

项目三

三人表决器电路的制作

项目描述

如图 3-1 所示为三人表决器电路印制电路板，它由四通道两输入与非门 74HC00（或三通道三输入与非门 74HC10）及少量外围元件组成。三人表决器遵循少数服从多数的表决原则，三个人分别控制 S1、S2、S3 三个按键中的一个，按下表示同意，不按表示不同意。当两个或者两个以上的按键被按下则表示表决通过，发光二极管点亮，只有一个按键按下或者没有按键按下表示表决不通过，发光二极管不亮。本项目将学习制作三人表决器电路，通过本项目的学习与实践，可以获得以下知识与技能。

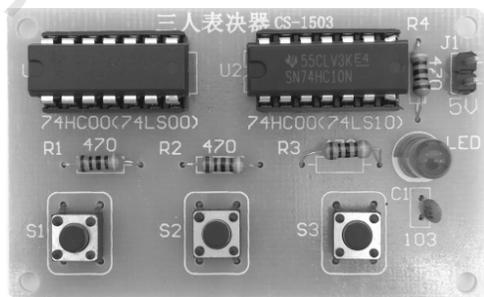


图 3-1 三人表决器电路印制电路板

1. 掌握二进制数、八进制数、十进制数、十六进制数的表示方法及相互转换。
2. 了解 8421BCD 码、余 3 码、格雷码的意义及表示方法。
3. 理解并初步掌握逻辑函数。
4. 掌握真值表、逻辑式和逻辑图的特点及其相互转换的方法。
5. 掌握逻辑表达式的化简。
6. 掌握用小规模集成电路设计和制作三人表决器电路。
7. 能利用万用表等常用仪器仪表完成电路的调试与检测。

8. 学会利用 Multisim 14 仿真软件测试常用组合逻辑电路的逻辑功能, 让学习者直观看到本项目电路的工作过程。

9. 能用万能电路板完成电路的安装, 并实现电路功能。

10. 培养分析问题、解决问题的能力, 具备独立探索精神、团队合作精神与工匠精神。

任务 1 数字信号认知与表达



任务目标

1. 能描述模拟电路与数字电路的特点和区别。
2. 能了解数制与码制的表示方法。
3. 能运用常见的几种数制进行数制之间的相互转换。
4. 能了解 8421BCD 码、余 3 码、格雷码的意义及表示方法。



知识讲解

一、模拟电路与数字电路

1. 初识模拟电路和数字电路

模拟信号与数字信号的概念和波形如图 3-2 所示。

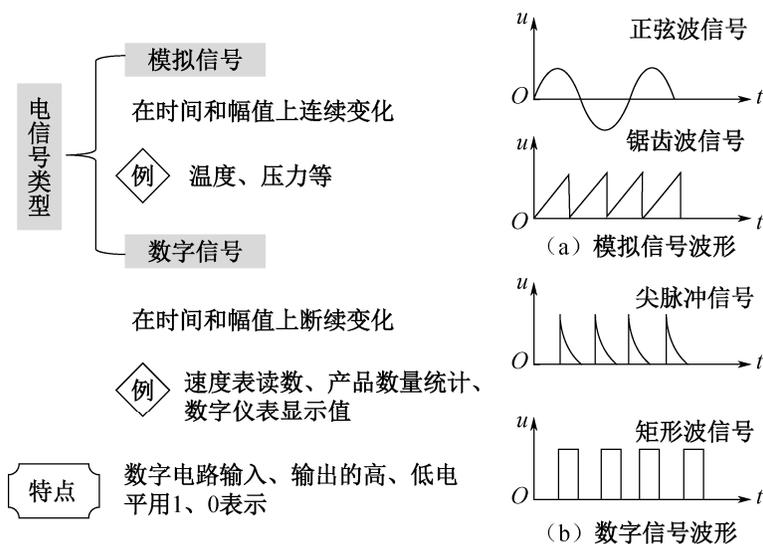


图 3-2 模拟信号与数字信号的概念和波形

模拟电路处理的是连续变化的信号，其电压或电流可以取无限多个值，通常用于信号放大、滤波等模拟信号处理。而数字电路处理的是离散的信号，信号只有有限的状态，通常是二进制的高电平“1”和低电平“0”，用于计算、存储、传输和处理数字信息。

【举例】模拟电路：研究电路输入与输出之间的大小和相位关系。例如，在三极管放大电路中，三极管工作在放大状态，充当放大器件。输入为正弦波信号时，输出的也是正弦波信号，即输入和输出均为连续信号。输入信号与输出信号的大小关系表现为幅值增大，相位关系通常为同相。

数字电路：研究电路输入与输出之间的逻辑关系。例如，在三极管构成的反相器电路中，三极管工作在饱和或截止状态，充当开关器件。输入高电平时，输出为低电平，即输入与输出之间的逻辑关系为逻辑非。

2. 数字电路的优点

- (1) 便于高度集成化。
- (2) 工作可靠性高、抗干扰能力强。
- (3) 数字信息便于保存。
- (4) 集成电路成本低、通用性强。
- (5) 保密性好。

二、数制

计数是数字电路的一个重要内容，因此采用什么样的体制计数和怎样表示数是一个重要问题。

1. 二进制数

日常生活中主要采用十进制，它是用0、1、2、3、…、9十个数码按照一定的规律排列起来且按“逢十进一”进行计数的一种计数体制。但在电路中要寻找能表示十种严格区分的状态是不可能的，因此在数字电路中只采用二进制数。

二进制数采用0和1两个数码来表示，即二进制数的每一位可能出现的数码只有0和1两个符号。二进制的计数规律是“逢二进一”，即 $1+1=10$ （读作“壹零”）。二进制是以2为基数的计数体制。

例如，4位二进制数1001，可以表示成

$$(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 0 + 2 + 1 = (11)_{10}$$

可以看出，不同数位的数码所代表的数值是不相同的。我们把处在不同数位的数值称作位权，它是基数2为底数的不同数位的乘幂。

一个 n 位二进制正整数可以表示为

$$(N)_2 = (a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0)_2 = a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 2^i$$

式中 a_i 表示第 i 位的系数，取 0 或 1 中任意一个数码， 2^i 表示第 i 位的权。

2. 其他非十进制数

二进制计数的特点是简单，但在使用过程中经常会遇到位数较长、读写不方便、难于记忆等问题，在实际应用中还使用八进制数和十六进制数等。

(1) 八进制数。

八进制数用 0、1、2、 \cdots 、7 八个数码表示，基数是 8，计数规律为“逢八进一”，即 $7+1=10$ （表示八进制数 8），各数位的权为 8^i 。 n 位八进制数的正整数同样可以表示为

$$(N)_8 = (a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0)_8 = a_{n-1} \times 8^{n-1} + a_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 8^i$$

式中 a_i 表示第 i 位的系数，它可以取 0~7 八个数码中的任意一个， 8^i 表示第 i 位的权。

(2) 十六进制数。

十六进制数用 16 个数码表示，除了 0、1、2、 \cdots 、8、9，还用到英文字母 A、B、C、D、E、F。基数是 16，计数规律为“逢十六进一”，即 F （表示 15）+1=10（表示十六进制数的 16），各数位的权为 16^i 。 n 位十六进制数的正整数可以表示为

$$(N)_{16} = (a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0)_{16} = a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + a_1 \times 16^1 + a_0 \times 16^0 = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times 16^i$$

式中 a_i 表示第 i 位的系数，它可以取 0、1、 \cdots 、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数码中的任意一个， 16^i 表示第 i 位的权。

不同数制的对照如表 3-1 所示。

表 3-1 不同数制的对照

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	0000	0	0	13	1101	15	D
1	0001	1	1	14	1110	16	E
2	0010	2	2	15	1111	17	F
3	0011	3	3	16	10000	20	10
4	0100	4	4	17	10001	21	11
5	0101	5	5	18	10010	22	12
6	0110	6	6	19	10011	23	13
7	0111	7	7	20	10100	24	14
8	1000	10	8	32	100000	40	20
9	1001	11	9	64	1000000	100	40
10	1010	12	A	127	1111111	177	7F
11	1011	13	B	128	10000000	200	80
12	1100	14	C	255	11111111	377	FF
				256	100000000	400	100

3. 不同进制数之间的转换

(1) 二进制数与十进制数之间的转换。

二进制数转换成十进制数按位权展开求和即可。

例如： $(110101)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 32 + 16 + 4 + 1 = (53)_{10}$

而十进制数转换成二进制数，分为整数和小数两个不同部分的转换。这里只介绍整数部分的转换，其名为“除 2 取余法”，具体方法是用 2 去不断除被转换的十进制数，直到商的结果为 0。每次得到的余数（0 或 1）就是相应的二进制数的各数字位的系数。

例如，要把十进制数 27 转换成二进制数，可按下列步骤进行：

$$\begin{array}{r} 2 \overline{)27} \cdots \cdots \text{余} 1 \cdots \cdots \text{最低位} \\ 2 \overline{)13} \cdots \cdots \text{余} 1 \\ 2 \overline{)6} \cdots \cdots \text{余} 0 \\ 2 \overline{)3} \cdots \cdots \text{余} 1 \\ 2 \overline{)1} \cdots \cdots \text{余} 1 \cdots \cdots \text{最高位} \\ 0 \end{array}$$

