高等学校教材同步辅导系列

数字电子技术基础

同步辅导

清华·第四版

主　编　吴丽华
副主编　王英立　房国志

哈尔滨工业大学出版社

高等学校教材同步辅导系列

数字电子技术基础
同步辅导

（清华·第四版）

主　编　吴丽华

副主编　王英立　房国志

哈尔滨工业大学出版社

内容提要

本书按照《数字电子技术基础》(清华大学编，第四版，高等教育出版社)教材章节进行编写。全书共分八章，每章分知识要点、典型题解析、习题全解三部分。其中习题全解为清华大学主编的《数字电子技术基础》课后习题的全部解答。

本书可作为普通高等学校、夜大、高职高专等师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础同步辅导/吴丽华主编.—哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2003.8

ISBN 7-5603-1931-9

Ⅰ.数…　Ⅱ.吴…　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(2003)第077425号

出版发行　哈尔滨工业大学出版社
社　　址　哈尔滨市南岗区教化街21号　邮编150006
传　　真　0451-86414749,0451-86416203
印　　刷　肇东粮食印刷厂
开　　本　850×1168　1/32　印张7.25　字数209千字
版　　次　2003年8月第1版　2003年8月第1次印刷
书　　号　ISBN 7-5603-1931-9/TN·69
印　　数　1~6 000
定　　价　10.00元

前　　言

随着电子技术的不断发展，电子技术课程的内容不断更新，为满足广大同学的求知欲望，也为今后的专业课打下坚实的基础，我们编写了此书。

本书按《数字电子技术基础》（清华大学编，第四版，高等教育出版社）章节顺序分为八章，每章分三个版块：

一、知识要点——将相应章节的内容进行了高度的归纳和总结，使您对内容清晰明了，成竹在胸。

二、典型题解析——精选了典型的具有代表性的例题进行详尽的分析和解答。这些例题涉及的内容广泛，类型众多，技巧性强，可使您举一反三、触类旁通。

三、习题全解——给出了《数字电子技术基础》（清华大学编，第四版，高等教育出版社）各章习题的全部解答。

本书第一、二、三章由王英立老师编写；第四、五、七章由吴丽华老师编写；第六、八章由房国志老师编写。

由于编者水平和经验有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编　者

2003 年 7 月于哈尔滨

目　　录

第一章

逻辑代数基础

一、知识要点

1.数制、码制

二进制数在集成电路中容易实现，运算电路简单，所以数字系统中常用二进制数来表示数据，一个 n 位二进制数可以表示 2^n 个数据；十六进制数是二进制数的简写，常用于数字电子技术、微处理器、计算机和数据通信技术。另外，如 8421 码、余三码、格雷码等特殊二进制码常用来表示十进制数。

2.逻辑代数基本逻辑运算和公式、定理

数字逻辑是计算机的基础，它可以实现复杂的算术运算和逻辑运算，其三种最基本的运算是与、或、非运算，熟练掌握基本公式、常用公式和基本定理，可以大大提高运算速度。

3.逻辑函数的表示方法

逻辑函数的表示方法包括 4 种，即真值表、逻辑函数式、逻辑图和卡诺图。这 4 种方法可以等价地表示同一个逻辑代数问题，并且这 4 种方法之间可以任意地相互转换。根据具体的实际情况，可以选择最适当的一种方法表示所研究的逻辑函数。

4. 逻辑函数的化简方法

本章重点介绍了两种逻辑函数的化简方法，即公式法和卡诺图法。公式法化简逻辑函数不受任何条件限制，但由于该方法没有固定的步骤可循，当逻辑函数较复杂时，需要熟练地运用各种公式、定理和一定的运算技巧、经验；卡诺图化简法简单、直观，有一定的化简步骤可循，常用于逻辑变量少于5个的逻辑函数化简。当函数的逻辑变量超过5个，应采用其它方法化简。

