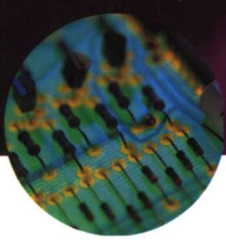
21世纪高职高专系列教材

黄洁 主编



数字电子技术基础

学习指导

SHUZI DIANZI JISHU JICHU
XUEXI ZHIDAO

湖北长江出版集团
湖北科学技术出版社

21 世纪高职高专系列教材

数字电子技术基础
学　习　指　导

主　　编　黄　洁

主　　审　姚建永

编写人员　黄　洁　彭　芬　胡光夏

　　　　　袁建荣　崔群凤

湖北科学技术出版社

图书在版编目（C I P）数据

数字电子技术基础学习指导/黄洁主编.—武汉:湖北科学技术出版社，2006.9
21 世纪高职高专系列教材
ISBN 7-5352-3649-9

Ⅰ.数…　Ⅱ.黄…　Ⅲ.数字电路-电子技术-高等学校:技术学校-教学参考资料　Ⅳ.TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 102669 号

21 世纪高职高专系列教材
数字电子技术基础学习指导　　　　© 黄　洁　主编

策　　划：李海宁　　　　封面设计：喻　杨
责任编辑：李海宁

出版发行：湖北科学技术出版社　　　　电话：87679468
地　　址：武汉市雄楚大街 268 号湖北出版文化城 B 座 12-13 层　　　　邮编：430070

印　　刷：孝感市三环印务有限责任公司　　　　邮编：432100

787 毫米×1092 毫米　　16 开　　7.5 印张　　132 千字
2006 年 9 月第 1 版　　　　2006 年 9 月第 1 次印刷

印数:0 001-3 000　　　　定价：17.00 元

内 容 提 要

本书是为黄洁主编《数字电子技术基础》而编写的学习指导书。内容包括《数字电子技术基础》各章的基本要求、重点难点、内容提要、例题分析和习题解答与提示。并在第8章编写了实训项目和附录1、附录2。目的是针对学生在学习本课程的过程中普遍存在的难点和疑点，进行释疑解难，使学生开拓思路，提高学习效率，更好地掌握教材内容。

本书可供高职高专电子与信息类专业的学生使用，也可供有关工程技术人员和自学人员参考。

教材编委会

前　言

本书是配合武汉职业技术学院黄洁主编的《数字电子技术基础》而编写的学习指导书。内容包括《数字电子技术基础》各章的基本要求、重点难点、内容提要、例题分析和习题解答与提示。并在第 8 章编写了实训项目和附录 1、附录 2。目的是针对学生在学习本课程的过程中普遍存在的难点和疑点，进行释疑解难，使学生开拓思路，提高学习效率，更好地掌握教材内容。

本书对教材各章的内容进行了简要归纳，提出了各章学习的基本要求，指出了各章学习的重点难点，使学生阅读本书后，对教材各章的内容有了一个整体的认识和理解，达到提纲挈领的作用。本书结合基本概念、基本理论、基本应用和综合提高的教学要求，配合教学重点难点，列举了丰富多样的例题分析和解答，目的在于启发学生的思路，提高学习效率。另外，根据高职高专的特点，还编写了实训项目，旨在提高学生的动手能力。

本书由武汉职业技术学院的黄洁、彭芬、胡光夏、袁建荣和崔群凤老师编写。崔群凤编写了第 1 章，彭芬编写了第 2 章、第 3 章，胡光夏编写了第 4 章、第 5 章，黄洁编写了第 6 章、第 7 章，袁建荣编写了第 8 章和附录 1、附录 2。黄洁任主编，负责全书的组织和统稿。电信学院姚建永院长担任主审，对全书进行了认真仔细的审阅，提出了许多宝贵意见。王川副教授、许胜辉副教授和吴贻文副教授在本书的编写中也给予了热情的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中错漏和不妥之处，恳请各位读者批评指正。