第一次得到的余数是最低位，最后得到的余数是最高位，因此

$$(27)_{10} = (11011)_2$$

十进制数与八进制数、十六进制数之间的转换可仿照以上方法进行，不再赘述。

(2) 二进制数与八进制数、十六进制数之间的转换。

二进制数转换成八进制数时，将二进制数从低位起每三位分成一组，只要将每一组的二进制数转换成八进制数即可，例如

$$(11,100,110,101,001,000)_2 = (346510)_8$$

二进制数转换成十六进制数时，将二进制数从低位起每四位分成一组，只要将每一组的二进制数转换成十六进制数即可，例如

$$(1000,1010,1110)_2 = (8AE)_{16}$$

这种转换的原理基于三位二进制数正好是 0~7，而四位二进制数正好是 0~15。用相同的方法，也可以把一个八进制数、十六进制数转换成二进制数。

三、编码

对若干个不同的数据或信息，按一定的规律分别给其指定一个代表符号的过程叫编码，这些代表给定数据和信息的符号即编码的结果称为代码，简称码。代码可用数字、字母、符号或它们的组合构成，如宾馆的房间号、居民身份证号、姓名、车牌号码等都是代码。在数字系统中，所有的代码都是用若干位二进制数码 0 和 1 的不同组合构成的，这种代码称为二进制代码，简称二进制码。二进制代码并不表示数值的大小，仅表示特定的信

息。 n 位二进制代码共有 2^n 种不同组合，可表示 2^n 种不同的信息。

二-十进制码是一种常用的编码方式。所谓二-十进制码，就是用二进制数码来表示十进制的“0~9”十个数字的编码，称为 BCD 码 (Binary Coded Decimal)。因为十进制有 10 个不同的数字，所以通常需要用 4 位二进制数码来表示。4 位二进制数码共有 16 种可能的组合，但在 BCD 码中只需选取其中 10 种组合来分别表示十进制的 10 个数字，故选取的具体方法有多种。常用的二-十进制码有 8421BCD 码、5421BCD 码、2421BCD 码、余 3 码、格雷码 (又称为循环码)，如表 3-2 所示。

表 3-2 常用的 BCD 码

十进制数	有权码			无权码	
	8421BCD 码	5421BCD 码	2421BCD 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1000	1011	1000	0111
6	0110	1001	1100	1001	0101
7	0111	1010	1101	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1000

1. 8421BCD 码

8421BCD 码是一种广泛使用的编码，它的每个码组由 4 位二进制数码组成，且每一位都有固定的权值，从左到右依次为 8、4、2、1，因此它是一种有权码。在 8421BCD 码中，只使用 0000~1001 这十个有效的码组来表示十进制数 0~9，而不允许出现 1010~1111 这六个码组，它们被称为禁用码组。

例如：将十进制数 83 用 8421BCD 码表示。

解：由表 3-2 可得 $(83)_{10} = (1000\ 0011)_{8421BCD}$

2. 格雷码

格雷码是无权码，又称为循环码，它的特点是任何相邻的两个码组 (包括首尾两个码组) 中只有 1 位不同，其余各位均相同。

3. 5421BCD 码、2421BCD、余 3 码

5421BCD 码、2421BCD 码与 8421BCD 码一样，也是有权码，二进制码从左到右每位的权值分别为 5、4、2、1 和 2、4、2、1。

余 3 码是在 8421BCD 码的基础上加 0011 得到的，余 3 码是一种无权码，余 3 码不允许出现 0000、0001、0010、1101、1110、1111。

例 1：将 8421BCD 码 0110 转换成余 3 码。

解： $(0110)_{8421BCD} = (1001)_{\text{余}3\text{码}}$

例 2：将余 3 码 0110 转换成 8421BCD 码。

解： $(0110)_{\text{余}3\text{码}} = (0011)_{8421BCD}$

人们在使用计算机时，敲入键盘上的字母、符号和数值是在向计算机发送数据和指令，每一个键符都可用一串二进制数码来表示，ASCII*即是其中一种。



理论学习笔记

基础知识

重点知识

难点知识

学习体会



学以致用

一、填空题

1. $(26.125)_{10} = (\quad)_2 = (\quad)_{16}$
2. $(100.9375)_{10} = (\quad)_2$
3. $(1011111.01101)_2 = (\quad)_8 = (\quad)_{10}$
4. $(133.126)_8 = (\quad)_{16}$

5. $(1011)_2 \times (101)_2 = (\quad)_2$
 6. $(486)_{10} = (\quad)_{8421BCD}$
 7. $(5.14)_{10} = (\quad)_{8421BCD}$
 8. $(10010011)_{8421BCD} = (\quad)_{10}$

二、选择题

9. 下列选项中是六进制数的是 ()。
 A. 14752 B. 62936 C. 53452 D. 37481
10. 已知二进制数 11001010, 其对应的十进制数为 ()。
 A. 202 B. 192 C. 106 D. 92
11. 十进制数 62 对应的十六进制数是 ()。
 A. $(3E)_{16}$ B. $(36)_{16}$ C. $(38)_{16}$ D. $(3D)_{16}$
12. 和二进制数 $(1100110111.001)_2$ 等值的十六进制数是 ()。
 A. $(337.2)_{16}$ B. $(637.1)_{16}$ C. $(1467.1)_{16}$ D. $(C37.4)_{16}$
13. 下列四个数中与十进制数 $(163)_{10}$ 不相等的是 ()。
 A. $(A3)_{16}$ B. $(10100011)_2$
 C. $(000101100011)_{8421BCD}$ D. $(100100011)_8$
14. 和八进制数 $(166)_8$ 等值的十六进制数和十进制数分别为 ()。
 A. 76H, 118D B. 76H, 142D
 C. E6H, 230D D. 74H, 116D
15. 已知 $A = (10.44)_{10}$, 下列结果正确的是 ()。
 A. $A = (1010.1)_2$ B. $A = (0A.8)_{16}$
 C. $A = (12.4)_8$ D. $A = (20.21)_5$
16. 用 0、1 两个数码对 100 个信息进行编码, 则至少需要 ()。
 A. 8 位 B. 7 位 C. 9 位 D. 6 位
17. 相邻两组编码只有一位不同的编码是 ()。
 A. 2421BCD 码 B. 8421BCD 码
 C. 余 3 码 D. 格雷码
18. 下列几种说法中与 BCD 码的性质不符的是 ()。
 A. 一组 4 位二进制数组成的码只能表示一位十进制数
 B. BCD 码是一种人为选定的 0~9 十个数字的代码
 C. BCD 码是一组 4 位二进制数, 能表示 16 以内的任何一个十进制数
 D. BCD 码有多种
19. 余 3 码 10111011 对应的 2421BCD 码为 ()。
 A. 10001000 B. 10111011 C. 11101110 D. 11101011

20. 下列数中最大的数是 ()。

A. $(100101110)_2$

B. $(12F)_{16}$

C. $(301)_{10}$

D. $(10010111)_{8421BCD}$

任务 2 逻辑门电路的功能测试



任务目标

1. 能描述与、或、非三种基本逻辑门电路的逻辑功能，并能解释其现象及简单应用。
2. 能描述几种常用复合逻辑门电路的逻辑功能，并能解释其现象及简单应用。
3. 能描述数字集成电路的概况、分类及应用常识。
4. 能运用已学知识完成基本技能训练——TTL 与非门的功能测试与转换。



知识讲解

一、基本逻辑门电路

数字电路实现的是逻辑关系，逻辑关系是指某事物结论与条件之间的关系。基本的逻辑关系有与逻辑、或逻辑、非逻辑三种，基本的逻辑运算也有三种：与运算、或运算、非运算。

1. 与门

(1) 与逻辑。

只有当决定某一事件的全部条件都满足时，这个事件才会发生，这种逻辑关系称为与逻辑。如图 3-3 所示电路中，只有当开关 A、B 同时按下时，灯 F 才能亮，否则灯 F 是灭的。灯的状态（亮和灭）与开关的状态（闭合和断开）之间的条件关系为与逻辑关系，如表 3-3 所示。

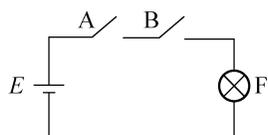


图 3-3 与逻辑电路实例

表 3-3 与逻辑功能表

开关 A	开关 B	灯 F
断开	断开	灭
断开	闭合	灭
闭合	断开	灭
闭合	闭合	亮

表 3-4 与逻辑真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

若开关断开用“0”表示，开关闭合用“1”表示，灯亮用“1”表示，灯灭用“0”表示，则得到与逻辑的真值表，如表 3-4 所示。所谓真值表，就是将输入变量的所有可能取值组合与对应的输出变量的值一一列出的表格。

与逻辑的逻辑表达式为

$$F = A \cdot B \text{ 或 } F = AB \text{ (表示逻辑乘)}$$

与逻辑的运算规则： $0 \cdot 0 = 0$ ， $0 \cdot 1 = 0$ ， $1 \cdot 0 = 0$ ， $1 \cdot 1 = 1$ 。即有“0”出“0”，全“1”出“1”。

(2) 与门。

实现与运算的电路称为与门，与运算也叫逻辑乘。与门逻辑符号如图 3-4 所示。

(3) 由分立元件二极管构成的与门电路如图 3-5 所示。

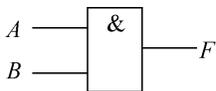


图 3-4 与门逻辑符号

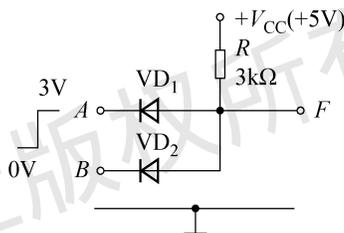


图 3-5 二极管构成的与门电路

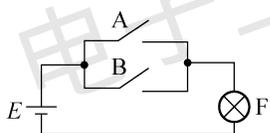


图 3-6 或逻辑电路实例

2. 或门

(1) 或逻辑。

当决定一个事件的几个条件中，有一个或一个以上条件满足时，这个事件就会发生，这种逻辑关系称为或逻辑。如图 3-6 所示电路中，只要开关 A、B 有一个闭合，灯 F 就会亮，这种逻辑关系为或逻辑关系。