二、典型题解析

[例 1.1] 将七进制数 $21.6_{(7)}$ 转化为等值的十一进制数。

解 本题要求将 m 进制数转换为 n 进制数可按以下通用方法进行：

首先将七进制数 $21.6_{(7)}$ 转换成等值的十进制数。

$21.6_{(7)} = 2 \times 7^1 + 1 \times 7^0 + 6 \times 7^{-1} = 15.857_{(10)}$

然后将所得十进制数转化为十一进制数，整数部分：利用除11取余法；小数部分：利用乘11取整法，保留三位小数，其结果为

$21.6_{(7)} = 15.857_{(10)} = 14.947_{(11)}$

[例 1.2] 用卡诺图法化简逻辑函数为最简与或式

$Y = \bar{C}D + ACD + C\bar{D} + BC\bar{D}$

解 本题在逻辑函数化简时，需要注意其卡诺图化简结果有两种答案，均符合最简与或式的要求，如图 L1.2 所示。

其化简结果为

(1) $Y = \bar{C}D + AD + C\bar{D}$

或者为

(2) $Y = \bar{C}D + AC + C\bar{D}$

可见利用卡诺图化简逻辑函数，化简结果不唯一。

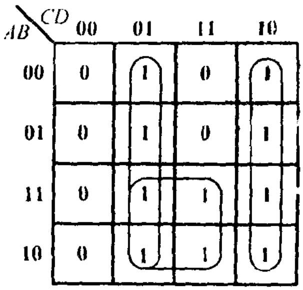

图 L1.2(1)

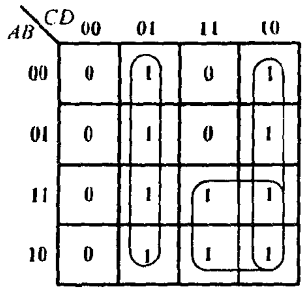

图 L1.2(2)

[例 1.3] 将下列函数化简为最简与或非式

(1) $F_2 = CD + BC + AD + \bar{A}\bar{B}D$

(2) $F_1 = AB\bar{C} + AB\bar{D} + \bar{A}BC + AC\bar{D}$，且 $\bar{B}\bar{C} + \bar{B}CD = 0$

解 利用卡诺图化简函数为最简与或非式时，可利用卡诺图中为 0 的最小项的逻辑和为函数的反函数的性质，可以考虑在卡诺图中先圈 0 化简，得到反函数的最简与或式，然后在此最简与或式上加反，得到函数的最简与或非式。

此方法可以称为圈 0 加反法，具体解法为：

1. 画函数的卡诺图

将最小项和约束项或者函数的约束条件填入图中。

2. 合并相邻的最小项

将最小项为 0 的小方块按卡诺图化简函数为最简与或式的方法画圈。其中画人圈中的约束项看作 0，而没有画人圈中的约束项看作 1。其具体画法如图 L1.3 所示。

AB\CD	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	0	1	1
11	0	1	1	1
10	0	1	1	0

图 L1.3(1)

AB\CD	00	01	11	10
00	×	×	×	0
01	0	0	1	1
11	1	1	0	1
10	×	×	×	1

图 L1.3(2)

3. 写函数的最简与或非式

对圈 0 法得到的反函数的最简与或式取反，即可得到最简与或非式为

$$F_1 = \overline{\bar{A}B\bar{C} + \bar{B}\bar{C} + \bar{C}\bar{D}}$$

$$F_2 = \overline{\bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} + ACD}$$

[例 1.4] 已知函数

$$Y_1 = m_2 + m_3 + m_4 + m_6 + m_7 + m_9 + m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15}$$

$$Y_2 = m_0 + m_3 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{13}$$

$$Y_3 = m_0 + m_2 + m_4 + m_6 + m_7 + m_8 + m_{12} + m_{14} + m_{15}$$

为统一电路的三个输出端，试使用最少数目的与非门实现电路。

解　对于多输出函数的电路化简，基本方法和步骤可参照单输出函数的化简。不同的是，多输出电路应保证整体电路为最简，而各单个函数不一定是最简，因此在化简过程中重要的是寻找和利用公共圈。

