Http://www.nwpup.com

精品课程 名师讲堂

●本讲内容聚焦 ●典型例题 ●课后作业

数字电子技术基础

——辅导讲案

主讲教材《数字电子技术基础》(高教·清华·第四版)

陈志武 主编

西北工业大学出版社

FUDAO JIANGAN

Http://www.nwpup.com

JINGPIN KECHENG MINGSHI JIANGTANG

数字电子技术基础

辅导讲案

精品课程·名师讲堂丛书

数字电子技术基础
辅导讲案

——主讲教材《数字电子技术基础》
（高教·清华·第四版）

主编　陈志武
编者　陈志武　赵惠玲
　　　于海勋　赵　艳

西北工業大學出版社

【内容简介】 本书根据清华大学阎石主编的《数字电子技术基础》(第四版)内容,依据编者讲课的讲稿为蓝本编写而成。全书按照本讲内容聚焦,知识结构图解,重点、难点点击,典型例题,课后作业,主讲教材课后习题全解,课程考试真题及参考答案等几个部分来编写。本书旨在帮助读者掌握课程重点,学会分析方法,提高解题能力,为课程考试和考研的读者提供帮助。

本书可供使用《数字电子技术基础》(第四版)教材的读者和教师参考,亦可作为使用其他教材的读者或考研读者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础辅导讲案/陈志武主编.—西安:西北工业大学出版社,2007.8

(精品课程·名师讲堂丛书)

ISBN 978-7-5612-2262-1

Ⅰ.数… Ⅱ.陈… 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(2007)第 110616 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:12.25
字　　数:403 千字
版　　次:2007 年 8 月第 1 版　2007 年 8 月第 1 次印刷
定　　价:17.00 元

前　言

为了适应当前教育事业改革与发展的趋势，满足广大电子及控制类专业读者的需求，应西北工业大学出版社的邀请，编写本书，供学习数字电路课程的学生和从事数字电路教学的教师参考。

本书是以清华大学阎石教授主编的面向21世纪课程教材《数字电子技术基础》（第四版）中的内容为参考，总结编者多年从事教学工作的经验，依据编者讲课的讲稿为蓝本编写而成，内容包括各讲内容聚焦，知识结构图解，重点、难点点击，典型例题，课后作业和主讲教材课后习题全解，课程考题真题和课后作业以及课程考试真题参考答案。本书对于使用原教材的读者不失为一本优秀的辅导读物，对于帮助读者了解课程知识结构，掌握课程内容重点、难点和考点，提高分析问题和解决问题的能力，检查学习效果不无裨益。特别是对原教材中的典型题型，本书还提供了简单实用的分析方法，一题多解，扩展了读者解题思路。

本书由西北工业大学电子信息学院陈志武、赵惠玲、于海勋和西安工业大学赵艳编写，陈志武任主编，

负责全书的组织与定稿。在此，对西北工业大学电子信息学院电子技术教研室的全体老师致以诚挚的谢意，对本书选用的参考文献的著作者表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编　者

