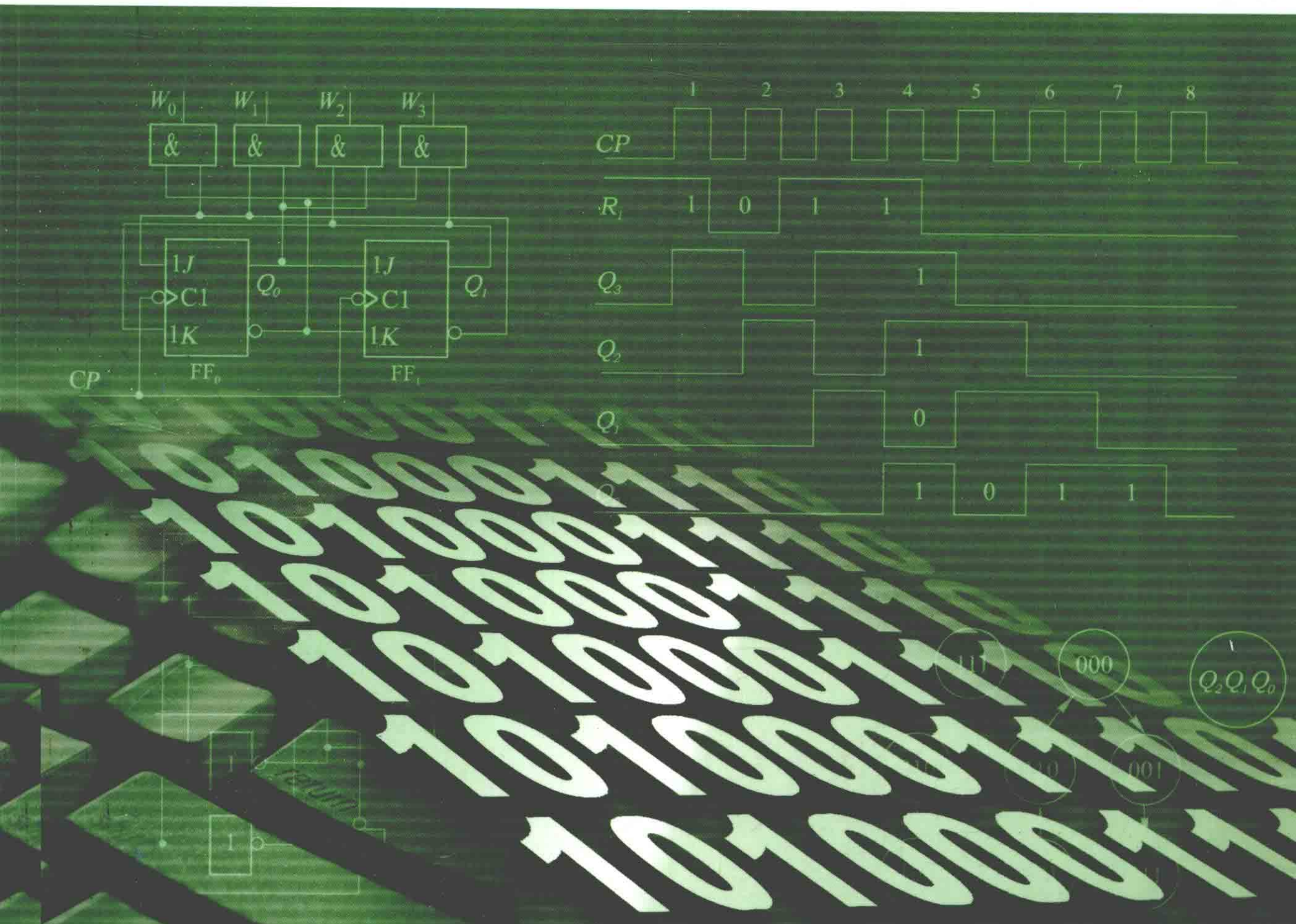
21世纪

高等学校电子信息类系列教材

《数字电子技术基础》学习指导

■ 杨颂华 冯毛官 编著



西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

★ 21 世纪高等学校电子信息类系列教材

《数字电子技术基础》
学 习 指 导

杨颂华 冯毛官 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是与《数字电子技术基础》教材配套使用的教学指导书。作者在书中讲述了每一章的基本要求、重点、难点，介绍了每一章习题的解题方法与技巧，用以帮助读者掌握本课程的基本内容、基本概念以及解题的思路与方法，并在书末附录中编入了模拟试题两套。

本书可作为学习“数字电路”课程高等院校学生的教学参考书，也可作为自学本课程的辅导材料。

21 世纪高等学校电子信息类系列教材

《数字电子技术基础》学习指导

杨颂华　冯毛官　编著

策　　划　云立实
责任编辑　张友
出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)
电　　话　(029) 8227828　　邮　　编　710071
http://www.xduph.com　　E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com
经　　销　新华书店
印　　刷　西安万花印务有限责任公司
版　　次　2003 年 3 月第 1 版　　2003 年 12 月第 2 次印刷
开　　本　787 毫米×1092 毫米　1/16　印张 7
字　　数　160 千字
印　　数　4 001～10 000 册
定　　价　8.00 元
ISBN 7-5606-0869-8/TN·0150