首先，分别画三个函数卡诺图，如图 L1.4(1)、(2)、(3) 所示。

兼顾 $Y_1 \sim Y_3$ 之间能公用或部分函数公用的圈，图中已经画

出了各函数画圈的情况。Y_1 为 5 个圈，Y_3 为 4 个圈，若按单个函数合并，Y_1 和 Y_3 应分别为 4 个和 3 个圈。但是按图中画圈的情况，Y_2 包含的 3 个圈在 Y_1 和 Y_3 中已有，所以在实现电路时，Y_2 就不需要再用别的逻辑门，只利用 Y_1 和 Y_3 公共部分的逻辑门就可以了。其电路图如图 L1.4(4) 所示。

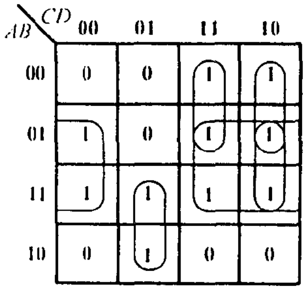

图 L1.4(1)

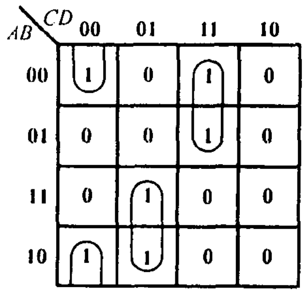

图 L1.4(2)

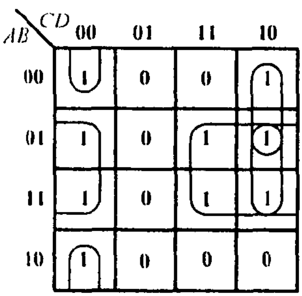

图 L1.4(3)

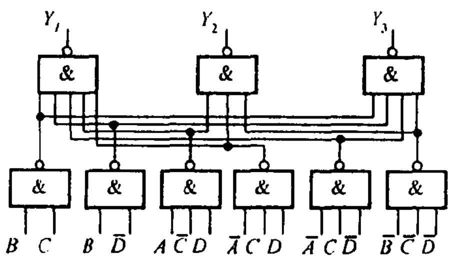

图 L1.4(4)

三、习题全解

[题 1.1] 将下列二进制数转换为等值的十六进制数和等值的十进制数。

(1)$(10010111)_2$;　　　(2)$(1101101)_2$;

(3)$(0.01011111)_2$;　　(4)$(11.001)_2$。

解　二进制数转化为十六进制数，可利用每四位二进制数与一位十六进制数一一对应的性质，从小数点起分别将整数部分和小数部分的每4位二进制数分为一组，并代之以等值的十六进制数，即可得到对应的十六进制数。二进制数转化为十进制数，只要将二进制数按权展开、求和，即可得到结果。

(1)$(10010111)_2 = (97)_{16} = (151)_{10}$

(2)$(1101101)_2 = (6D)_{16} = (109)_{10}$

(3)$(0.01011111)_2 = (0.5F)_{16} = (0.37109375)_{10}$

(4)$(11.001)_2 = (3.2)_{16} = (3.125)_{10}$

[**题 1.2**] 将下列十六进制数化为等值的二进制数和等值的十进制数。

(1)$(8C)_{16}$;　　　(2)$(3D.BE)_{16}$;

(3)$(8F.FF)_{16}$;　　(4)$(10.00)_{16}$。

解　十六进制数转化为二进制数，只需将十六进制数的每一位用等值的4位二进制数代替就得到相应的二进制数。十六进制数转化为十进制数，需要将十六进制数按权展开、求和，得到结果。