或逻辑的运算规则： $0+0=0$ ， $0+1=1$ ， $1+0=1$ ， $1+1=1$ 。即有“1”出“1”，全“0”出“0”。

或逻辑的逻辑表达式为

$$F = A + B \text{ (表示逻辑加)}$$

或逻辑的运算规则： $0+0=0$ ， $0+1=1$ ， $1+0=1$ ， $1+1=1$ 。即有“1”出“1”，全“0”出“0”。

或逻辑真值表如表 3-5 所示。

表 3-5 或逻辑真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(2) 或门。

实现或运算的电路称为或门，或运算也叫逻辑加。或门逻辑符号如图 3-7 所示。

(3) 由分立元件二极管构成的或门电路如图 3-8 所示。

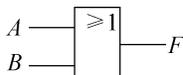


图 3-7 或门逻辑符号

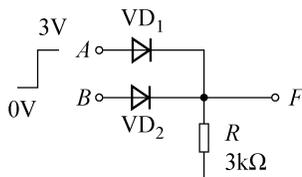


图 3-8 二极管构成的或门电路

3. 非门

(1) 非逻辑。

某事件的发生与否，仅取决于一个条件，当条件成立时，事件不发生；当条件不成立时，事件发生，这种逻辑关系称为非逻辑，也称为逻辑非，电路实例如图 3-9 所示。

非逻辑的逻辑表达式为

$$F = \bar{A}$$

非逻辑的运算规则： $\bar{1}=0$ ， $\bar{0}=1$ 。即输入为“1”，输出为“0”；输入为“0”，输出为“1”。真值表如表 3-6 所示。

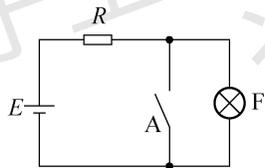


图 3-9 非逻辑电路实例

表 3-6 非逻辑真值表

A	F
0	1
1	0

(2) 非门。

实现非运算的电路称为非门。非门逻辑符号如图 3-10 所示，非门只有一个输入端。

(3) 由分立元件三极管构成的非门电路如图 3-11 所示。

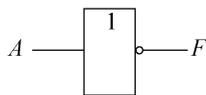


图 3-10 非门逻辑符号

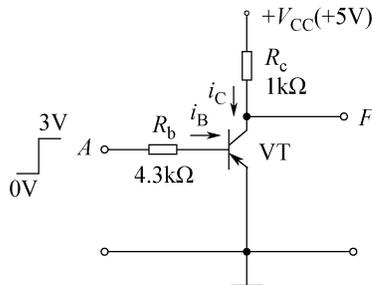


图 3-11 三极管构成的非门电路

二、复合逻辑门电路

1. 与非逻辑运算、或非逻辑运算、与或非逻辑运算

与非逻辑运算是先进行与运算，再进行非运算。或非逻辑运算是先进行或运算，再进行非运算。与或非逻辑运算是先进行与运算，接着进行或运算，最后进行非运算。实现这些运算的电路分别称为与非门、或非门、与或非门，其逻辑符号及逻辑表达式如图 3-12 所示。

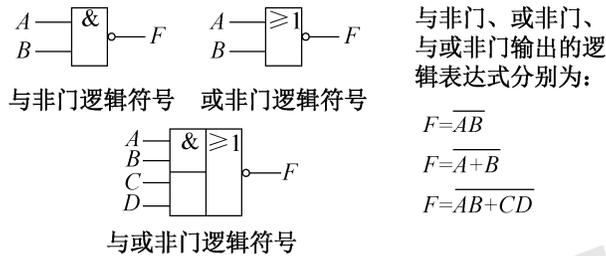


图 3-12 与非门、或非门、与或非门的逻辑符号及逻辑表达式

2. 异或运算、同或运算

异或运算和同或运算都是二变量的逻辑运算。异或逻辑真值表如表 3-7 所示，当输入的两变量相异时，输出为 1，否则输出为 0。同或逻辑真值表如表 3-8 所示，当输入的两变量相同时，输出为 1，否则输出为 0。异或运算与同或运算在逻辑上互为反函数，其逻辑符号如图 3-13 所示。

表 3-7 异或逻辑真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

表 3-8 同或逻辑真值表

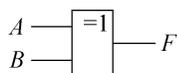
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

异或运算逻辑表达式为

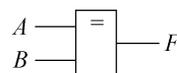
$$F = \overline{AB} + \overline{A\overline{B}} = A \oplus B$$

同或运算逻辑表达式为

$$F = AB + \overline{A\overline{B}} = A \otimes B = \overline{A \oplus B}$$



(a) 异或门逻辑符号



(b) 同或门逻辑符号

图 3-13 异或门、同或门的逻辑符号

三、集成逻辑门电路

1. TTL 集成逻辑门电路

TTL 集成逻辑门电路是晶体管-晶体管逻辑门电路的简称，它主要由双极型三极管组成。

我国 TTL 数字集成电路分为 CT54 系列和 CT74 系列两大类，它们的电路结构和电气性能相同，不同的是 CT54 系列 TTL 数字集成电路更适合在温度条件恶劣、供电电源变化大的环境中工作，多为军用品；CT74 系列 TTL 数字集成电路则适合在常规条件下工作，多为商用品。