2007 年 6 月

目　　录

第 1 讲　逻辑代数基础 …… 1

1.1　本讲内容聚焦 …… 1

1.1.1　数字电子技术与模拟电子技术的区别 …… 1

1.1.2　数制与码制 …… 2

1.1.3　逻辑代数的基本知识 …… 4

1.1.4　知识结构图解 …… 11

1.1.5　重点、难点点击 …… 11

1.1.6　考点指南 …… 12

1.2　典型例题 …… 13

1.3　课后作业 …… 20

第 2 讲　门电路 …… 22

2.1　本讲内容聚焦 …… 22

2.1.1　二极管和三极管的开关特性 …… 22

2.1.2　分立元件门电路 …… 23

2.1.3　集成逻辑门 …… 24

2.1.4　知识结构图解 …… 33

2.1.5　重点、难点点击 …… 33

2.1.6　考点指南 …… 33

2.2　典型例题 …… 34

2.3　课后作业 …… 42

第 3 讲　组合逻辑电路 …… 44

3.1　本讲内容聚焦 …… 44

3.1.1　组合逻辑电路的分析方法和设计方法 …… 44

3.1.2 常用的组合逻辑电路 …… 46
3.1.3 组合逻辑电路中的竞争——冒险现象 …… 55
3.1.4 知识结构图解 …… 56
3.1.5 重点、难点点击 …… 56
3.1.6 考点指南 …… 57
3.2 典型例题 …… 57
3.3 课后作业 …… 62
第4讲 触发器 …… 64
4.1 本讲内容聚焦 …… 64
4.1.1 触发器的分类 …… 64
4.1.2 触发器组成及特点 …… 67
4.1.3 触发器的控制信号 …… 68
4.1.4 触发器的工作特性 …… 68
4.1.5 触发器类型转换 …… 69
4.1.6 知识结构图解 …… 69
4.1.7 重点、难点点击 …… 70
4.1.8 考点指南 …… 70
4.2 典型例题 …… 70
4.3 课后作业 …… 74
第5讲 时序逻辑电路 …… 76
5.1 本讲内容聚焦 …… 76
5.1.1 时序电路的特点 …… 76
5.1.2 时序电路的分类 …… 77
5.1.3 时序逻辑电路的分析方法 …… 77
5.1.4 时序逻辑电路的设计方法 …… 78
5.1.5 常用时序逻辑电路 …… 79
5.1.6 知识结构图解 …… 84
5.1.7 重点、难点点击 …… 85

5.1.8 考点指南 …… 85
5.2 典型例题 …… 85
5.3 课后作业 …… 94
第6讲 脉冲波形的产生和整形 …… 96
6.1 本讲内容聚焦 …… 96
6.1.1 施密特触发器 …… 96
6.1.2 单稳态触发器 …… 98
6.1.3 多谐振荡器 …… 103
6.1.4 555定时器 …… 104
6.1.5 知识结构图解 …… 107
6.1.6 重点、难点点击 …… 108
6.1.7 考点指南 …… 108
6.2 典型例题 …… 108
6.3 课后作业 …… 111
第7讲 半导体存储器 …… 113
7.1 本讲内容聚焦 …… 113
7.1.1 只读存储器(ROM) …… 113
7.1.2 随机存取存储器(RAM) …… 117
7.1.3 存储器容量的扩展 …… 122
7.1.4 知识结构图解 …… 124
7.1.5 重点、难点点击 …… 124
7.1.6 考点指南 …… 124
7.2 典型例题 …… 124
7.3 课后作业 …… 129
第8讲 可编程逻辑器件 …… 130
8.1 本讲内容聚焦 …… 130
8.1.1 可编程逻辑阵列(PLA) …… 130
8.1.2 通用阵列逻辑(GAL) …… 132

8.1.3 可擦除的可编程逻辑器件(EPLD) …… 138
8.1.4 在系统可编程逻辑器件(ISP-PLD) …… 143
8.1.5 知识结构图解 …… 144
8.1.6 重点、难点点击 …… 144
8.1.7 考点指南 …… 144
8.2 典型例题 …… 145
8.3 课后作业 …… 151
第9讲 数/模和模/数转换 …… 152
9.1 本讲内容聚焦 …… 152
9.1.1 D/A 转换器 …… 152
9.1.2 A/D 转换器 …… 157
9.1.3 知识结构图解 …… 162
9.1.4 重点、难点点击 …… 163
9.1.5 考点指南 …… 163
9.2 典型例题 …… 163
9.3 课后作业 …… 170
附录一 主讲教材课后习题全解 …… 172
第1章 …… 172
第2章 …… 197
第3章 …… 214
第4章 …… 243
第5章 …… 263
第6章 …… 297
第7章 …… 320
第8章 …… 332
第9章 …… 341
附录二 课程考试真题 …… 356
西北工业大学考试试题Ⅰ …… 356

西北工业大学考试试题Ⅱ …… 360
西北工业大学考试试题Ⅲ …… 364
附录三　课后作业和课程考试真题参考答案 …… 370
1. 课后作业参考答案 …… 370
2. 课程考试真题参考答案 …… 375
参考文献 …… 382