XDUP 1140A01-2

＊＊＊如有印装问题可调换＊＊＊

前　言

"数字电子技术基础"是电子信息类专业的一门重要技术基础课程，学习该课程的目的是为了使学生掌握数字电路的基本分析和设计方法，为数字系统的硬件设计奠定坚实的基础。

本书是与《数字电子技术基础》教材配套使用的学习指导用书。编者根据课程教学的基本要求和多年来积累的教学实践经验，并针对学生在学习中经常遇到的困难问题，进行了归纳、总结、提炼和解答。编者在每一章讲述了该章的基本要求、重点、难点，并讲述了习题的解题思路、方法以及特点、技巧。希望通过本书的学习能够帮助学生把握好课程内容的重点，深入理解基本概念并正确掌握解题的基本方法，从而提高分析问题、解决问题的能力。

本书共分 10 章，依次对应教材中的数制与编码、逻辑代数基础、集成逻辑门、组合逻辑电路、触发器、时序电路的分析与设计、常用集成时序逻辑器件及应用、脉冲波形的产生与整形、存储器和可编程逻辑器件、数－模转换和模－数转换，最后附录中编入了两套模拟试题及解答，供学生在课程学习结束时复习使用。

本书第 6、10 章由冯毛官编写，其余各章由杨颂华编写。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编　者

2002 年 10 月

目　　录

第 1 章 数制与编码

1.1 基本要求、重点、难点

本章主要介绍各种数制的表示及转换方法，并介绍了常用的编码。学习这一章的基本要求是：

（1）掌握进位计数制的表示方法及常用数制（二、八、十、十六进制数）的相互转换方法。

（2）掌握常用编码的表示方法。

1. 任意 *R* 进制数与十进制数之间的转换

① 任意进制数$(N)_R$转换为十进制数时，采用按权展开法（或称多项式替代法），即将$(N)_R$写成按权展开的多项式表示式，并按十进制规则进行运算，便可求得相应的十进制数。

② 十进制数转换成任意进制数$(N)_R$时，采用基数乘除法，十进制数的整数部分和小数部分应分开转换。

整数部分采用“除 R 取余法”，即将十进制整数反复除 R，依次记录余数，便可得到 R 进制整数部分的各位数码。注意先得到的余数是 R 进制整数的最低位。

小数部分转换采用“乘 R 取整法”，即将十进制小数反复乘 R，依次记录整数，便可得到 R 进制小数部分的各位数码，此时先得到的整数是 R 进制小数的最高位。

2. 二进制、八进制、十六进制数之间的转换

二进制与八进制、十六进制数之间的转换，是以小数点为界，分别向左、向右，按照三位二进制数对应一位八进制数，四位二进制数对应一位十六进制数的规则，按位进行变换。

3. 常用的编码

① 二—十进制编码（BCD 码）。BCD 码是用四位二进制码的 10 种组合表示十进制数 0～9，所以 BCD 码是用二进制编码的十进制数，而不是二进制数。

常用的 BCD 码有 8421BCD 码、5421BCD 码、余 3 码等，它们都是用四位二进制代码表示一位十进制数，每种编码均有 6 种组合不允许出现。

② Gray 码。Gray 码有许多种，其最基本的特点是任意相邻的两组代码中，仅有一位

数码不同，即有单位距离码的特点。

典型 Gray 码具有单位距离特性、循环特性和反射性。循环特性是指用 Gray 码所表示的最小数和最大数之间也具有单位距离特性，反射性是指 n 位 Gray 码除最高位对称互补外，其余各位对称反射。

典型 Gray 码与二进制数之间还可以通过异或(⊕)运算互相转换：设 n 位二进制数为 $B_{n-1}B_{n-2}\cdots B_0$，其相应的 Gray 码为 $G_{n-1}G_{n-2}\cdots G_0$，则有