CT74 标准系列和 CT74H 高速系列，开关速度不高，功耗较大，使用较少。

CT74S 肖特基系列，工作速度高，但功耗较大。

CT74LS 低功耗肖特基系列，工作速度比 CT74H 系列高，比 CT74S 系列低，但功耗很低。

CT74AS 先进肖特基系列，功耗比 CT74S 系列低很多，开关速度更高。

CT74ALS 先进低功耗肖特基系列，功耗比 CT74S 系列更低，开关速度更高。

CT74F 快速系列，其功耗和开关速度介于 CT74AS 和 CT74ALS 系列之间，主要用于高速的数字系统中。

常用的 TTL 集成电路如图 3-14 所示。

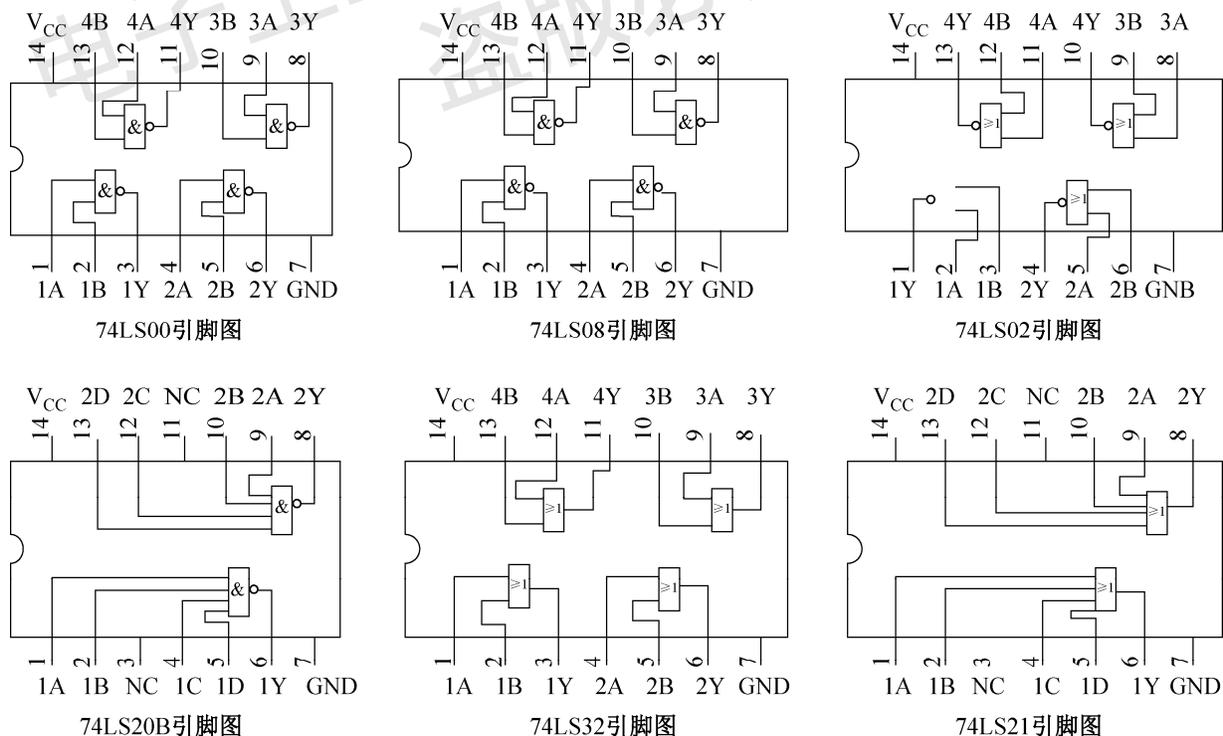


图 3-14 常用的 TTL 集成电路

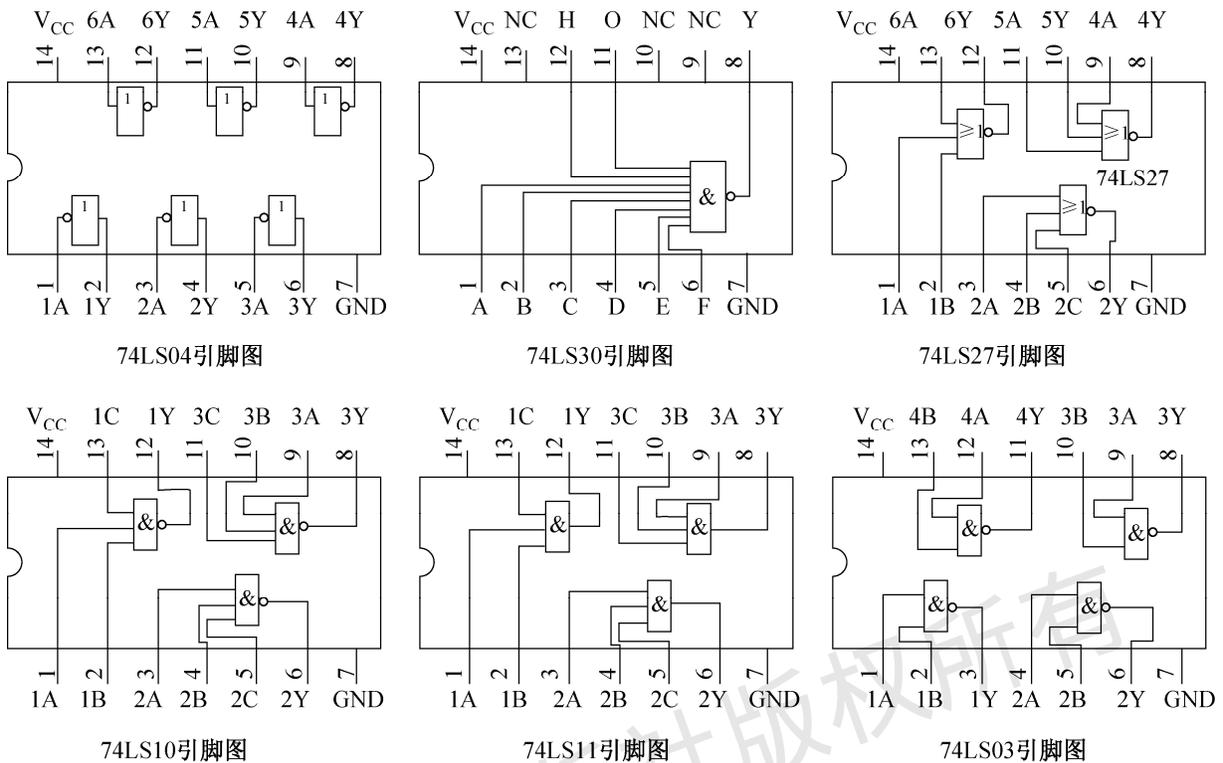


图 3-14 常用的 TTL 集成电路 (续)

2. CMOS 集成逻辑门电路

CMOS 集成逻辑门电路如图 3-15 所示。

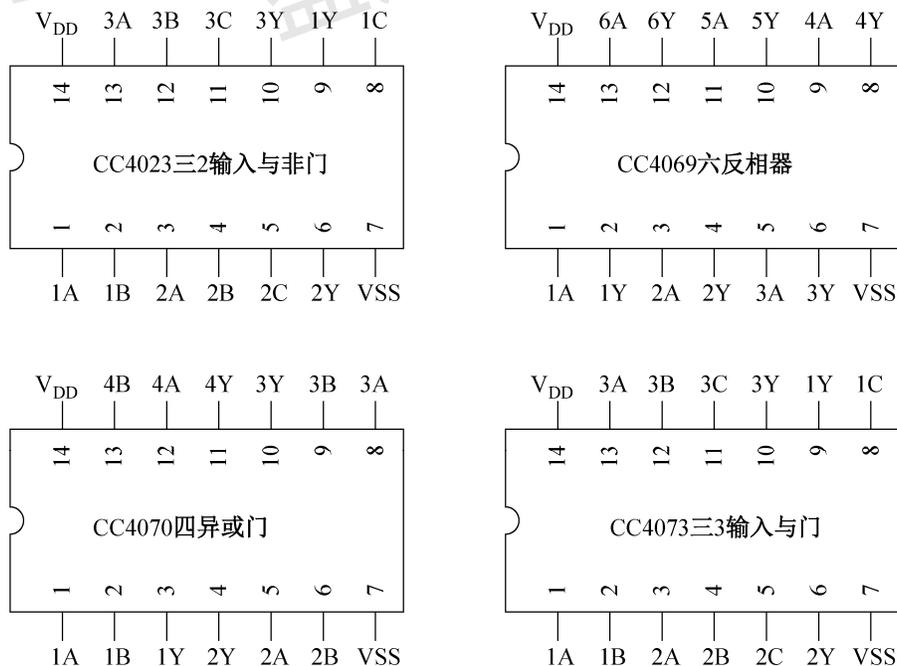


图 3-15 常用 CMOS 集成逻辑门电路

(1) CMOS4000 系列。CMOS4000 系列的优点是：功耗低、电源电压范围宽(3~15V)，

扇出系数大。缺点是：工作频率低，输出负载电流小，驱动负载能力差。

(2) 高速 CMOS 电路的 54 系列和 74 系列。它们的主要区别是工作温度不同，54 系列的工作温度为 $-55\sim 125^{\circ}\text{C}$ ，74 系列的工作温度为 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 高速 CMOS 电路系列。

① HC/HCT 系列，功耗低，工作速度快，负载能力强，HC 系列用于组成单一系统，在电源电压为 $+5\text{V}$ 时，HCT 系列与 TTL 电路兼容，可互换使用。

② AHC/AHCT 系列，工作速度和负载能力比 HC/HCT 系列高一倍。

③ LVC 系列，为 CMOS 低压系列，工作电压低（ $1.65\sim 3.6\text{V}$ ），输出驱动电流高达 24mA ，负载能力很强，性能更优越。

3. 集成逻辑门电路的使用

TTL 集成逻辑门电路的使用注意事项如下。

(1) TTL 电路的输出端（OC 门、三态门除外）不允许并联使用，也不允许直接与 $+5\text{V}$ 电源或地线相接，否则将会使电路的逻辑混乱并损坏器件。

(2) 多余输入端的处理。或门、或非门等 TTL 电路的多余输入端不能悬空，只能接地。与门、与非门等 TTL 电路多余的输入端可做如下处理：①悬空，相当于接高电平；②与其他输入端并联使用；③直接或通过电阻（ $100\Omega\sim 10\text{k}\Omega$ ）与电源相接得到高电平。

(3) 严禁带电操作。要在电路切断电源以后，插拔或焊接集成电路芯片，否则容易引起集成电路的损坏。

(4) 电源滤波。一般可在电源的输入端并接一个 $100\mu\text{F}$ 的电容用作低频滤波，在每块集成电路的电源输入端接一个 $0.01\sim 0.1\mu\text{F}$ 的电容用作高频滤波。

CMOS 集成逻辑门电路的使用注意事项如下。

(1) 防静电。防止外来感应电动势将栅极击穿。

(2) 焊接。焊接时不能使用 25W 以上的电烙铁，通常采用 20W 内热式电烙铁，焊接时间不宜过长，焊接量不宜过大。

(3) 闲置输入端的处理。CMOS 电路不用的输入端不允许悬空，可与输入端并联使用，这种连接会增大输入电容，使速度下降，当工作频率高时不宜这样处理。与门和与非门的闲置输入端可接电源正极或高电平，或门和或非门闲置输入端可接地或低电平。当输入端通过一个电阻接地时，不论电阻多大，该端都相当于输入低电平。

(4) 输出端的连接。除 OC 门外，普通逻辑门的输出端不允许直接并联，输出端不允许直接与电源的正极或地线相连接，否则将导致器件损坏。

(5) 电源。电源正负极不能接反，在安装电路或插拔元器件时，必须先切断电源，严禁带电操作。

(6) 输入信号。输入信号不允许超出电压范围，若不能保证时需在输入端串联限流电阻起保护作用。

(7) 接地。所有测试仪器外壳必须良好接地，若信号源需要换挡，最好先将输出幅度

调到最小。在进行电路测试调整时，先接通电源，后输入信号，测试调整结束时，先断开输入信号，再关断电源。



理论学习笔记

基础知识

重点知识

难点知识

学习体会



学以致用

【技能训练 3-1】集成逻辑门电路的搭建与检测

一、实训目的

1. 掌握 TTL 集成逻辑门电路的逻辑功能及其测试方法。
2. 掌握 TTL 器件的使用规则。
3. 能使用万用表测试芯片的电平。
4. 培养分析问题、解决问题的能力。

二、实训器材（见表 3-9）

表 3-9 实训器材

序号	名称	规格	数量
1	数字万用表		1 块
2	集成电路芯片	74LS04	1 块
3	集成电路芯片	74LS08	1 块

续表

序号	名称	规格	数量
4	集成电路芯片	74LS20	1 块
5	集成电路芯片	74LS32	1 块
6	发光二极管		1 个
7	直流稳压电源	5V	1 台
8	逻辑开关		3 个
9	万能电路板		1 块
10	导线		若干

三、实训电路

实训用集成电路芯片的引脚图如图 3-16 所示。

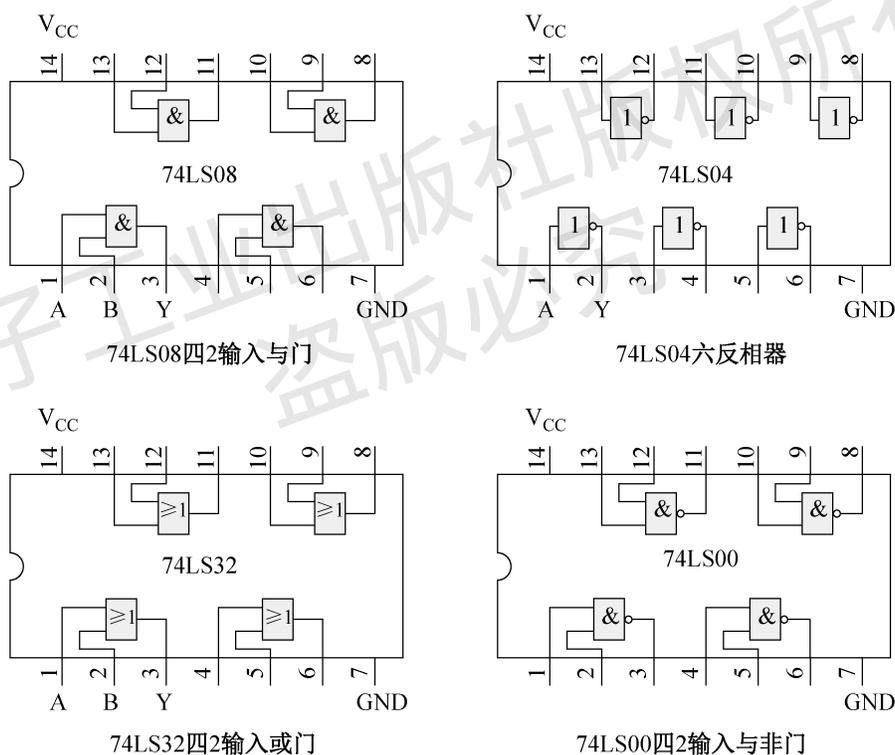


图 3-16 实训用集成电路芯片的引脚图

四、实训内容与步骤

用导线将实训台上的+5V 电源和接地端连入万能电路板中。

(1) TTL 与门集成电路 74LS08 的逻辑功能测试。

- ① 在万能电路板上安装一个 14P 插座，按定位标记插好 74LS08 集成电路芯片。
- ② 根据图 3-16 所示引脚图，将+5V 直流稳压电源接 74LS08 的 14 脚，接地端接 7 脚。
- ③ 用导线将逻辑开关的输出端和 74LS08 两个输入端 A、B（1 脚和 2 脚）相连，以