编　者

2006 年 6 月

目　　录

第 1 章　数字逻辑基础

§1.1　基本要求

（1）了解数字信号及数字电路的特点。

（2）掌握数制表示法及数制转换。

（3）了解逻辑函数的基本概念、主要定律和常用的运算规则。

（4）掌握化简逻辑函数的两种方法——公式法和卡诺图法，重点掌握卡诺图化简法。

§1.2　重点难点

重点：数字信号的概念，逻辑函数的基本概念、主要定律和常用的运算规则，卡诺图化简逻辑函数法。

难点：卡诺图化简逻辑函数法。

§1.3　内容提要

一、数字信号及数字电路的基本概念

1. 数字信号

表示数字量的电信号称为数字信号。数字信号在时间上和数值上均是离散的。数字电路能够理解的只有低电平和高电平两种状态，这两种状态分别用 0 和 1 来表示。

2. 数制表示法

按进位规则进行计数称为数制。日常生活中常用十进制数，而在数字系统，例如数字计算机中，多采用二进制数，有时也采用八进制或十六进制数。数的表示方法有两种：位置记数法和按位权展开法。

3. 数制转换

(1) 二、八、十六进制数转换为十进制数,这种转换可通过按位权展开式完成。

(2) 二进制转换为八(十六)进制数,整数部分从右到左将每三(四)位数码分为一组,最左边不足三(四)位的补0,小数部分则从左到右将每三(四)位数码分为一组,最右边不足三(四)位的补0,每组二进制数码所对应的数值就是转换的结果。

(3) 十进制数转换为二进制数,整数部分用基数2去连除整数,直到商为0,然后将所得余数倒排。小数部分逐次乘以基数2,直到最后乘积为0或达到所要求的精度为止,然后取乘积的整数正排。十进制转换为八进制或十六进制,方法同上,只是转换过程中的基数为8或16。

二、逻辑代数基础

1. 逻辑变量、逻辑函数以及三种基本逻辑函数

(1) 逻辑变量

凡可用且只用两种相反状态来描述的事物均可设为逻辑变量,这两种相反状态分别用1和0表示。

(2) 逻辑函数

当逻辑变量 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 的取值全部确定之后,F 也被唯一地确定,则称 F 是关于 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 的逻辑函数。记为 $F(A_1, A_2, \cdots, A_n)$。

F 的逻辑值也只能是0或1,表示两种相反的结果。

(3) 三种基本逻辑函数

与逻辑函数、或逻辑函数、非逻辑函数。只有当一件事情的所有条件全部具备之后,这件事才发生,表示这种逻辑关系的函数称为与逻辑函数。当一件事情的所有条件中只要有一个条件或一个以上条件得到满足,这件事情就会发生,表示这种逻辑关系的函数称为或逻辑函数。当一件事情的条件不具备时,这件事情才发生,表示这种逻辑关系的函数称为非逻辑函数。

2. 三种逻辑函数的基本运算

(1) 与运算　$F = A \cdot B = AB$

(2) 或运算　$F = A + B$

(3) 非运算　$F = \bar{A}$

3. 逻辑运算的公理

(1) $\overline{1}=0;\overline{0}=1$

(2) $1\cdot 1=1;0+0=0$

(3) $1\cdot 0=0;1+0=0+1=1$

(4) $0\cdot 0=0;1+1=1$

(5) 若 $A\neq 0$,则 $A=1$

若 $A\neq 1$,则 $A=0$

4. 逻辑函数的基本定律

(1) 常量与变量关系定理

$$\begin{cases}A\cdot 0=0\\A\cdot 1=A\end{cases}\quad\begin{cases}A+0=A\\A+1=1\end{cases}\quad\begin{cases}A\cdot\overline{A}=0\\A+\overline{A}=1\end{cases}$$

(2) 交换律　$A+B=B+A;A\cdot B=B\cdot A$

(3) 结合律　$(A+B)+C=(A+C)+B$

(4) 分配律　$A\cdot(B+C)=AB+AC$

(5) 重叠律　$A+A=A;\ A\cdot A=A$

(6) 摩根律　$\overline{AB}=\overline{A}+\overline{B};\ \overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

5. 逻辑代数的三个重要规则

(1) 代入规则

代入规则是指任何一个含有变量 A 的逻辑等式,如果将所有出现 A 的地方都用逻辑函数 G 替换,则等式仍然成立。

(2) 对偶规则

对于一个逻辑表达式 Z,如果将 Z 中的与“.”换成或“+”,将或“+”换成与“.”,将“1”换成“0”,“0”换成“1”,并注意保留所有非号(包括长非号)及原式 Z 中的运算顺序,即得到原逻辑表达式 Z 的对偶式。