(1)$(8C)_{16} = (10001100)_2 = (140)_{10}$

(2)$(3D.BE)_{16} = (111101.1011111)_2 = (61.7421875)_{10}$

(3)$(8F.FF)_{16} = (10001111.11111111)_2 = (143.99609375)_{10}$

(4)$(10.00)_{16} = (10000.00000000)_2 = (256)_{10}$

[**题 1.3**] 将下列十进制数转换成等效的二进制数和等效的十六进制数。要求二进制数保留小数点以后4位有效数字。

(1)$(17)_{10}$;　(2)$(127)_{10}$;　(3)$(0.39)_{10}$;　(4)$(25.7)_{10}$。

解　十进制数转化为二进制数，整数部分可利用除二取余法得到二进制数的整数部分，小数部分可以利用乘二取整法得到二

进制数的小数部分，从而求得二进制数的每一位。十进制数转化为十六进制数可以先将十进制数转换成二进制数，然后再将所得二进制数转换为等值的十六进制数。注意：小数部分要根据题目要求保留相应的有效数字。

(1) $(17)_{10} = (10001)_2 = (11)_{16}$

(2) $(127)_{10} = (1111111)_2 = (7F)_{16}$

(3) $(0.39)_{10} = (0.0110)_2 = (0.6)_{16}$

(4) $(25.7)_{10} = (11001.1011)_2 = (19.B)_{16}$

[题 1.4] 写出下列二进制数的原码和补码。

(1) $(+1011)_2$；(2) $(+00110)_2$；(3) $(-1101)_2$；(4) $(-00101)_2$。

解 在定点运算的情况下，原码是以最高位作为符号位，正数为 0，负数为 1，以下各位为所对应的二进制数值。补码同样是以最高位作为符号位，以下各位，正数的补码和原码相同，负数的补码是将原码的数值逐位取反，然后在最低位上加 1 得到。

(1) $(+1011)_2 = (01011)_{原} = (01011)_{补}$

(2) $(+00110)_2 = (000110)_{原} = (000110)_{补}$

(3) $(-1101)_2 = (11101)_{原} = (10011)_{补}$

(4) $(-00101)_2 = (100101)_{原} = (111011)_{补}$

[题 1.5] 试总结并说出

(1) 从真值表写逻辑函数式的方法；

(2) 从函数式列真值表的方法；

(3) 从逻辑图写逻辑函数式的方法；

(4) 从逻辑函数式画逻辑图的方法。

解 (1) 首先找出真值表中使逻辑函数为1时，输入变量的取值组合，然后将每组输入变量取值组合对应出一个乘积项，其中取值为 1 的写入原变量，取值为 0 的写入反变量，最后将这些乘积项相加，即可得到对应的逻辑函数式。

(2) 将输入变量的所有组合状态代入逻辑式求出函数值，列成表，即可得到对应的真值表。

(3) 从输入端到输出端逐级写出每个图形符号所对应的逻辑式，即可得到对应的逻辑函数式。

(4) 用图形符号代替逻辑式中的运算符号，即可得到对应的逻辑图。

[题 1.6] 已知逻辑函数的真值表如表 P1.6(a)、(b)，试写出对应的逻辑函数式。

表 P1.6(a)

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

表 P1.6(b)