$$G_{n-1}=B_{n-1}$$

$$G_i=B_{i+1}\oplus B_i \quad i=0,1,2,\cdots,(n-2)$$

反之有

$$B_{n-1}=G_{n-1}$$

$$B_i=B_{i+1}\oplus G_i \quad i=0,1,2,\cdots,(n-2)$$

1.2 习题解答

1-1 完成下面的数制转换：

(1) 将二进制数转换成等效的十进制数、八进制数、十六进制数。

① $(0011101)_2$　　② $(11011.110)_2$　　③ $(110110111)_2$

(2) 将十进制数转换成等效的二进制数(小数点后取四位)、八进制数及十六进制数。

① $(79)_{10}$　　② $(3000)_{10}$　　③ $(27.87)_{10}$　　④ $(889.01)_{10}$

(3) 求出下列各式的值：

① $(78.8)_{16}=(\quad)_{10}$　　② $(76543.21)_8=(\quad)_{16}$

③ $(2FC5)_{16}=(\quad)_4$　　④ $(3AB6)_{16}=(\quad)_2$

⑤ $(12012)_3=(\quad)_4$

解 (1) ① $(0011101)_2=(29)_{10}=(35)_8=(1D)_{16}$

② $(11011.110)_2=(27.75)_{10}=(33.6)_8=(1B.C)_{16}$

③ $(110110111)_2=(439)_{10}=(667)_8=(1B7)_{16}$

(2) ① $(79)_{10}=(1001111)_2=(117)_8=(4F)_{16}$

② $(3000)_{10}=(101110111000)_2=(5670)_8=(BB8)_{16}$

③ $(27.87)_{10}=(011011.1101)_2=(33.64)_8=(1B.D)_{16}$

④ $(889.01)_{10}=(001101111001.0000)_2=(1571.0)_8=(379.0)_{16}$

(3) ① $(78.8)_{16}=(120.5)_{10}$

② $(76543.21)_8=(7D63.44)_{16}$

③ $(2FC5)_{16}=(2333011)_4$

④ $(3AB6)_{10}=(0011101010110110)_2$

⑤ $(12012)_3=(2030)_4$

1-2 二进制数 00000000～11111111 可代表多少个数？而二进制数 0000000000～1111111111 呢？

解 二进制数 00000000～11111111 可以代表 $2^8=256$ 个数，二进制数 0000000000～

1111111111 可以代表 $2^{10}=1024$ 个数。

1－3　将 56 个或 131 个信息编码，各需要多少位二进制码？

解　将 56 个信息编码至少需要 6 位二进制码；将 131 个信息编码至少需要 8 位二进制码。

1－4　写出五位自然二进制码和格雷码。

解　五位二进制码和格雷码如表解 1－1 所示。

表解 1－1　五位二进制码和格雷码

十进制数	二进制码					格雷码					十进制数	二进制码					格雷码				
	B_4	B_3	B_2	B_1	B_0	G_4	G_3	G_2	G_1	G_0		B_4	B_3	B_2	B_1	B_0	G_4	G_3	G_2	G_1	G_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	17	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	18	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	19	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
4	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	20	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
5	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	21	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
6	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	22	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
7	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	23	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
8	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	24	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
9	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	25	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
10	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	26	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
11	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	27	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
12	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	28	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
13	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	29	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
14	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	30	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
15	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	31	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

1－5　分别用 8421BCD 码、余 3 码表示下列各数：

① $(9.04)_{10}$　② $(263.27)_{10}$　③ $(1101101)_2$　④ $(3FF)_{16}$　⑤ $(45.7)_8$

解　① $(9.04)_{10}=(1001.000\ 00100)_{8421BCD码}=(1100.0011\ 0111)_{余三码}$

② $(263.27)_{10}=(0010\ 0110\ 0011.0010\ 0111)_{8421BCD码}$

$=(0101\ 1001\ 0110.0101\ 1010)_{余三码}$

③ $(1101101)_2=(109)_{10}=(0001\ 0000\ 1001)_{8421BCD码}=(0100\ 0011\ 1100)_{余三码}$

④ $(3FF)_{16}=(1023)_{10}=(0001\ 0000\ 0010\ 0011)_{8421BCD码}$

$=(0100\ 0011\ 0101\ 0110)_{余三码}$

⑤ $(45.7)_8=(37.875)_{10}=(0011\ 0111.1000\ 0111\ 0101)_{8421BCD码}$

$=(0110\ 1010.1011\ 1010\ 1000)_{余三码}$

第 2 章　逻辑代数基础

2.1　基本要求、重点、难点

逻辑代数是分析和设计逻辑电路的数学工具，学习这一章时应掌握：

(1) 逻辑代数的基本定理、规则和主要公式。

(2) 逻辑函数的表示方法及相互转换方法。

(3) 逻辑函数的化简方法。

1. 逻辑代数的主要公式、定理

逻辑代数的主要公式、定理如表 2 - 1 所示。异或、同或运算的主要公式如表 2 - 2 所示。

表 2 - 1　逻辑代数的主要公式、定理

名　　称	主　要　公　式	对　偶　式
反演律	$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$	$\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$
合并律	$AB+A\overline{B}=A$	$(A+B)(A+\overline{B})=A$
吸收律 1	$A+AB=A$	$A\cdot(A+B)=A$
吸收律 2	$A+\overline{A}B=A+B$	$A\cdot(\overline{A}+B)=A\cdot B$
包含律	$AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$	$(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)=(A+B)(\overline{A}+C)$

表 2 - 2　异或、同或运算的主要公式

名　　称	异 或 运 算	同或运算
反演律	$\overline{A\oplus B}=A\oplus\overline{B}=\overline{A}\oplus B=A\odot B$	$\overline{A\odot B}=A\odot\overline{B}=\overline{A}\odot B=A\oplus B$
自等律	$A\oplus 0=A$	$A\odot 1=A$
互补律	$A\oplus 1=\overline{A}$，$A\oplus\overline{A}=1$	$A\odot 0=\overline{A}$，$A\odot\overline{A}=0$
奇偶律	$\begin{cases}A\oplus A=0\\A\oplus A\oplus A=A\end{cases}$	$\begin{cases}A\odot A=1\\A\odot A\odot A=A\end{cases}$

2. 逻辑函数的表示方法

逻辑函数可以用真值表、卡诺图、逻辑函数表达式、逻辑图等方法表示。这些方法之间可以相互转换。例如若采用不同的器件去实现同一逻辑函数的功能时，其逻辑电路图不

同，则所对应的逻辑函数表达式也不相同。

同一逻辑函数可以有多种形式的表达式，常用的有五种：与或式、或与式、与非—与非(简称与非)式、或非—或非(简称或非)式、与或非式。

最小项表达式也称标准与或式，是指与或式中每个与项均为最小项；最大项表达式也称标准或与式，是指或与式中每个或项均为最大项。这两种标准式均与真值表、卡诺图一一相对应，因此具有惟一性。