提供“0”与“1”电平信号，逻辑开关向上，输出逻辑“1”，向下输出逻辑“0”。与门的输出端 Y（3 脚）接由 LED 发光二极管组成的逻辑电平显示的输入端，LED 亮代表逻辑“1”，不亮代表逻辑“0”。

- ④ 按表 3-10 所示在两个输入端输入相应的电平，测量并记录相应的输出。

表 3-10 测量记录

输入	A	0	0	1	1
	B	0	1	0	1
输出	Y				

(2) TTL 非门集成电路 74LS04 的逻辑功能测试。

- ① 在万能电路板上安装一个 14P 插座，按定位标记插好 74LS04 集成电路芯片。
② 按照 74LS04 的引脚图，用导线连接好输入和输出，接通+5V 直流电源。
③ 按表 3-11 所示在输入端输入相应的电平，测量并记录相应的输出。

表 3-11 测量记录

输入	A	0	1
输出	Y		

(3) TTL 或门集成电路 74LS32 的逻辑功能测试。

- ① 在万能电路板上安装一个 14P 插座，按定位标记插好 74LS32 集成电路芯片。
② 按照 74LS32 的引脚图，用导线连接好输入和输出，接通+5V 直流电源。
③ 按表 3-12 所示在输入端输入相应的电平，测量并记录相应的输出。

表 3-12 测量记录

输入	A	0	0	1	1
	B	0	1	0	1
输出	Y				

(4) TTL 与非门集成电路 74LS00 的逻辑功能测试。

- ① 在万能电路板上安装一个 14P 插座，按定位标记插好 74LS00 集成电路芯片。
② 按照 74LS00 的引脚图，用导线连接好输入和输出，接通+5V 直流电源。
③ 按表 3-13 所示在输入端输入相应的电平，测量并记录相应的输出。

表 3-13 测量记录

输入	A	0	0	1	1
	B	0	1	0	1
输出	Y				

五、实训小结（包括收获与不足）

六、虚拟仿真

利用 Multisim 14 仿真软件实现图 3-17 所示电路的功能。

1. 选取元器件。

(1) 按照前面介绍的方法，选取+5V 电源（VCC）和接地元件（GROUND）。

(2) 选取集成电路芯片（74LS04D）。

在“Select a Component”对话框的“Group”下拉列表框中选择“TTL”选项，在“Component”文本框中搜索 74LS04D，再在列表框中双击选择“74LS04D[74LS_IC]”选项，并放置在绘图区。

(3) 选取发光二极管（LED_blue）。

单击“Place”→“Component”菜单命令，弹出“Select a Component”对话框，在“Group”下拉列表中选择“Diodes”选项，在“Family”列表框中选择“LED”选项，再在“Component”列表框中双击选择“LED_blue”选项，并放置在绘图区。

(4) 选取逻辑开关（SPDT）。

单击“Place”→“Component”菜单命令，弹出“Select a Component”对话框，在“Group”下拉列表中选择“Basic”选项，在“Family”列表框中选择“SWITCH”选项，再在“Component”列表框中双击选择“SPDT”选项，并放置在绘图区。

2. 电路仿真。

连接电路，并验证电路功能。

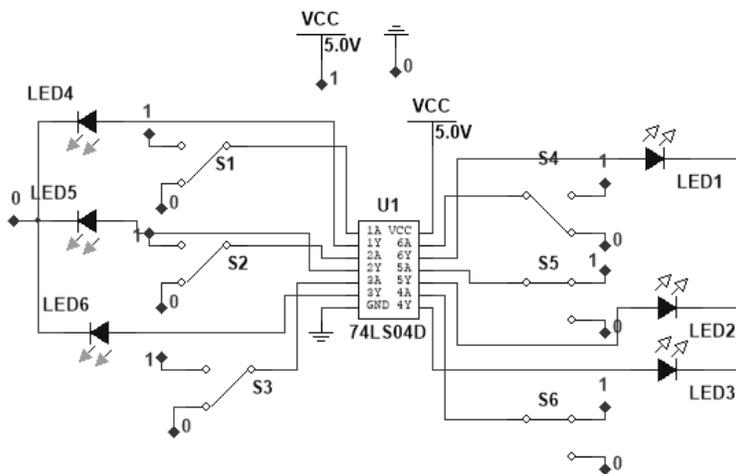


图 3-17 集成逻辑门电路功能测试仿真电路



考核评价

根据对本任务的学习情况进行自我检查，完成考核评价（见表 3-14）。

表 3-14 考核评价表

序号	学习目标	达成情况（在相应的选项下打钩）		
		能	不能	如果不能，说明原因
1	能描述基本逻辑门电路的特点			
2	能分析基本逻辑门与复合逻辑门电路的功能			
3	能在教师的指导下完成集成逻辑门电路的搭建，并验证电路功能			
4	能在教师的指导下完成集成逻辑门电路的仿真			

任务 3 逻辑代数基础



任务目标

1. 能掌握逻辑代数的基本公式和定理。
2. 能理解逻辑函数的概念，辨别逻辑函数的常用表示方法（逻辑表达式、真值表和逻辑图、波形图）。
3. 能进行逻辑表达式不同形式之间的转换。
4. 会应用逻辑代数的基本定律和规则进行逻辑表达式的化简。



知识讲解

一、逻辑代数的公式和定理

逻辑代数又称布尔代数，是按一定的逻辑关系进行运算的代数，是分析和设计数字电路的数学工具。逻辑代数中的变量称为逻辑变量，用大写字母表示。逻辑变量的取值只有两种，即逻辑“0”和逻辑“1”，0和1称为逻辑常量，并不表示数量的大小，而是表示两种对立的逻辑状态。

1. 正逻辑与负逻辑

数字电路是以输入、输出电平的高低来表示逻辑“0”或“1”的。这种高低电平允许在一定的范围内波动，只要不超出这个范围，它们所表示的逻辑值都是正确的。

若规定以高电平表示逻辑“1”，低电平表示逻辑“0”，这种规定称为正逻辑。反之，若规定以低电平来表示逻辑“1”，高电平表示逻辑“0”，这种规定称为负逻辑。

同一个逻辑门电路，若逻辑规定不同，可能表现出不同的逻辑功能。如按正逻辑规定的与门，若按负逻辑规定则是或门。实际电路中多采用正逻辑。

2. 逻辑变量与逻辑函数

逻辑代数中的变量称为逻辑变量，用字母 A 、 B 、 C ……来表示。逻辑变量只能有两种取值：真和假。常把真记作“1”，假记作“0”。这里的“1”和“0”并不表示数量的大小，而表示完全对立的两种状态。

在逻辑问题的研究中，涉及问题产生的条件和结果。表示条件的逻辑变量称为输入变量，表示结果的逻辑变量称为输出变量。将输入变量和输出变量通过逻辑运算符连接起来的式子称为逻辑函数，常用 F 、 L 表示输出变量。

基本的逻辑运算有与运算、或运算、非运算。

3. 基本定律和公式

根据逻辑与、或、非三种基本运算法则，可以推导出一些基本定律，这些定律有些与普通代数有相似之处，有些则是逻辑代数自身特殊的规律。

(1) 变量与常量的关系。

$$\begin{cases} A \cdot 1 = A \\ A + 0 = A \end{cases}, \begin{cases} A \cdot 0 = 0 \\ A + 1 = 1 \end{cases}, \begin{cases} A \cdot \bar{A} = 0 \\ A + \bar{A} = 1 \end{cases}$$

(2) 与普通代数相似的定律。

$$\begin{aligned} \text{交换律} & \begin{cases} A \cdot B = B \cdot A \\ A + B = B + A \end{cases} \\ \text{结合律} & \begin{cases} (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C) \\ (A + B) + C = A + (B + C) \end{cases} \\ \text{分配律} & \begin{cases} A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C \\ A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C) \end{cases} \end{aligned}$$

(3) 逻辑代数中的特殊定律。

$$\begin{aligned} \text{同一律} & \begin{cases} A + A = A \\ A \cdot A = A \end{cases} \\ \text{反演定律} & \begin{cases} \overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B} \\ \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B} \end{cases} \quad (\text{也称摩根定律}) \\ \text{还原律} & \quad \overline{\overline{A}} = A \end{aligned}$$

判定以上定律和公式的正确性，最直接的方法是通过列真值表来证明，如果等式两边的函数在变量的所有取值下都相等，则证明等式成立。

以上等式还可根据逻辑代数的规则，扩大其应用范围。

例如， $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ ，则 $\overline{A+B+C} = \overline{A} \cdot \overline{B+C} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$ 。