(3) 反演规则

对于一个逻辑表达式 Z,如果将 Z 中的与“.”换成或“+”,将或“+”换成与“.”,将“1”换成“0”,“0”换成“1”,将原变量变成反变量,反变量变成原变量,并注意两个以上变量共用的长非号保持不变和原式 Z 中的运算顺序保持不变,即得到原逻辑表达式 Z 的反函数表达式,记作 $\overline{Z}$。

6. 逻辑代数的表示方法

逻辑函数可以用逻辑表达式、真值表、逻辑图、卡诺图四种方式表达,这四

种方式之间可以相互转换。同一个逻辑函数其真值表、卡诺图是唯一的,但通过对逻辑函数式的化简或变换,其逻辑表达式和逻辑图却可以有多种形式。

三、逻辑函数的化简

逻辑函数化简的常用方法有公式法和图形法二种。不同形式的逻辑式对应不同的最简形式,但一般来说,都可以从最简与或式经等效变换来获得。最简与或式的标准是:

(1) 乘积项个数最少;

(2) 每个乘积项中变量最少。

1. 最小项及标准与或式

(1) 最小项

① 最小项是一个乘积项

② n 个变量的逻辑函数的最小项包含 n 个变量因子,每个变量在乘积项中以原变量或反变量的形式出现,且仅出现一次。

③ n 个变量的逻辑函数一共有 2^n 个最小项。

④ 两个最小项仅有一个变量因子不同时,称为相邻最小项。

(2) 标准与或式

标准与或式即为逻辑函数的最小项表达式。它是把使逻辑函数值为 1 的对应最小项用或“+”符号连接起来的与或式。

求逻辑函数的最小项表达式有两种方法,一种是直接从真值表写出对应的与或式,另一种是利用添因子的方法将其化成最小项表达式。

2. 公式化简法

用公式法化简逻辑函数时,常用的定律除了摩根定律外,还有以下四个重要定律:

(1) 合并律

利用 $AB+A\bar{B}=A$,把两项合并成一项,并消去一个变量;

(2) 吸收律

利用 $A+AB=A$ 和 $AB+\bar{A}C+BC=AB+\bar{A}C$,消去多余项;

(3) 消去法

利用 $A+\bar{A}B=A+B$ 和 $\bar{A}+AB=\bar{A}+B$,消去多余变量;

(4) 配项法

利用 $A=A(B+\bar{B})$ 和 $A=A+B\bar{B}$,把一项变成二项,或利用 $AB+\bar{A}C=AB+$

$\bar{A}C+BC$,添加冗余项,再和其他项合并,达到化简的目的。

3. 图形化简法

图形化简法即利用卡诺图化简逻辑函数，利用卡诺图化简逻辑函数比较直观,它可以方便地得到最简与或式。但卡诺图化简不适用于六变量以上的逻辑函数的化简。在一般的逻辑设计中,四变量以下的逻辑函数多用卡诺图化简法进行化简。

(1) 卡诺图

卡诺图即最小项方格图,三变量和四变量逻辑函数的卡诺图如图 1.3.1 和图 1.3.2 所示。注意:变量按循环码排列,由此在几何位置和对称位置上反映最小项的相邻性。

$A \backslash BC$	00	01	11	10
0	m_0	m_1	m_3	m_2
1	m_4	m_5	m_7	m_6

图 1.3.1　三变量卡诺图

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	m_0	m_1	m_3	m_2
01	m_4	m_5	m_7	m_6
11	m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}
10	m_8	m_9	m_{11}	m_{10}

图 1.3.2　四变量卡诺图

(2) 用卡诺图表示逻辑函数

① 从真值表到卡诺图

若已知某函数的真值表,则在使 $F=1$ 的输入组合所对应的小方格中填 1,其余的填 0(也可不填)。

② 从标准与或式到卡诺图

若已知某函数的标准与或式,则对于式中出现的最小项,在所对应的小方格中填 1。

(3) 用卡诺图化简逻辑函数的步骤

① 把卡诺图上相邻的“1”方格,按 $2^n(n=0,1,2,\cdots)$ 数量圈起来。

② 卡诺圈数目尽可能少,这样化简后的逻辑式中乘积项最少。

③ 卡诺圈范围尽可能大,这样合并消去的变量多,合并后乘积项中变量数最少。“1”方格可被重复圈在不同的卡诺圈中,但每个圈中都至少有一个“1”方格未被其他卡诺圈圈过。