3. 逻辑函数表达式形式的变换

在同一逻辑函数的多种表达式形式中，与或式和或与式是两种最基本的形式，有了这两种基本式，通过逻辑变换(采用代数法或卡诺图法均可以)便可得到其他形式的表达式。基本变换过程如下：

$$
\begin{tikzcd}
\text{与或式} \arrow[r, shift left, "\text{两次求反(或对偶)}"] \arrow[d] & \text{或与式} \arrow[l, shift left] \arrow[d] & & \\
\arrow[r, "\text{两次求反，脱内部长非号}"] & \text{与非式} & & \\
& \arrow[r, "\text{两次求反，脱内部长非号}"] & \text{或非式} \arrow[r, "\text{脱短非号}"] & \text{与或非式}
\end{tikzcd}
$$

4. 逻辑函数化简

(1) 代数化简法。运用逻辑代数的基本公式、定理消去表达式中的多余项和多余变量，以求得最简表达式。主要方法有并项法、吸收法和配项法。

(2) 卡诺图化简法。适用于五变量以内的逻辑函数，化简时应注意以下几点：

① 任何一个卡诺圈只包含 2^i 个方格。

② 最简的原则是：用最少的卡诺圈覆盖所有的 1 格(或 0 格)，每个选中的卡诺圈应最大。

③ 合并 0 格的原则与 1 格相同，但合并 0 格写或项时应注意：或项由卡诺圈所对应的无变化的变量之非组成，即当变量取值为 0 时应写原变量，取值为 1 时应写反变量。

④ 对于包含无关项的逻辑函数，化简时应充分利用无关项的灵活性，使函数式化为最简，但并不是所有的无关项都必须覆盖。

卡诺图除了用来化简逻辑函数外，还可以用来实现两个逻辑函数式之间的逻辑运算，即只要将两个函数卡诺图中相应的方格作与、或、异或等逻辑运算就可以了。

2.2 习题解答

2-1 直接写出下列函数的对偶函数和反函数：

(1) $F=[(A\overline{B}+C)D+E]B$

(2) $F=AB+(\overline{A}+C)(C+\overline{D}E)$

(3) $F=A+\overline{B+\overline{C}+\overline{D+E}}$

(4) $F=(A+B+C)\bar{A}\bar{B}\bar{C}=0$

解 (1) $F'=[(A+\bar{B})\cdot C+D]\cdot E+B$

$\bar{F}=[(\bar{A}+B)\cdot\bar{C}+\bar{D}]\cdot\bar{E}+\bar{B}$

(2) $F'=(A+B)\cdot[\bar{A}C+C(\bar{D}+E)]$

$\bar{F}=(\bar{A}+\bar{B})\cdot[A\bar{C}+\bar{C}(D+\bar{E})]$

(3) $F'=A\cdot\overline{B\cdot\bar{C}\cdot\overline{D\cdot E}}$

$\bar{F}=\bar{A}\cdot(B+\bar{C}+\overline{\bar{D}+\bar{E}})$

(4) $F'=A\cdot B\cdot C+(\bar{A}+\bar{B}+\bar{C})=1$

$\bar{F}=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}+(A+B+C)=1$

2-2 用逻辑代数公式证明下列等式：

(1) $AB+\bar{A}C+(\bar{B}+\bar{C})D=AB+\bar{A}C+D$

(2) $BC+D+\bar{D}(\bar{B}+\bar{C})(AD+B)=B+D$

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

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

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

(6) $A\oplus B=\bar{A}\oplus\bar{B}$

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

解 (1) 左边 $=AB+\bar{A}C+(\bar{B}+\bar{C})D=AB+\bar{A}C+BC+\overline{BC}D$

$=AB+\bar{A}C+BC+D=AB+\bar{A}C+D=$ 右边

(2) 左边 $=BC+D+\bar{D}(\bar{B}+\bar{C})(AD+B)=BC+D+\overline{BC}(AD+B)$

$=BC+D+AD+B=B+D=$ 右边

(3) 左边 $=\bar{A}\bar{C}+\bar{A}\bar{B}+BC+\bar{A}\bar{C}\bar{D}=\bar{A}\bar{C}+\bar{A}\bar{B}+BC+\underline{\bar{A}C}+\bar{A}\bar{C}\bar{D}$ （添多余项 $\bar{A}C$）

$=\bar{A}+BC=$ 右边

(4) 左边 $=A\bar{B}+B\bar{C}+C\bar{A}=A\bar{B}+B\bar{C}+\underline{A\bar{C}}+C\bar{A}+\underline{\bar{B}C}+\underline{\bar{A}B}$

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

(5) 左边 $=A\oplus B\oplus C=\overline{A\odot B}\oplus C=A\odot B\odot C=$ 右边

(6) 左边 $=\bar{A}\oplus\bar{B}=A\bar{B}+\bar{A}\,B=A\bar{B}+\bar{A}B=A\oplus B=$ 右边

(7) 因 $\bar{A}\oplus B=AB+\bar{A}\bar{B}=A\odot B=\overline{A\oplus B}$

故 $\bar{A}\oplus B\oplus C=\overline{A\oplus B}\oplus C=\overline{A\oplus B\oplus C}$