M	N	P	Q	Z
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

解　表 P1.6(a) 利用取真法确定，输入变量取值为以下几种情况时，输出为 **1**：

$A=0, B=0, C=1$，即 $\bar{A}\bar{B}C=1$

$A=0, B=1, C=0$，即 $\bar{A}B\bar{C}=1$

$A=1, B=0, C=0$，即 $A\bar{B}\bar{C}=1$

因此 Y 的逻辑函数应当等于这几个乘积项之和，即

$Y=\bar{A}\bar{B}C+\bar{A}B\bar{C}+A\bar{B}\bar{C}$

表 P1.6(b) 利用取真法确定，输入变量取值为以下几种情况时，输出为 **1**：

$A=0, B=0, C=1, D=1$，即 $\bar{A}\bar{B}CD=1$

$A=0, B=1, C=1, D=0$，即 $\bar{A}BC\bar{D}=1$

$A=0, B=1, C=1, D=1$，即 $\bar{A}BCD=1$

$A=1, B=0, C=1, D=1$，即 $A\bar{B}CD=1$

$A=1, B=1, C=0, D=0$，即 $AB\bar{C}\bar{D}=1$

$A=1, B=1, C=0, D=1$，即 $AB\bar{C}D=1$

$A=1, B=1, C=1, D=0$，即 $ABC\bar{D}=1$

$A=1, B=1, C=1, D=1$，即 $ABCD=1$

因此 Y 的逻辑函数应当等于这几个乘积项之和，即

$$Y=\bar{A}\bar{B}CD+\bar{A}BC\bar{D}+\bar{A}BCD+A\bar{B}CD+AB\bar{C}\bar{D}+AB\bar{C}D+ABC\bar{D}+ABCD$$

[**题 1.7**] 试用列真值表的方法证明下列异或运算公式。

(1) $A\oplus 0=A$

(2) $A\oplus 1=\bar{A}$

(3) $A\oplus A=0$

(4) $A\oplus\bar{A}=1$

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

(6) $A(B\oplus C)=AB\oplus AC$

(7) $A\oplus\bar{B}=\overline{A\oplus B}=A\oplus B\oplus 1$

解 用真值表法证明等式，只需将等式左右两边函数对应自变量的所有状态的取值情况列入真值表，如果函数对应自变量的所有状态的取值情况都相等，则等式成立。

表 D1.7(1)

A	$A\oplus 0$	A
0	0	0
1	1	1

表 D1.7(2)

A	$A\oplus 1$	$\bar{A}$
0	1	1
1	0	0

表 D1.7(3)

A	$A\oplus A$
0	0
1	0

表 D1.7(4)

A	$A\oplus \bar{A}$
0	1
1	1

表 D1.7(5)

A	B	C	$(A\oplus B)\oplus C$	$A\oplus(B\oplus C)$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

表 D1.7(6)

A	B	C	$A(B\oplus C)$	$AB\oplus AC$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

表 D1.7(7)

A	B	$A\oplus\bar{B}$	$\overline{A\oplus B}$	$A\oplus B\oplus 1$
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	1

[**题 1.8**] 用逻辑代数的基本公式和常用公式将下列逻辑函数化为最简与或形式。

(1) $Y = A\bar{B} + B + \bar{A}B$

(2) $Y = A\bar{B}C + \bar{A} + B + \bar{C}$

(3) $Y = \overline{\overline{A}BC} + \overline{A\overline{B}}$

(4) $Y = A\overline{B}CD + ABD + A\overline{C}D$

(5) $Y = A\overline{B}(\overline{A}CD + \overline{AD + \overline{B}\,\overline{C}})(\overline{A} + B)$

(6) $Y = AC(\overline{C}D + \overline{A}B) + BC(\overline{\overline{\overline{B} + AD} + CE})$

(7) $Y = A\overline{C} + ABC + AC\overline{D} + CD$

(8) $Y = A + (\overline{B + \overline{C}})(A + \overline{B} + C)(A + B + C)$

(9) $Y = B\overline{C} + AB\overline{C}E + \overline{B}(\overline{\overline{A}\,\overline{D} + AD}) + B(A\overline{D} + \overline{A}D)$

(10) $Y = AC + A\overline{C}D + A\overline{B}\,\overline{E}F + B(D \oplus E) + B\overline{C}D\overline{E} +$
$B\overline{C}\,\overline{D}E + AB\overline{E}F$

解 (1) $Y = A + B + \overline{A}B = A + B$

(2) $Y = \overline{A} + \overline{B}C + B + \overline{C} = \overline{A} + B + C + \overline{C} = 1$

(3) $Y = A + \overline{BC} + \overline{A} + B = 1$

(4) $Y = AD(\overline{B}C + B + \overline{C}) = AD(C + B + \overline{C}) = AD$

(5) $Y = A\overline{B}\,\overline{\overline{\overline{A} + B}}(\overline{A}CD + \overline{AD + \overline{B}\,\overline{C}}) = 0$