(4) 常用公式。

利用基本公式可以推导出一些常用公式，这些公式可以帮助我们化简逻辑表达式。

常用公式 1 $AB + \overline{A}B = A$

常用公式 2 $A + \overline{A}B = A + B$

常用公式 3 $A + \overline{A}B = A + B$

常用公式 4 $AB + \overline{A}C + BC = AB + \overline{A}C$

二、逻辑函数的表示方法

如果以逻辑变量 A 、 B 、 C 、 \dots 作为输入，以运算结果作为输出，当输入变量 A 、 B 、 C 、 \dots 的取值确定后，输出逻辑变量 F 的值就被唯一确定，则称 F 为 A 、 B 、 C 、 \dots 的逻辑函数，表示为

$$F = f(A, B, C, \dots)$$

逻辑变量和逻辑函数的取值只有 0 和 1 两种可能，逻辑函数与逻辑变量之间由与、或、非三种基本运算决定。

逻辑函数的表示方法主要有：逻辑表达式、真值表、逻辑图、卡诺图、波形图。

1. 逻辑表达式

逻辑表达式是描述输入和输出逻辑变量之间逻辑关系的表达式，一般由逻辑变量 (A 、 B 、 C 等) 和基本逻辑运算符 (与、或、非) 及括号、等号等构成的表达式。例如：

$$F = \overline{A \cdot B}, \quad G = \overline{AB + CD}, \quad H = \overline{AB} + \overline{AB}$$

在这些逻辑表达式中， A 、 B 、 C 、 D 为逻辑变量， F 、 G 、 H 为逻辑函数输出， A 、 B 、 C 、 D 为原变量， \overline{A} 、 \overline{B} 为反变量。

逻辑表达式的优点：书写简洁、方便，能用公式和定理进行运算、变换。

逻辑表达式的缺点：当逻辑表达式比较复杂时，难以从逻辑变量的取值看出逻辑函数输出值，不直观。

2. 真值表

将逻辑函数各种可能的逻辑变量取值与相应的逻辑函数输出值用表格的形式一一列举出来，这种表格就是真值表。它表示了逻辑函数输出值与逻辑变量的对应关系，逻辑函数的真值表具有唯一性。

如列出三人表决器电路的真值表。当两人或两人以上同意时，表决通过，否则表决不能通过。用 A 、 B 、 C 表示三人的表决意见，为输入变量，表决同意用 1 表示，不同意用 0 表示，用 F 表示表决的结果，1 表示表决通过，0 表示表决未通过，真值表如表 3-15 所示。

表 3-15 三人表决器电路的真值表

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

当逻辑函数有 n 个变量时，共有 2^n 个不同的变量取值组合，在列真值表时，为避免遗漏，变量的取值组合一般按 n 位自然二进制数递增的顺序列出。

用真值表表示逻辑函数，可直接看出逻辑函数输出值与逻辑变量之间的关系。但当变量较多时，列真值表十分烦琐。

由真值表可得到标准的与或逻辑表达式，方法是：对于任意一组变量，1 用原变量表示，0 用反变量表示，把逻辑函数输出值为 1 的行所对应的各逻辑变量的与组合进行逻辑加，便得到标准的与或逻辑表达式。三人表决器的与或逻辑表达式如下

$$F = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

3. 逻辑图

由基本逻辑门和复合逻辑门的逻辑符号组成的对应于某一逻辑功能的电路图就是逻辑图。根据逻辑表达式画逻辑图时，只要把逻辑表达式中各逻辑运算用相应的逻辑门电路的逻辑符号代替，就可画出和逻辑表达式对应的逻辑图。

逻辑表达式 $F = AB + \overline{A}\overline{B}$ 的逻辑图如图 3-18 所示。

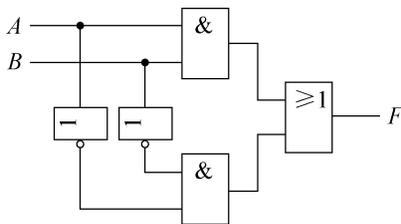


图 3-18 逻辑图

根据逻辑图也可得到逻辑表达式，方法是：根据逻辑门电路的输入与输出关系及电路的连接关系，写出每个逻辑门的输出表达式，最后得到逻辑表达式，化简后，可得到最简单的与或式。

例：逻辑图如图 3-19 所示，试写出逻辑表达式。

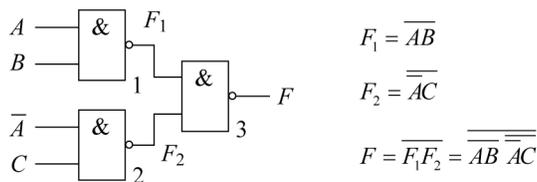


图 3-19 逻辑图

4. 卡诺图

卡诺图是逻辑函数的图形表达，它是由表示逻辑变量的最小项的全部可能取值所组成的小方格构成的平面图。一个逻辑函数的卡诺图就是将此函数的最小项表达式中的最小项相应地填入对应的一个方格内。卡诺图的知识本书不做介绍。

5. 波形图

在已知逻辑变量随时间变化的情况下，根据逻辑表达式的运算关系（或真值表或卡诺图中逻辑变量取值与逻辑函数输出值的对应关系），可以绘制出逻辑函数输出值随时间变化的波形，这种反映逻辑变量和逻辑函数输出值随时间变化规律的图形，就称为波形图，也称为时序图。

三、逻辑表达式不同形式之间的转换

逻辑表达式的表达形式可分为五种：与或式、与非-与非式、与或非式、或与式、或非-或非式。它们之间可进行相互转换。

例：将逻辑表达式与或式 $F = AB + \overline{AC}$ 转换成其他形式。

与非-与非式：将与或式两次取反，利用摩根定律就可得到与非-与非式。

$$F = \overline{\overline{AB + \overline{AC}}} = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{\overline{AC}}}$$

与或非式：先求反函数，再取反一次就得到与或非式。

$$\overline{F} = \overline{AB + \overline{AC}} = (\overline{A} + \overline{B})(A + \overline{C}) = \overline{AC} + \overline{AB}$$

$$F = \overline{\overline{AC} + \overline{AB}}$$

或与式：将与或非式用摩根定律展开即得到或与式。

$$F = \overline{\overline{AC} + \overline{AB}} = (A + C)(\overline{A} + B)$$

或非-或非式：将与或式两次取反，用摩根定律展开一次就得到或非-或非式。

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

【说明】在各种逻辑表达式中，与或式是最基本的形式，一般函数均以与或式给出。与或式就是逻辑表达式由几个与项相加而成，即先进行与运算，再进行或运算。

四、逻辑表达式的化简

(1) 化简的目的：逻辑表达式的复杂性直接影响逻辑电路的复杂性，逻辑表达式越

简单，则实现该逻辑表达式所需的逻辑门就越少，电路工作越可靠，因此需对逻辑表达式进行化简。

(2) 逻辑表达式化简的原则。

逻辑表达式化简一般遵循以下几条原则。

- ① 逻辑电路所用的逻辑门最少；
- ② 各个逻辑门的输入端要少；
- ③ 逻辑电路所用的级数要少，逻辑电路能可靠地工作。

对于与或式，如化简后，表达式中的与项最少，每个与项中的变量个数最少，一般认为该逻辑表达式就是最简的与或式。

(3) 常用的化简方法：代数法和图形化简法。

逻辑表达式的代数化简法，也叫公式化简法，就是运用逻辑代数的基本公式、基本定律和规则对给定的逻辑表达式进行化简的方法。常用的方法有以下几种。

① 并项法：利用公式 $A + \bar{A} = 1$ 将两项合并为一项，并消去一个变量。

$$\begin{aligned} \text{例：} F_1 &= ABC + \bar{A}BC + B\bar{C} = (A + \bar{A})BC + B\bar{C} \\ &= BC + B\bar{C} = B(C + \bar{C}) = B \\ F_2 &= ABC + \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{C} = ABC + A(\bar{B} + \bar{C}) = ABC + \bar{A}BC \\ &= A(BC + \bar{B}C) = A \end{aligned}$$

② 吸收法：利用公式 $A + AB = A$ 消去多余项。

$$\begin{aligned} \text{例：} F_3 &= AB + ABCD(E + FG) = AB \\ F_4 &= A + \overline{\bar{B} + \bar{C}D} + AD + B = A + BCD + AD + B \\ &= (A + AD) + (BCD + B) = A + B \end{aligned}$$

③ 消因子法：利用公式 $A + \bar{A}B = A + B$ ，消去多余的因子。

$$\begin{aligned} \text{例：} F_5 &= AB + \bar{A}C + \bar{B}C = AB + \bar{A}BC = AB + C \\ F_6 &= \bar{A}\bar{B} + C + \bar{A}\bar{C}D + B\bar{C}D = \bar{A}\bar{B} + C + \bar{C}(\bar{A}D + BD) \\ &= \bar{A}\bar{B} + C + \bar{A}D + BD = \bar{A}\bar{B} + \overline{\bar{A}BD} + C = \bar{A}\bar{B} + C + D \end{aligned}$$

④ 消项法：利用公式 $AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$ ，消去多余项。

$$\begin{aligned} \text{例：} F_7 &= AB + \bar{A}CD + BCD = AB + \bar{A}CD \\ F_8 &= \bar{A}\bar{B} + AC + ADE + \bar{C}D = \bar{A}\bar{B} + (CA + \bar{C}D + ADE) \\ &= \bar{A}\bar{B} + AC + \bar{C}D \\ F_9 &= AB + \bar{B}C + AC(DE + \bar{A}DG) = AB + \bar{B}C \end{aligned}$$

⑤ 配项法：在不能直接运用公式进行化简时，可利用 $A + \bar{A} = 1$ ，选择合适的与项进行配项，再进行化简，也可利用 $AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$ 添加 BC 再进行化简。

$$\begin{aligned}
 \text{例: } F_{10} &= \overline{A}\overline{C} + \overline{B}\overline{C} + \overline{A}C + \overline{B}C = \overline{A}\overline{C}(B + \overline{B}) + \overline{B}\overline{C} + \overline{A}C + (A + \overline{A})\overline{B}C \\
 &= \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{B}\overline{C} + \overline{A}C + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} \\
 &= \overline{B}\overline{C}(1 + A) + \overline{A}C(1 + \overline{B}) + \overline{A}B(C + \overline{C}) \\
 &= \overline{B}\overline{C} + \overline{A}C + \overline{A}B
 \end{aligned}$$