2-3 用代数法化简下列函数，写出最简与或式。

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

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

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

(4) $F=A\bar{B}CD+ABD+A\bar{C}D$

(5) $F=A\bar{B}(\bar{A}CD+\overline{AD+\bar{B}\bar{C}})(\bar{A}+B)$

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

(7) $F=A\bar{C}+ABC+AC\bar{D}+CD$

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

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

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

解 (1) $F=A+B$；(2) $F=1$；(3) $F=1$；(4) $F=AD$；(5) $F=0$；

(6) $F=ABCD\bar{E}$；(7) $F=A+CD$；(8) $F=A+\bar{B}C$；(9) $F=B\bar{C}+(A\oplus D)$；

(10) $F=AC+AD+B(D\oplus E)+A\bar{E}F$。

2 - 4 用 K 图法化简下列函数为最简与或式，并用与非门实现电路。

(1) $F_1(A, B, C)=\sum m(0, 1, 2, 5, 7)$

(2) $F_2(A, B, C, D)=\sum m(2, 3, 6, 7, 8, 10, 12, 14)$

(3) $F_3(A, B, C, D)=\sum m(2, 3, 4, 5, 8, 9, 14, 15)$

(4) $F_4(A, B, C, D, E)=\sum m(0, 4, 18, 19, 22, 23, 25, 29)$

(5) $F_5(A, B, C, D)=\prod M(1, 3, 9, 10, 11, 14, 15)$

(6) $F_6(A, B, C, D)=\prod M(0, 1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12)$

(7) $F_7=A\bar{B}+A\bar{C}+B\bar{C}+A\bar{B}\bar{C}+AB\bar{C}D$

(8) $F_8=AB+ABD+\bar{A}C+BCD$

(9) $F_9=A\bar{C}\bar{D}+BC+\bar{B}D+A\bar{B}+\bar{A}C+\bar{B}\bar{C}$

解 (1) $F_1=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}\bar{C}+AC=\bar{A}\bar{C}+AC+\bar{B}C$；

(2) $F_2=A\bar{D}+\bar{A}C$；

(3) $F_3=\bar{A}\bar{B}C+\bar{A}B\bar{C}+A\bar{B}\bar{C}+ABC$；

(4) $F_4=A\bar{B}D+\bar{A}\bar{B}\bar{D}\bar{E}+AB\bar{D}E$；

(5) $F_5=\bar{A}\bar{D}+B\bar{C}+\bar{A}B+\bar{C}\bar{D}$；

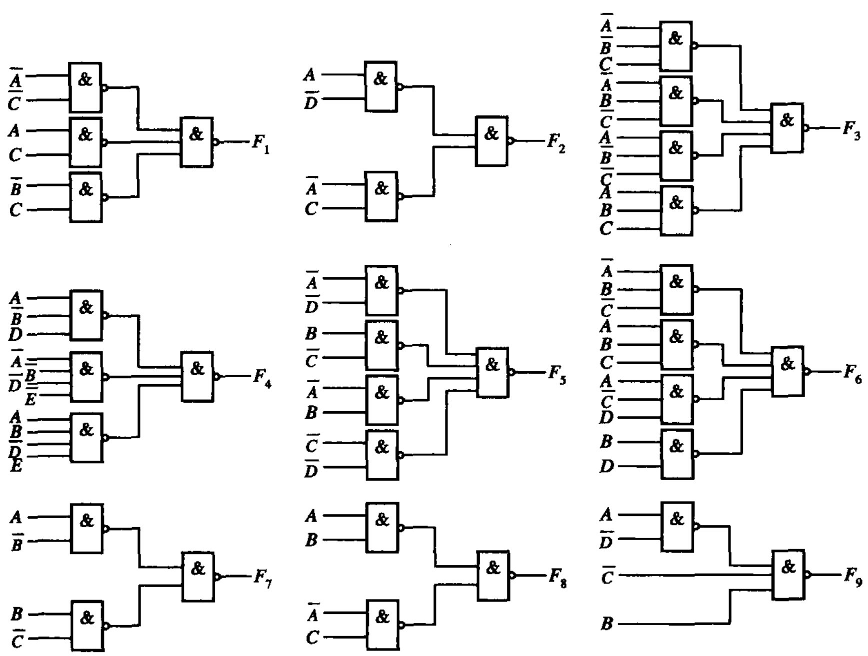
(6) $F_6=\bar{A}B\bar{C}+ABC+A\bar{C}D+BD$；