④ 写出各卡诺圈所对应的与项(变量发生变化的舍去,变量无变化的保

留,“0”写成反变量,“1”写成原变量)。

⑤ 最后写出函数的最简与或式。

(4) 含有约束项的逻辑函数的化简

实际中经常会遇到这样的问题,对于逻辑函数变量的某些取值,函数的值可以是任意的,或者这些变量的取值根本不会出现,这些变量取值所对应的最小项称为约束项。约束项的意义在于,它的值可以取 0 或取 1,具体取什么值,可以根据使函数尽量得到简化而定。约束项在真值表或卡诺图中用“×”表示。

§1.4 例题分析

【例 1.4.1】 将$(101011)_2$转换为十进制数。

解: $(101011)_2 = 1\times2^5+0\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=(43)_{10}$

【例 1.4.2】 将$(53.634)_{10}$转换为二进制数,精确到小数点后第四位。

解: 整数部分转换如下:

	余数	
2⌊53		低位 ↑
2⌊26	1	
2⌊13	0	
2⌊6	1	
2⌊3	0	
2⌊1	1	
0	1	高位

小数部分转换如下:

$0.634\times2=1.268$ $a_{-1}=1$

$0.268\times2=0.536$ $a_{-2}=0$

$0.536\times2=1.072$ $a_{-3}=1$

$0.072\times2=0.142$ $a_{-4}=0$

故$(53.634)_{10}=(110101.1010)_2$

【例 1.4.3】 将$(1101011.11101)_2$转换为八进制数。

解: $$\frac{001}{1}\quad\frac{101}{5}\quad\frac{011}{3}\cdot\frac{111}{7}\quad\frac{010}{2}$$

故$(1101011.11101)_2=(153.72)_8$

【例 1.4.4】 用公式法将逻辑函数 $F(A,B,C)=A+\bar{A}B+BC$ 化简为最简与或式。

解：$F=A+\bar{A}B+BC=A+B+BC=A+B$

【例 1.4.5】 用公式法将逻辑函数 $F(A,B,C)=AB+\bar{A}C+\bar{B}C+A\bar{B}CD$ 化简为最简与或式。

解：$F=AB+\bar{A}C+\bar{B}C+A\bar{B}CD=AB+\bar{A}C+\bar{B}C=AB+(\bar{A}+\bar{B})C=AB+\overline{AB}C$
$=AB+C$

【例 1.4.6】 用卡诺图法将逻辑函数 $F(A,B,C,D)=\bar{A}\bar{B}C+A\bar{B}D+ABC+\bar{B}\bar{D}+\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$ 化简为最简与或式。

解：

$$\begin{aligned}F(A,B,C,D)&=\bar{A}\bar{B}C+A\bar{B}D+ABC+\bar{B}\bar{D}+\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}\\&=\bar{A}\bar{B}C(D+\bar{D})+A\bar{B}D(C+\bar{C})+ABC(D+\bar{D})\\&\quad+(A+\bar{A})\bar{B}\bar{D}+\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}\\&=\bar{A}\bar{B}CD+\bar{A}\bar{B}C\bar{D}+A\bar{B}CD+A\bar{B}\bar{C}D+ABCD\\&\quad+ABC\bar{D}+A\bar{B}\bar{D}(C+\bar{C})+\bar{A}\bar{B}\bar{D}(C+\bar{C})+\bar{A}\ \bar{B}\ \bar{C}\ \bar{D}\\&=\bar{A}\bar{B}CD+\bar{A}\bar{B}C\bar{D}+A\bar{B}CD+A\bar{B}\bar{C}D+ABCD\\&\quad+ABC\bar{D}+A\bar{B}\bar{C}\bar{D}+A\bar{B}C\bar{D}+\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}\\&=\sum m(0,2,3,8,9,10,11,14,15)\end{aligned}$$