第1讲

逻辑代数基础

本讲涵盖了主讲教材第1章的内容(8学时)。

1.1 本讲内容聚焦

本章扼要地介绍了逻辑代数的基本公式、重要定理和定律,并讲述逻辑函数的表示方法和逻辑函数的化简方法。

本讲的基本要求:

逻辑代数是分析和设计数字逻辑电路的主要数学分析工具,必须熟练掌握。

(1) 熟练掌握常用的代码,常用数制的特点及其转换方法;

(2) 熟练掌握逻辑函数的真值表、逻辑表达式、逻辑图、波形图和卡诺图是逻辑函数的五种表示方法及其五种方法之间的相互转换;

(3) 熟练掌握基本逻辑及其运算;逻辑代数的常用公式、定律和基本规则;

(4) 熟练掌握逻辑函数的标准形式和卡诺图;

(5) 熟练掌握逻辑函数化简方法是解决逻辑问题的重要环节;

(6) 正确理解最小项、最大项、约束项、任意项和无关项的基本概念。

1.1.1 数字电子技术与模拟电子技术的区别

1. 数字信号与模拟信号

(1) 模拟信号与模拟(电子) 电路:在数值上和时间上均是连续变化的信号称为模拟信号。输入信号和输出信号均为模拟信号的电子电路(如各种放大电路等) 称为模拟(电子) 电路。这类电路研究的目标是它们的输入和输出信号的幅度大小和相位关系。

(2) 数字信号和数字(电子) 电路:在数值上和时间上均是离散的信号称为数字信号或脉冲信号。输入和输出信号均为数字信号的电子电路称为数字(电

子）电路。这类电路研究的目标是它们的输出与输入之间的逻辑关系。

2. 数字电路的特点

(1) 输入和输出信号均为离散(脉冲）信号；

(2) 电子元件工作在开关状态，即饱和或者截止；

(3) 研究的目的是输入与输出之间的逻辑关系，而不是大小和相位关系；

(4) 研究的工具是逻辑(布尔）代数和二进制计数法。

3. 脉冲波形

理想的数字信号或脉冲信号波形如图 1.1 所示。

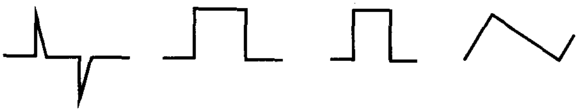


图 1.1　几种脉冲波形

1.1.2　数制与码制

通常数可用两种不同的方法表示：一是按“值”表示，即在选定的进位制中表示出这一数对应的值，称为进位制数；二是按“形”表示，即按照一定的编码方法，表示出这一数特定的形式，称为编码制数。数的两种表示方法涉及数制与码制，简要介绍如下。

1. 数制

数制是计数进位制的简称。在进位制数中，任何一个数都是由符号(正或负）和数值两部分组成的，而数值则是用基本数符(即数码）和一个小数点来表示的。基本数符(即数码）的个数及具体形式由采用的进位制决定。

在数字电路中经常使用的进位制数有二进制数、八进制数、十进制数和十六进制数。

(1) 十进制数：十进制数是我们最熟悉的一种计数制。在这种计数制中，共有 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个基本数符，计数基数为 10，每一位的权是 10 的某次幂，其进位规律是“逢十进一”。

(2) 二进制数：二进制数在数字电路中是最常用的。二进制数仅有 0,1 两个基本数符，计数基数为 2，每一位的权是 2 的某次幂，其进位规律是“逢二进一”。

(3) 八进制数:八进制数中共有0,1,2,3,4,5,6,7八个基本数符,计数基数为8,每一位的权是8的某次幂,其进位规律是“逢八进一”。

(4) 十六进制数:十六进制数共有0~9,A,B,C,D,E,F十六个基本数符,计数基数为16,每一位的权是16的某次幂,其进位规律是“逢十六进一”。

2. 数制转换

任意一种进位制中的数均可通过数制转换表示成另一种进位制中的数,常用的方法如下:

(1) 多项式替代法:若把α进位制中的某一数转换成β进位制中的数,首先把α进位制中的数按其权值展开成多项式形式,然后把这一多项式中的基本数符、进位基数以及指数幂全部代换成β进位制中的数,再按β进位制的运算规则运算即可得出。