(7) $F_7=A\bar{B}+B\bar{C}$；

(8) $F_8=AB+\bar{A}C$；

(9) $F_9=C+\bar{B}+A\bar{D}$。

各电路图如图解 2 - 4 所示。



图解 2 - 4

2－5　考查图 P2－1 各卡诺图的圈法是否合适，如有不妥，改正之。

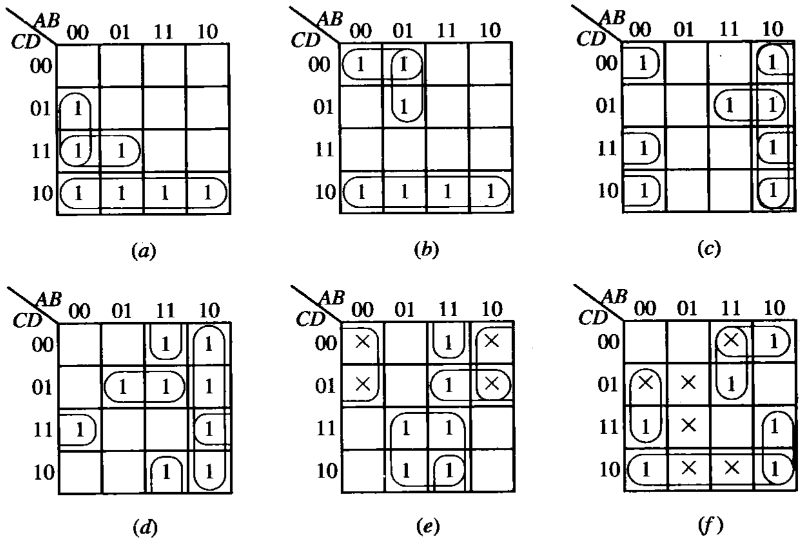
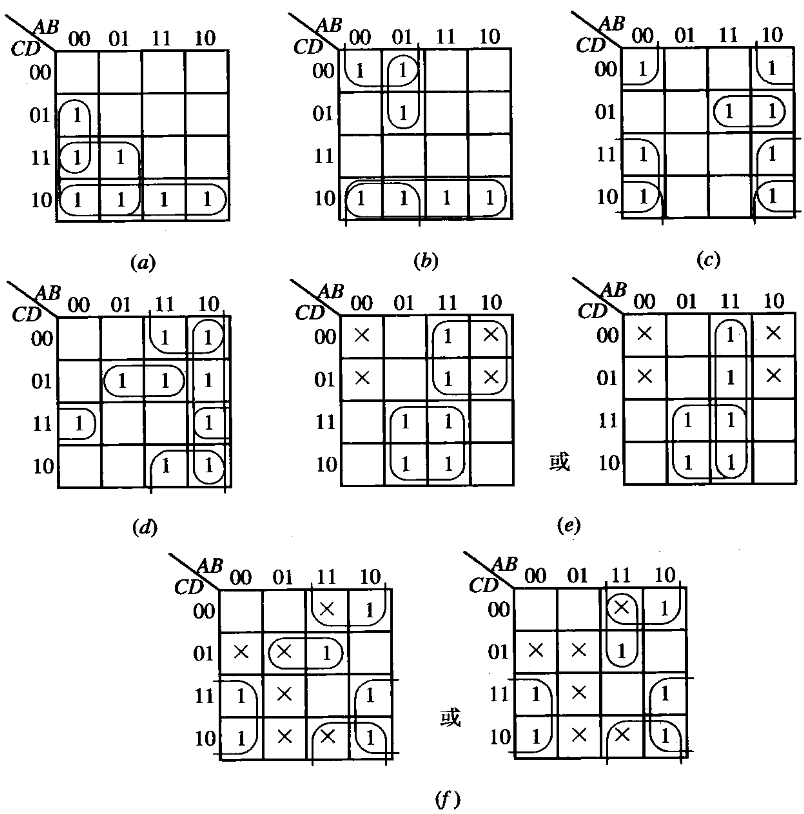


图　P2－1

解　各卡诺图圈法均有错，改正后的各卡诺图圈法如图解 2－5 所示。



图解 2－5

2－6　用K图法化简下列函数为最简或与式，并用或非门及与或非门实现电路。

(1) $F_1(A, B, C, D)=\sum m(0, 2, 5, 7, 8, 10, 13, 15)$

(2) $F_2(A, B, C, D)=\prod M(0, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 13, 15)$

(3) $F_3(A, B, C, D, E)=\prod M(0, 1, 3, 4, 5, 7, 10, 14, 19, 23, 26, 27, 30, 31)$

(4) $F_4=\overline{A}\overline{B}+(A\overline{B}+\overline{A}B+AB)C$

(5) $F_5=(A+B)(A+B+C)(\overline{A}+C)(B+C+D)$

解　将各逻辑函数分别填入卡诺图后，圈“0”格，每个卡诺圈对应写一个或项，从而求得最简或与式，进而求得或非式、与或非式。

(1) $F_1=(\overline{B}+D)(B+\overline{D})=\overline{\overline{\overline{B}+D}+\overline{B+\overline{D}}}=\overline{B\overline{D}+\overline{B}D}$

(2) $F_2=(B+D)(\overline{C}+\overline{D})(\overline{A}+\overline{B}+\overline{D})=\overline{\overline{B+D}+\overline{\overline{C}+\overline{D}}+\overline{\overline{A}+\overline{B}+\overline{D}}}=\overline{\overline{B}\overline{D}+CD+ABD}$

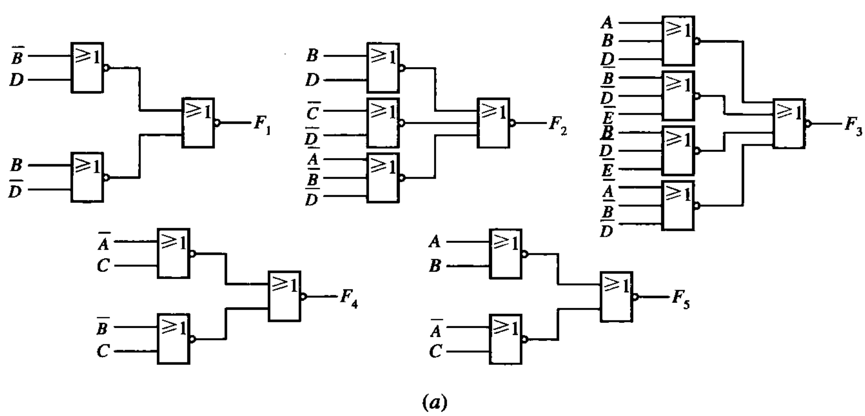
(3) $F_3=(A+B+D)(\overline{B}+\overline{D}+\overline{E})(B+\overline{D}+\overline{E})(\overline{A}+\overline{B}+\overline{D})$