F 的卡诺图及卡诺图画法如图 1.4.1 所示。

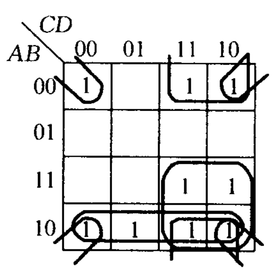


图 1.4.1　例 1.4.6 的卡诺图化简

所得 F 最简与或式为：$F=A\bar{B}+AC+\bar{B}\bar{D}+\bar{B}C$

【例 1.4.7】 用卡诺图将逻辑函数

$F(A,B,C,D)=\sum m(0,1,4,5,6,7,9,10,13,14,15)$ 化简为最简与或式。

解：F 的卡诺图及卡诺图化简如图 1.4.2 所示。

所得 F 最简与或式为：$F=\bar{A}\bar{C}+\bar{C}D+BC+AC\bar{D}$

【例 1.4.8】 用卡诺图将逻辑函数

$F(A,B,C,D)=\sum m(1,3,4,7,13,14)+\sum d(2,5,12,15)$

化简为最简与或式。

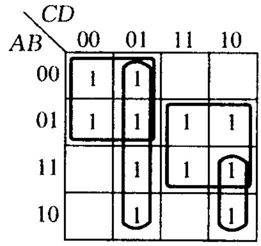


图 1.4.2 例 1.4.7 的卡诺图化简

解：F 的卡诺图及卡诺图化简如图 1.4.3 所示。

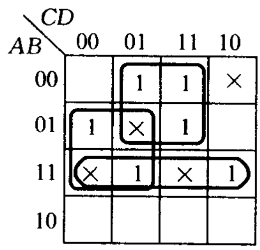


图 1.4.3 例 1.4.8 的卡诺图化简

所得 F 最简与或式为：$\begin{cases} F = B\bar{C} + AB + \bar{A}D \\ \sum d(2,5,12,15) = 0 \end{cases}$

【例 1.4.9】 用卡诺图将逻辑函数

$F(A,B,C,D) = \sum m(0,2,7,13,15)$ 且 $\bar{A}B\bar{C} + \bar{A}B\bar{D} + \bar{A}\bar{B}D = 0$ 化简为最简与或式。

解：将约束条件 $\bar{A}B\bar{C} + \bar{A}B\bar{D} + \bar{A}\bar{B}D = 0$ 化为最小项之和的形式：

$\bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}BC\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D = 0$

函数 F 的约束项为 m_1、m_3、m_4、m_5、m_6。

F 的卡诺图及卡诺图化简如图 1.4.4 所示。

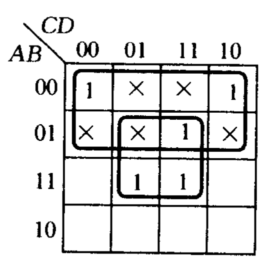


图 1.4.4 例 1.4.9 的卡诺图化简

所得 F 最简与或式为：$F = \bar{A} + BD$

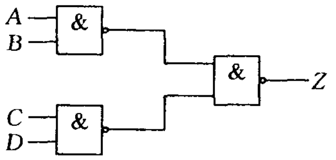
§1.5　习题解答与提示

一、填空题（略）

二、选择题（略）

三、练习题

1.11　逻辑电路如图题 1.11 所示，写出其逻辑表达式并列出真值表。



图题 1.11

解：$Z=\overline{\overline{AB}\cdot\overline{CD}}$

1.12　指出下列函数中，当 A、B、C 取什么值时，函数 F 为 1。

① $F(A,B,C)=\bar{A}B+AC$

② $F(A,B,C)=A+B\bar{C}(A+B)$

③ $F(A,B,C)=\bar{A}B+ABC+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}$

解：解此题时应把 F 表达式展开成最小项标准与或式，每个最小项所对应的输入便是问题的答案。

① $F(A,B,C)=\bar{A}B+AC=\bar{A}B(C+\bar{C})+AC(B+\bar{B})=\bar{A}BC+\bar{A}B\bar{C}+ABC+A\bar{B}C$

当 ABC 输入组合为 011，010，111，101 中任一种时，$F=1$

② 当 ABC 输入组合为 111，110，101，100，010 中任何一种时，$F=1$

③ 当 ABC 输入组合为 011，010，111，000 中任一种时，$F=1$

1.13　用真值表证明下列等式：

① $(A\oplus B)\oplus C=A\oplus(B\oplus C)$

② $\overline{A+B+C}=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}$

③ $\bar{A}B+A\bar{B}=(\bar{A}+\bar{B})(A+B)$

解：① 令 $F_1=(A\oplus B)\oplus C$　　　　$F_2=A\oplus(B\oplus C)$

由此可列出真值表，如表 1.5.1 所示。