(2) 基数乘除法:即把待转换数的整数部分和小数部分分别进行处理,然后合并得出转换结果。

整数部分:基数除法,即

$$\text{被转换的数} \div \text{新的进位基数} = \text{商}_1(\text{整数}) + \text{余数}_1(\text{包括 }0)$$

$$\text{商}_1 \div \text{新的进位基数} = \text{商}_2(\text{整数}) + \text{余数}_2(\text{包括 }0)$$

直至商为零,然后把所有余数按先后次序从低位到高位排列,即为整数部分转换的结果。

小数部分:基数乘法,即

$$\text{被转换的数} \times \text{新的进位基数} = \text{整数}_1(\text{包括 }0) + \text{小数}_1$$

$$\text{小数}_1 \times \text{新的进位基数} = \text{整数}_2(\text{包括 }0) + \text{小数}_2$$

直至小数点后的位数满足精度要求,然后把所得的整数按先后次序从高位到低位排列即为小数部分转换的结果。

3. 码制

在数字电路中而且还会用到各种编码,如8421BCD码、5421BCD码以及余3码等。

任意一个数在不同的进位制中,均以一个数字串的形式表示出来,通常称为数码。不同的数码不仅可以表示出数值的大小,而且可以对其赋予特定的含义来表示不同的事物及状态,此时这些数码已失去了数值的概念而成为一种代码。在数字电路中,代码往往采用一定位数的二进制数表示,是按照一定的规则编制而成的,并依其不同的应用要求及传输方式而异。

(1) 有权码:常用的有权码有8421码、5421码、2421码等。

例如:8421BCD 码是用 4 位二进制数表示 1 位十进制数的一种方法,它的每一位的权从左到右依次是 8,4,2,1。8421BCD 码是采用 4 位二进制数的前 10 种组合,即 0000(0)～1001(9),其余 6 种组合是无效的。

(2) 无权码:常用的无权码有余 3 码、余 3 循环码、格雷码等。

例如:余 3 码是 8421BCD 码加 3(0011)得来的,所以它是一种无权码。

1.1.3　逻辑代数的基本知识

一、逻辑代数与基本逻辑函数

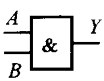
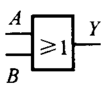
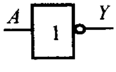
所谓"逻辑"是指事物的前因(输入)与后果(输出)之间所遵循的规律。

逻辑代数即是应用于二值逻辑电路中的布尔代数。其特点:

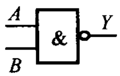
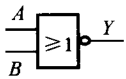
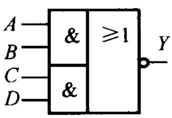
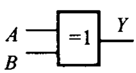
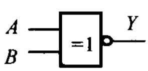
(1) 它的所有变量与函数值仅有两个特征值 0 和 1,具有排中性,它们所表示的是一对互为相反的差异(状态),它的公式、规则、定理与定义均需用二值逻辑的因果关系来理解;

(2) 逻辑代数只有三种基本运算,即与、或、非,对应的即是逻辑与、逻辑或及逻辑非。利用这三种基本运算,则可得出处理实际逻辑问题的各种复合逻辑,如与非、或非、与或非、异或、同或等。实现这些逻辑运算的电路统称为门电路,其逻辑符号、逻辑函数式、输入输出真值表及基本运算规则如表 1.1 所示。

表 1.1　几种常用的逻辑

逻辑	逻辑符号	逻辑表达式	真值表	基本运算
与运算		$Y=AB$	A B | Y 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1	$A\cdot 1=A$ $A\cdot 0=0$ $A\cdot A=A$ $A\cdot\overline{A}=0$
或运算		$Y=A+B$	A B | Y 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 1	$A+1=1$ $A+0=A$ $A+A=A$ $A+\overline{A}=1$
非运算		$Y=\overline{A}$	A | Y 0 | 1 1 | 0	$\overline{\overline{A}}=A$