或　　$F_3=(A+B+D)(\overline{B}+\overline{D}+E)(A+B+\overline{E})(\overline{A}+\overline{D}+\overline{E})$

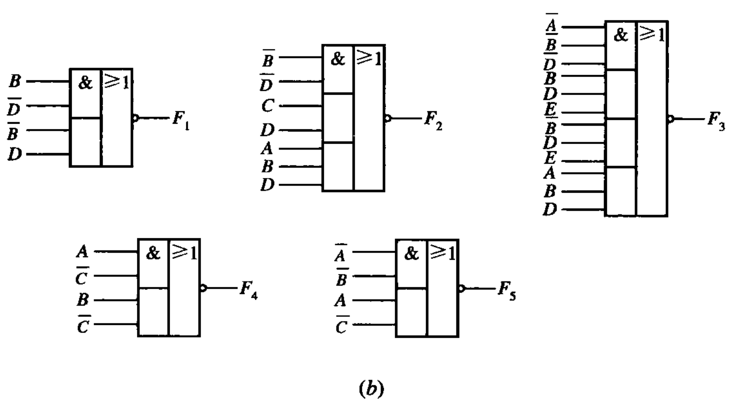
(4) $F_4=(\overline{A}+C)(\overline{B}+C)=\overline{\overline{\overline{A}+C}+\overline{\overline{B}+C}}=\overline{A\overline{C}+B\overline{C}}$

(5) $F_5=(A+B)(\overline{A}+C)=\overline{\overline{A+B}+\overline{\overline{A}+C}}=\overline{\overline{A}\overline{B}+A\overline{C}}$

各电路图如图解2－6所示。



(a)



(b)

图解2－6

(a) 或非门电路图解；(b) 与或非门电路图解

2 - 7　已知 $F_1=\overline{A}B\overline{D}+\overline{C}$，$F_2=(B+C)(A+\overline{B}+D)(\overline{C}+D)$，试求：

(1) $F_a=F_1\cdot F_2$ 之最简与或式和最简与非—与非式。

(2) $F_b=F_1+F_2$ 之最简或与式和最简或非—或非式。

(3) $F_c=F_1\oplus F_2$ 之最简与或非式。

解　两函数之间的与、或、异或运算可由两个函数的卡诺图运算(即两个卡诺图中相应的方格作与、或、异或运算)来实现。分别求出 F_a，F_b 和 F_c 之卡诺图如图解 2 - 7 所示。

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

F_a

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

F_b

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

F_c

图解 2 - 7

求出各函数表达式为：

$$F_a = F_1\cdot F_2 = \overline{\overline{AB\overline{C}}\cdot\overline{B\overline{C}D}}$$

$$F_b = F_1 + F_2 = \overline{\overline{(\overline{A}+\overline{C}+D)}+\overline{(B+\overline{C}+D)}}$$

$$F_c = F_1\oplus F_2 = \overline{B\overline{C}D + AB\overline{D} + \overline{B}C\overline{D}}$$

2 - 8　设有三个输入变量 A、B、C，试按下述逻辑问题列出真值表，并写出它们各自的最小项积之和式和最大项和之积式。

(1) 当 A、B、C 相同时，输出 F_a 为 1，否则为 0。

(2) 当 $A+B=C$ 时，输出 F_b 为 1，其余情况为 0。

(3) 当 $A\oplus B=B\oplus C$ 时，输出 F_c 为 1，其余情况为 0。

解　F_a、F_b、F_c 随 A、B、C 变化的真值表如表解 2 - 8 所示。

表解　2 - 8

A	B	C	F_a	F_b	F_c
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1

(1) $F_a = \sum m(0, 7) = \prod M(1, 2, 3, 4, 5, 6)$

(2) $F_b = \sum m(0, 3, 5, 7) = \prod M(1, 2, 4, 6)$

(3) $F_c = \sum m(0, 2, 5, 7) = \prod M(1, 3, 4, 6)$

2 - 9　用 K 图法化简下列函数为最简与或式。

(1) $F(A, B, C, D) = \sum m(3, 5, 8, 9, 10, 12) + \sum \varnothing(0, 1, 2)$

(2) $F(A, B, C, D) = \prod M(0, 1, 4, 7, 9, 10, 13)\cdot\prod \varnothing(2, 5, 8, 12, 15)$

(3) $\begin{cases} F = AB\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D} \\ \text{变量 } ABCD \text{ 不可能出现相同的取值} \end{cases}$

(4) $\begin{cases} F = \overline{A}\overline{B}C + ABC + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} \\ A\overline{B} + \overline{A}B = 0 \end{cases}$

解　(1) $F=\overline{A}\overline{B}+\overline{B}\overline{D}+\overline{B}\overline{C}+\overline{A}\overline{C}D+A\overline{C}\overline{D}$　　(2) $F=\overline{B}CD+BC\overline{D}$