【说明】对复杂的逻辑表达式进行化简时，需要灵活运用多种方法才能得到最简的结果。代数法化简对逻辑表达式中的变量个数没有限制，它适用于变量较多、较复杂的逻辑表达式的化简，但须熟记基本公式和定律，并且还需要掌握一定的技巧。使用代数法化简有时难于判定所化简的逻辑表达式是否为最简式。



理论学习笔记

基础知识

重点知识

难点知识

学习体会



学以致用

【综合技能训练】三人表决器电路的安装与调试

一、实训目的

1. 能识别和测试常用的数字集成电路芯片。
2. 能完成三人表决器电路的设计与装调。
3. 能检查并排除简单的故障。

二、实训器材（见表 3-16）

表 3-16 实训器材

序号	名称	规格	数量
1	数字万用表		1 块
2	三人表决器电路套件		1 套
3	直流稳压电源	5V	1 台
4	焊锡丝		适量
5	斜口钳		1 个
6	电烙铁		1 个
7	清洁海绵		1 块
8	松香		1 块

三、实施步骤

1. 认识电路的组成。

三人表决器电路组成方框图及电路原理图如图 3-20 所示。

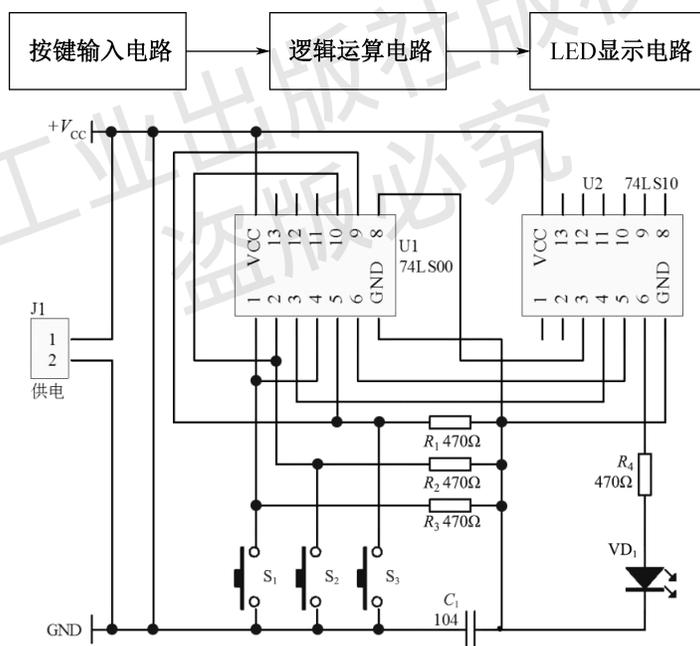


图 3-20 三人表决器电路组成方框图及电路原理图

2. 认识电路的工作过程。

电路中使用了 74LS00 的三个与非门和 74LS10 的一个与非门，74LS00 的三个 2 输入与非门的输出端接到 74LS10 的一个 3 输入与非门的输入端，输出端接 LED (VD₁)。与非门的功能是当输入有一个是 0，输出就是 1，只有输入都是 1，输出才会是 0。图 3-20 所示电路中电源从 J1 输入，三个 2 输入与非门的输入端由 R₁、R₂、R₃、S₁、S₂、S₃ 组合控制，按键未按下，输入端置高电平，按键被按下，对应输入端置低电平。当只有一个按键

被按下或者没有按键被按下时，经过三个 2 输入与非门之后，使得 3 输入与非门的三个输入端都是高电平“1”，则输出端是低电平“0”，LED 不亮，表决不通过，当两个或两个以上按键被按下时，3 输入与非门的三个输入端至少有一个是“0”，则输出端是高电平“1”，LED 点亮，表决通过。

3. 工艺流程与标准编制。

根据企业电子产品组装工艺要求，完成三人表决器电路工艺流程与标准工艺卡的编制工作，填写表 3-17。

表 3-17 工艺流程与标准工艺卡

工序	电路工艺流程图	工序名	制造责任	检查项目	常规检测仪器
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

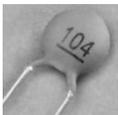
说明：电路工艺流程图的图形符号如下。

 开始
  操作工序
  检验工序

4. 元器件的清点与检查。

对照电路原理图和元器件清单（见表 3-18）认真清点元器件，检查实际元器件与清单是否相符，有无损坏的元器件。

表 3-18 三人表决器电路元器件清单

元器件名称	元器件图片	元器件代号	元器件参数	元器件数量
色环电阻器		$R_1 \sim R_4$	470Ω	4 个
瓷片电容		C_1	104	1 个

续表

元器件名称	元器件图片	元器件代号	元器件参数	元器件数量
发光二极管		VD ₁	红色	1 个
按键		S ₁ ~S ₃	6×6×5 (mm)	3 个
集成电路芯片		U1	74LS00	1 块
集成电路芯片		U2	74LS10	1 块
接插 IC 插座		U1、U2	14P	2 个
接插端子		J1	2P (间距 5.08mm)	1 个

5. 元器件的检测。

使用万用表对下面的元器件进行检测，将检测结果填入表 3-19。

表 3-19 元器件的检测

元件名称	元件代号	检测结果
色环电阻器	R ₁	色环颜色顺序：_____，实测值：_____
	R ₂	色环颜色顺序：_____，实测值：_____
	R ₃	色环颜色顺序：_____，实测值：_____
	R ₄	色环颜色顺序：_____，实测值：_____
瓷片电容	C ₁	实测电容值：_____
发光二极管	VD ₁	正向电阻值：_____，反向电阻值：_____，质量情况：_____
按键	S ₁ ~S ₃	按下电阻值：_____，松开电阻值：_____，质量情况：_____

6. 电路的安装。

(1) 识读印制电路板 (PCB)。

根据印制电路板实物，参考电路原理图检查电路，查看印制电路板是否有短路或开路的地方，熟悉各元器件在印制电路板中的位置。三人表决器电路印制电路板如图 3-21 所示。

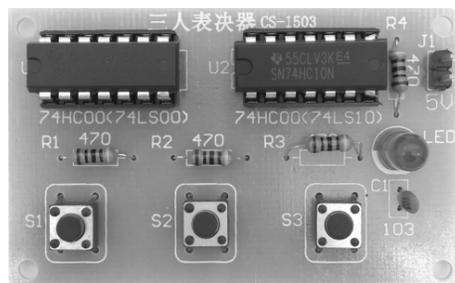


图 3-21 三人表决器电路印制电路板

(2) 元器件安装。

① 电阻器、二极管引脚按照工艺要求进行成形，贴板安装，插装焊接后排列整齐，二极管插装时注意正负极性。

② 可以利用剪下的电阻元件的引脚作为跳线。

③ 安装集成电路芯片时，注意先将接插 IC 插座插入 PCB 进行焊接，焊接好接插 IC 插座后再将集成电路芯片插入接插 IC 插座中。插装集成电路芯片时注意方向应与 PCB 丝印符号方向一致。

④ 插装焊接的顺序遵循从低到高的原则，如有贴板安装的元器件出现悬空，应使用电烙铁熔化焊锡后贴板安装。

⑤ 元器件焊接后引脚应及时用斜口钳剪去，引脚离焊点顶端保留 1~2mm。

⑥ 接插端子的安装方向：接线口应朝 PCB 的外面，方便接线。

⑦ 如发现 PCB 有断线的地方，断线的部分较短，可以用焊锡丝熔化进行连接；断线的部分较长，可用剪掉的电阻器的引脚进行连接焊接。

7. 电路的调试与检测。

(1) 功能测试。

将产品的接插端子接上直流稳压电源，电源挡位调至 5V，注意电源极性不要接反。上电后，按下 $S_1 \sim S_3$ 三个按键中的任意两个或三个，LED 发光二极管点亮。按下任意一个或不按时，LED 熄灭。

(2) 故障分析与排除。

如不能正常实现功能，依据表 3-20 所示故障分析，进行故障排除。

表 3-20 故障分析

故障现象	故障可能原因	解决措施
电路无反应， LED 工作不正常	电源极性接错	检查，拆焊，进行正确安装
	LED 极性装反	
	集成电路芯片方向装错	
	集成电路芯片型号错误	
	按钮损坏	用万用表进行检测，如损坏进行更换
	LED 损坏	
	PCB 有断线的地方	检查进行修补
	焊点质量差，存在漏焊、桥接、虚焊等	对可疑焊点、问题焊点重新进行焊接

(3) 电路的调试与测量。

以不同的组合按下 $S_1 \sim S_3$ 按键（注意按下按键时，输入为低电平），使用万用表测试集成电路芯片 U1、U2 相应引脚的电平，记录 LED 的亮灭情况，并填入表 3-21。

表 3-21 电路的调试与测量

按键			U1 (74LS00)			U2 (74LS10)				LED (VD ₁)
S ₁	S ₂	S ₃	3脚	6脚	8脚	3脚	4脚	5脚	6脚	
1	1	1								
1	1	0								
1	0	1								
1	0	0								
0	1	1								
0	1	0								
0	0	1								
0	0	0								