续表

逻辑	逻辑符号	逻辑表达式	真值表	基本运算
与非运算		$Y=\overline{AB}$	A B | Y 0 0 | 1 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0	$\overline{A\cdot 1}=\overline{A}$ $\overline{A\cdot 0}=1$ $\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$
或非运算		$Y=\overline{A+B}$	A B | Y 0 0 | 1 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 0	$\overline{A+0}=\overline{A}$ $\overline{A+1}=0$ $\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$
与或非运算		$Y=\overline{AB+CD}$	A B C D | Y A B C D | Y 0 0 0 0 | 1 1 0 0 0 | 1 0 0 0 1 | 1 1 0 0 1 | 1 0 0 1 0 | 1 1 0 1 0 | 1 0 0 1 1 | 0 1 0 1 1 | 0 0 1 0 0 | 1 1 1 0 0 | 0 0 1 0 1 | 1 1 1 0 1 | 0 0 1 1 0 | 1 1 1 1 0 | 0 0 1 1 1 | 0 1 1 1 1 | 0	$\overline{AB+CD}=$ $\overline{AB}\cdot\overline{CD}$
异或运算		$Y=\overline{A}B+A\overline{B}$ $=A\oplus B$	A B | Y 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0	$A\oplus A=0$ $A\oplus\overline{A}=1$ $A\oplus 0=A$ $A\oplus 1=\overline{A}$
同或运算		$Y=AB+\overline{A}\,\overline{B}$ $=A\odot B$	A B | Y 0 0 | 1 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1	$A\odot B=\overline{A\oplus B}$ $A\oplus B=\overline{A\odot B}$ $A\oplus\overline{B}=\overline{A\oplus B}$ $A\oplus B\oplus C=$ $A\odot B\odot C$

二、逻辑代数的基本定律与定理

1. 逻辑代数的基本公式

逻辑代数的基本定律又称为布尔恒等式，分列于表1.2中。这些定律反映了二值逻辑的基本思想，是逻辑运算的重要工具，也是学习数字电路的必备基础。

2. 逻辑代数的基本定理

(1) 代入定理。任何一个含有变量 A 的等式，如果将所有出现 A 的位置都代之以一个逻辑函数式，则等式仍成立。

(2) 对偶定理。对于任何一个逻辑函数式 Y，若将其中的"·"换成"+"，"+"换成"·"，1 换成 0，0 换成 1，则得出一个新的函数式 Y'，Y' 称为原函数式的对偶函数式。原函数式 Y 与对偶函数式 Y' 互为对偶函数；两个相等函数式的对偶函数式必相等。

表 1.2　逻辑代数的基本定律

序号	名　称	基本定律	对偶式
1	结合律	$A+(B+C)=(A+B)+C$	$A(BC)=(AB)C$
2	分配律	$A+BC=(A+B)(A+C)$	$A(B+C)=AB+AC$
3	交换律	$A+B=B+A$	$AB=BA$
4	0—1 律	$A\cdot 1=A$	$A+0=A$
		$A\cdot 0=0$	$A+1=1$
5	互补律	$A+\overline{A}=1$	$A\cdot\overline{A}=0$
6	重叠律	$A+A=A$	$A\cdot A=A$
7	非非律	$\overline{\overline{A}}=A$	
8	吸收律	$A+AB=A$	$A(A+B)=A$
		$A+\overline{A}B=A+B$	$A(\overline{A}+B)=AB$
9	包含律	$AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$	$(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)=(A+B)(\overline{A}+C)$
10	反演律（狄·摩根律）	$\overline{AB}=\overline{A}+\overline{B}$	$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

(3) 反演定理。对于任何一个逻辑函数式 Y，若将其中的"·"换成"+"，"+"换成"·"，1 换成 0，0 换成 1，并将原变量换成反变量，反变量换成原变量，则得出的新的逻辑函数式即为原函数式的反函数 $\overline{Y}$。

(4) 展开式定理。对于任何逻辑函数都可以对它的某一变量 x_i 展开成如下的与或式及或与式。

$$f(x_1,x_2,\cdots,x_i,\cdots,x_n)=x_i f(x_1,x_2,\cdots,1,\cdots,x_n)+\overline{x}_i f(x_1,x_2,\cdots,0,\cdots,x_n)$$

$$f(x_1,x_2,\cdots,x_i,\cdots,x_n)=[x_i+f(x_1,x_2,\cdots,0,\cdots,x_n)]+$$