(6) $Y = 0 + BC(\overline{B} + AD)(\overline{C} + \overline{E}) = ABCD\overline{E}$

(7) $Y = A(\overline{C} + BC + C\overline{D}) + CD =$
$A(\overline{C} + B + \overline{D}) + (A + \overline{A})CD =$
$A(\overline{C} + \overline{D} + CD + B) + \overline{A}CD =$
$A + \overline{A}CD = A + CD$

(8) $Y = A + \overline{B}C(A + C) = A + \overline{B}C$

(9) $Y = B\overline{C} + \overline{B}(A + D)(\overline{A} + \overline{D}) + B(A\overline{D} + \overline{A}D) =$
$B\overline{C} + A\overline{D} + \overline{A}D$

(10) $Y = A(C + \overline{C}D + \overline{B}\,\overline{E}F + B\overline{E}F) + B(D \oplus E) +$
$B\overline{C}(D \oplus E) =$
$A(C + D + \overline{E}F) + B(D \oplus E) =$
$AC + AD + A\overline{E}F + BD\overline{E} + B\overline{D}E$

[题 1.9] 写出图 P1.9 中各逻辑图的逻辑函数式，并化简为最

简与或式。

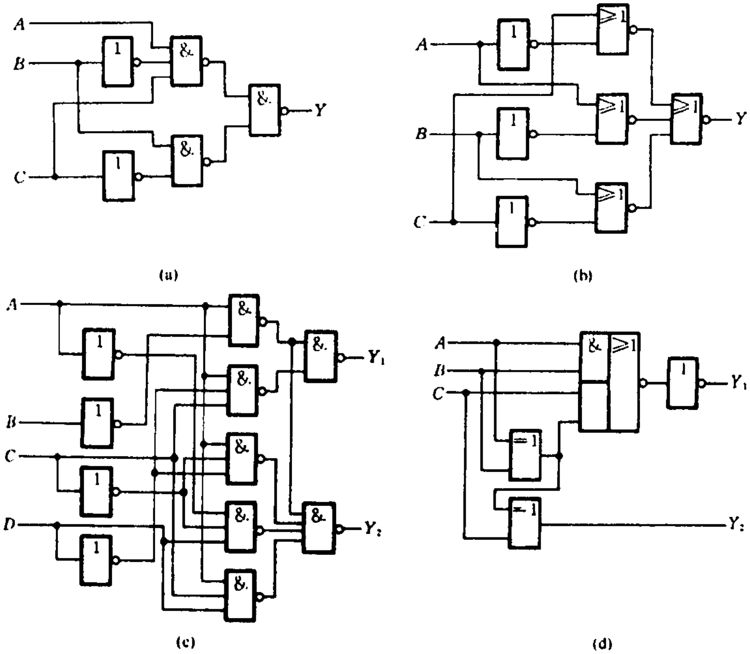

图 P1.9

解　首先从输入端到输出端逐级写出每个图形符号所对应的逻辑式,即可得到对应的逻辑函数式,然后利用公式法或卡诺图法将表达式化简为最简与或式。

图 P1.9(a) $Y = \overline{\overline{A\bar{B}C}\;\overline{B\bar{C}}} = A\bar{B}C + B\bar{C}$

图 P1.9(b) $Y = \overline{\overline{\bar{A} + C} + \overline{A + \bar{B}} + \overline{B + \bar{C}}} =$

$(\bar{A} + C)(A + \bar{B})(B + \bar{C}) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + ABC$

图 P1.9(c) $Y_1 = \overline{\overline{A\bar{B}}\;\overline{A\bar{D}C}} = A\bar{B} + AC\bar{D}$

$Y_2 = \overline{\overline{A\bar{B}}\;\overline{AC\bar{D}}\;\overline{\bar{A}\bar{C}D}\;\overline{ACD}} = A\bar{B} + AC\bar{D} + \bar{A}\bar{C}D + ACD$