(3) $F=A\overline{C}+\overline{B}\overline{D}$　　(4) $F=C$

第 3 章 集成逻辑门

3.1 基本要求、重点、难点

集成逻辑门是构成各种复杂数字电路的基本单元，按其内部有源器件不同，主要分为 TTL 集成门和 CMOS 集成门两大类，学习这一章的基本要求是：

(1) 了解典型 TTL 与非门电路的基本工作原理，掌握 TTL 与非门的主要外部特性和参数。

(2) 掌握集电极开路(OC)门和三态(TS)门的逻辑功能和使用方法。

(3) 了解 CMOS 集成逻辑门的主要特点。

1. TTL 与非门的主要外部特性和参数

① 电压传输特性——输出电压 U_O 跟随输入电压 U_I 变化的关系曲线。

特性参数：输出高电平 U_{OH}　输出低电平 U_{OL}

开门电平 U_{ON}　关门电平 U_{OFF}

噪声容限 U_{NL}、U_{NH}

② 输入特性——输入电流 I_I 与输入电压 U_I 之间的关系曲线。

特性参数：输入短路电流 I_{IS}　输入漏电流 I_{IH}

③ 输入负载特性——输入电压 U_I 随输入负载 R_I 变化的关系曲线。

特性参数：关门电阻 R_{OFF}　开门电阻 R_{ON}

④ 输出特性——输出电压 U_O 随输出电流 I_O 变化的关系曲线。

特性参数：最大允许灌电流 I_{Lmax}

最大允许拉电流 I_{Hmax}

2. 集电极开路门和三态门

TTL 集电极开路(OC)门和三态(TS)门是结构特殊的两种门电路，对于其逻辑符号、结构特点、使用特点及主要用途都要深刻理解。

集电极开路(OC)门的特点是：允许多个 OC 门的输出端直接并接，并在并接输出端实现“线与”的功能。但使用时必须外接上拉电阻 R_L。

三态(TS)门的特点是：输出端有三种状态，即低电平(逻辑 0)、高电平(逻辑 1)和高阻(悬空)状态。三态门输出端也允许直接并接，但它不需要外接电阻。三态门的主要用途是

可将数据分时传送到数据总线上，它通常有两种使能控制信号：$G=0$ 工作，$G=1$ 高阻或反之 $G=1$ 工作，$G=0$ 高阻。

3. CMOS 门的主要特点

静态功耗低，集成度高，抗干扰能力强，电源电压范围宽。CMOS 器件使用时应注意：

① 输出端不允许直接接电源或地。除漏极开路(OD)门和三态门外也不允许两个器件的输出端直接并接。

② 输入端连接应特别注意：多余的输入端不允许悬空，应按逻辑要求直接接 $+U_{DD}$ 或地，当速度不高时允许输入端并联使用。

如果在输入端(栅极)接一电阻到地，则无论电阻值为多少，都相当于栅极电位为“地”电位，即输入端为逻辑“0”。这是因为在 CMOS 门电路中，栅极为绝缘栅，无栅流，输入电阻上不可能产生压降，所以它与 TTL 门电路不相同，使用时应予以注意。

3.2 习 题 解 答

3-1 二极管门电路如图 P3-1 所示。已知二极管导通压降为 0.7 V，A、B、C 高电平输入为 5 V，低电平输入为 0.3 V，试分别列出电路的真值表，写出输出表达式。若图 P3-1(a) 输出高电平 $U_{OH}\geqslant 3$ V，试计算负载电阻 R_L 的最小值。

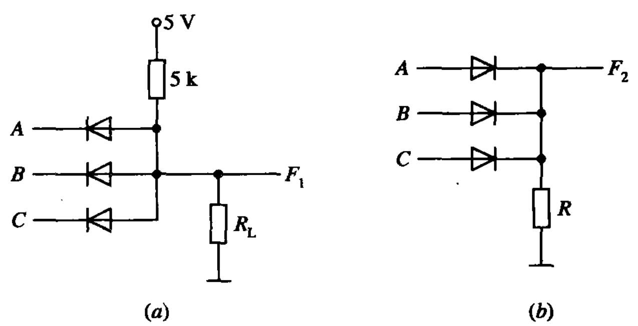


图 P3-1

解 F_1、F_2 随 A、B、C 变化的电平真值表如表解 3-1 所示。

$$F_1=A\cdot B\cdot C$$
$$F_2=A+B+C$$

表解 3-1

A	B	C	F_1	F_2
L	L	L	L	L
L	L	H	L	H
L	H	L	L	H
L	H	H	L	H
H	L	L	L	H
H	L	H	L	H
H	H	L	L	H
H	H	H	H	H

根据

$$\frac{U_{OH}}{R_L}=\frac{5\ \text{V}-U_{OH}}{5\ \text{k}\Omega}$$

求得 $R_L\geqslant 7.5$ kΩ，即 $R_{Lmin}=7.5$ kΩ。

3-2 TTL 与非门电路如图 P3-2 所示。如果在输入端接电阻 R_I，试计算 $R_I=0.5$ kΩ 和 $R_I=2$ kΩ 时的输入电压 U_I。

解 $R_I=0.5$ kΩ 时，$U_I=\dfrac{5-U_{be1}}{3+0.5}\times 0.5=0.61$ V。