序号	公式	序号	公式	说明
1	$A\odot 0=\overline{A}$	1′	$A\oplus 1=\overline{A}$	变量与常量之间关系
2	$A\odot 1=A$	2′	$A\oplus 0=A$	
3	$A\odot\overline{A}=0$	3′	$A\oplus\overline{A}=1$	互补律
4	$A\odot A=1$	4′	$A\oplus A=0$	重叠律
5	若 $A\odot B=C$,则 $A\odot C=B,C\odot B=A$	5′	若 $A\oplus B=C$,则 $A\oplus C=B,C\oplus B=A$	调换律

以上各公式在公式法化简中可以消去多余变量和多余乘积项。

2.2　逻辑代数的三个规则

(1) 代入规则。任何一个含有变量 A 的等式,如果将所有出现变量 A 的地方都代之以一个逻辑函数 F,则等式仍然成立。

利用代入规则可以扩大逻辑代数等式的应用范围。

(2) 反演规则。对于任意一个逻辑函数表达式 F,如果将 F 中所有的"•"换为"+",所有的"+"换为"•",所有的 0 换为 1,所有的 1 换为 0,所有的原变量换为反变量,所有的反变量换为原变量,则得到一个新的函数式为 $\overline{F}$。$\overline{F}$ 为原函数 F 的反函数,它是反演律的推广。

利用反演规则可以很方便地求出反函数。

(3) 对偶规则。对于任意一个逻辑函数表达式 F,如果将 F 中所有的"•"换为"+",所有的"+"换为"•";所有的 0 换为 1,所有的 1 换为 0,则得到一个新的函数表达式 F^*,F^* 称为 F 的对偶式。

在证明或化简逻辑函数时,有时通过对偶式来证明或化简更方便。

逻辑代数中逻辑运算的规则是"先括号,然后乘,最后加"的运算优先次序。在以上三个规则应用时,都必须注意与原函数的运算顺序不变。

3. 逻辑函数及其描述方法

3.1　逻辑函数

如果以逻辑变量作为输入,以运算结果作为输出,则输出与输入之间是一种函数关系,这种函数关系称为逻辑函数。任何一个具体的因果关系都可以用逻辑函数来描述它的逻辑功能。

3.2　逻辑函数及其描述方法

逻辑函数的描述方法有真值表、函数表达式、卡诺图、逻辑图及硬件描述语言。有关卡诺图及硬件描述语言将在后面叙述。