考核评价

三人表决器电路的安装与调试考核评价如表 3-22 所示。

表 3-22 考核评价表

项目	考核要求	评分标准	配分	得分
元器件识别与检测	按要求对元器件进行识别与检测	1. 元器件识别错一个, 扣 1 分 2. 元器件检测错一个, 扣 2 分	10	
元器件引线成形、插装与排列	1. 元器件按工艺要求成形 2. 元器件的插装符合插装工艺要求 3. 元器件排列整齐、标志方向一致, 布局合理	1. 元器件成形不符合要求, 每处扣 1 分 2. 插装位置、极性错误, 每处扣 2 分 3. 元器件排列参差不齐, 标志方向混乱, 布局不合理, 扣 3~10 分	30	
焊接质量	1. 焊点均匀、光滑、一致, 无毛刺、无假焊等现象 2. 焊点上引脚不能过长	1. 有搭锡、假焊、虚焊、漏焊、焊盘脱落、桥接等现象, 每处扣 2 分 2. 出现毛刺、焊料过多、焊料过少、焊点不光滑、引线过长等现象, 每处扣 2 分 3. 因焊接不当造成元器件损坏, 每个扣 5 分	30	
功能实现	按下按键, LED 正常显示	不能实现功能扣 10 分	10	
布线美观	尽量使连接导线不交叉	出现一处扣 1 分	10	
安全文明生产	1. 工作台上工具摆放整齐 2. 严格遵守安全操作规程	违反安全操作规程, 扣 3~10 分	10	
合计得分				

拓展提高

某企业承接了一批争议表决器电路的组装与调试任务，请按照相应的企业生产标准完成该产品的组装与调试，实现该产品的基本功能、满足相应的技术指标，并正确填写相关技术文件或测试报告。争议表决器电路原理图如图 3-22 所示。

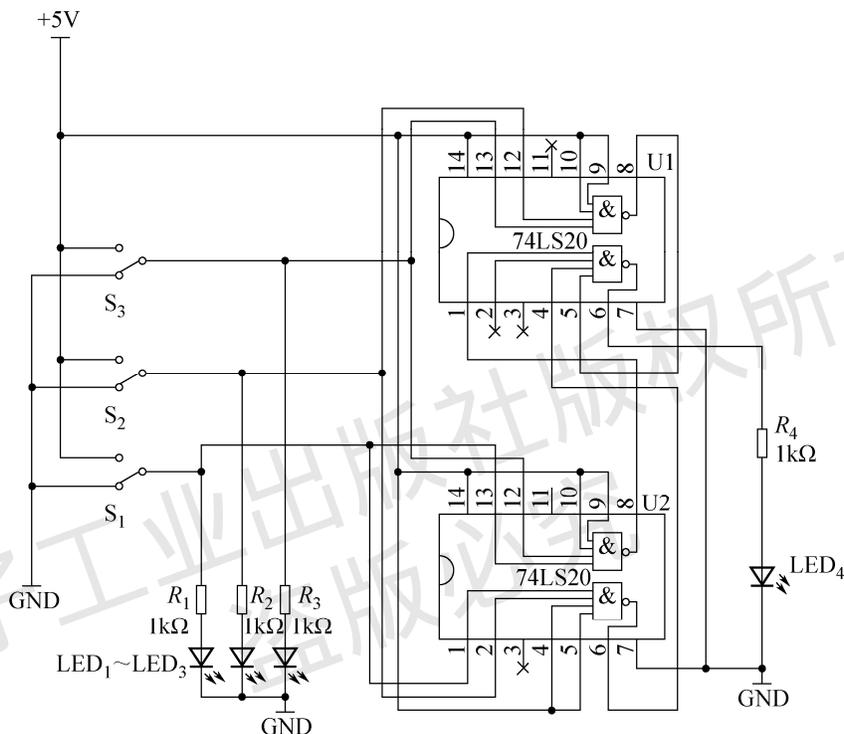


图 3-22 争议表决器电路原理图

知识巩固

习题测试

一、填空题

1. 数字信号是指在时间和数值上都是_____的信号，是脉冲信号的一种。
2. 数字电路研究的对象是电路的_____之间的逻辑关系。
3. 理想二极管正向导通时，其端电压为 0，相当于开关的_____。
4. 在脉冲与数字电路中，三极管主要工作在_____和_____。
5. 二进制只有两个数码 0 和 1，其计数规律为_____。
6. 十进制数转换为二进制数，整数部分采用_____法。

7. 二进制数转换为十六进制数的方法是每_____位二进制数分别转换为 1 位十六进制数。
8. 与运算中, 所有输入与输出的关系是有 0 出 0, 全 1 出_____。
9. 或运算中, 所有输入与输出的关系是有 1 出 1, 全 0 出_____。
10. 正逻辑规定, 逻辑“1”代表_____。
11. 摩根定律表达式为 $\overline{A+B} =$ _____。
12. 逻辑函数的表示方法有真值表、逻辑表达式、逻辑图、_____。
13. 逻辑表达式的化简方法有公式化简法和_____化简法。
14. 卡诺图中的每一个小方格对应一个最小项, n 个变量的卡诺图有_____个小方格。
15. 门电路中最基本的逻辑门是_____、_____、_____。
16. 数字集成电路按制造工艺不同, 可分为_____和_____两大类。
17. TTL 集成电路的电源电压一般为_____V, TTL 集成电路的输出_____直接接地或电源正极。
18. 如图 3-23 所示逻辑门电路的输出是_____电平。
19. 如图 3-24 所示逻辑门电路对应的逻辑表达式是_____。
20. 如图 3-25 所示逻辑门电路对应的逻辑表达式是_____。

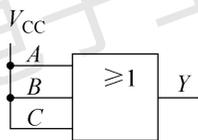


图 3-23 题 18 图

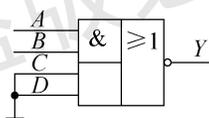


图 3-24 题 19 图

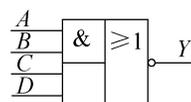


图 3-25 题 20 图

二、选择题

1. 一个 4 输入与非门, 使其输出为 0 的输入变量的取值组合有 () 种。
A. 15 B. 8 C. 7 D. 1
2. 一个 4 输入或非门, 使其输出为 1 的输入变量的取值组合有 () 种。
A. 15 B. 8 C. 7 D. 1
3. $A \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 =$ ()。
A. A B. \bar{A} C. 0 D. 1
4. 若将一个异或门 (设输入端为 A、B) 当作反相器使用, 则 ()。
A. A 端或 B 端中有一个接高电平 B. A 端或 B 端中有一个接低电平
C. A 端和 B 端并联使用 D. 不能实现
5. 下列逻辑表达式中值为 0 的是 ()。

- A. $A \oplus A$ B. $A \oplus 1$ C. $A \oplus 0$ D. $A \oplus \bar{A}$
6. 与逻辑表达式 $\bar{A} + ABC$ 相等的式子是 ()。
- A. ABC B. $1 + BC$ C. A D. $\bar{A} + BC$
7. 下列逻辑等式中不成立的有 ()。
- A. $A + BC = (A + B)(A + C)$ B. $AB + \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B = 1$
 C. $\bar{A} + \bar{B} + AB = 1$ D. $A\bar{A}BD = \bar{A}BD$
8. $F = (A \oplus B \oplus C) + A$ 的最简与或表达式为 ()。
- A. $F = A$ B. $F = A + \bar{B}C + B\bar{C}$
 C. $F = A + B + C$ D. 都不是
9. 已知某电路的真值表如表 3-23 所示, 该电路的逻辑表达式为 ()。
- A. $F = C$ B. $F = ABC$ C. $F = AB + C$ D. 都不是

表 3-23 真值表

A	B	C	F	A	B	C	F
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1

10. 逻辑函数为 $F = AB + BC$, 使 $F = 1$ 的输入变量 ABC 的组合为 ()。
- A. $ABC = 000$ B. $ABC = 010$
 C. $ABC = 101$ D. $ABC = 110$

三、分析题

- 列出逻辑函数 $Y = \overline{\overline{AB} + BC}$ 的真值表。
- 试说明 COMS 逻辑门的空闲输入端应如何处理。
- 有一个 3 输入与门, 其 3 个输入端输入信号 A 、 B 、 C 的波形如图 3-26 所示, 试画出输出端输出信号 Y 的波形。

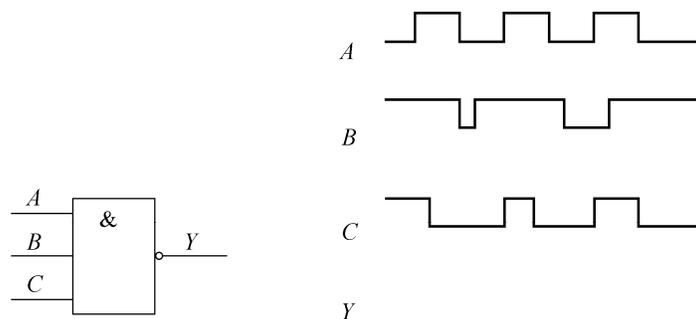


图 3-26 题 3 图

4. 用公式法证明 $\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CA} = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CA}$ 。
5. 证明不等式 $\overline{AC} + \overline{BC} + \overline{AB} + D \neq \overline{BC} + \overline{AB} + \overline{AC} + D$ 。
6. 已知逻辑函数 $F = ABC + \overline{ABC} + \overline{BC}$ ，求最简与或式、与非-与非式、最小项表达式。
7. 用公式法化简逻辑表达式。
 - (1) $F = \overline{AC + \overline{ABC} + \overline{BC} + \overline{ABC}}$
 - (2) $F = \overline{AB + \overline{AB} \cdot B}$
 - (3) $F = \overline{AB(A + BC)}$
 - (4) $F = \overline{AB + \overline{AC} + \overline{BC}}$
 - (5) $F = \overline{AB + \overline{AB} + \overline{AB} + \overline{AB}}$
 - (6) $F = \overline{AB + \overline{AC} + \overline{BC} + \overline{ABCD}}$
 - (7) $F = \overline{AB + \overline{AC} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{D}}$
 - (8) $F = \overline{\overline{AB} + AC + \overline{CD} + \overline{BCD} + \overline{BCE} + \overline{BCE} + \overline{BCDFG}}$

电子工业出版社版权所有
 盗版必究