



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

# 数字电子技术

SHUZI DIANZI JISHU

主 编 张凌辰

副主编 潘天放 范月圆

编 者 (以姓氏笔画为序)

王旭芬 李小慧 李 亮

杨 敏 张凌辰 范月圆

钱 静 曹晓杰 谢 颖

潘天放

## 编 委 会

顾 问：沈 健 陈海燕 杨湘宁 孙真福  
策 划：尹伟民 刘克勇 杨志霞 徐 宁 王巧林  
主 任：杨 新  
副主任：张荣胜 王国海 曹华祝 徐 忠 吴 魏  
委 员：王稼伟 谢心鹏 陈志平 孙伟宏 甘志雄  
许振华 张 波 张希成 马 松 吕成鹰  
周 俊 王志强 潘晓群 张兵营 杨晓华  
姜 峻 徐志方 黄学勇 王亮伟 杨建良  
金玉书 缪世春 黄少基 陈乃军 李太云  
邓立新 赵建康 芮新海 刘 波 秦榛蓁  
缪正宏 王生宁 巫伟钢 孙秀华 王巍平  
虞静东 季 军 黄 晨 葛伯炎 戴建坤  
金同实 王胜发 王 伟 张圣琪 臧其林  
庞志勤 刘 勇 黄熙宗 钱文玉 王慕启  
徐祥华 陈大斌 冷耀明

# 总序

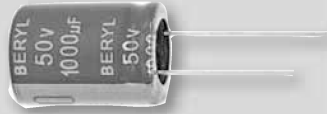
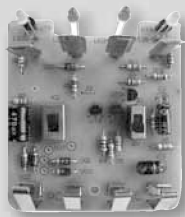
这套系列教材无论在体例设计与逻辑架构上,还是在内容构成与呈现形式上,皆是务实与创造并重、规范与创新兼备,显示着编写者宽阔的视野和开阔的思路,予人耳目一新之感。在共建共享的合作机制下,编写人员克服“繁、难、散、旧”等传统教材编写过程中容易出现的通病,着力于“实”,尝试于“新”,指向于“活”。内容选择紧扣产业发展与企业用工需求,内容呈现方式也更加灵活。不仅给教师使用时提供了发挥与创造的空间,也让这套教材更具柔性,为教学活动提供了更为广阔自由的空间。同时,该系列教材还体现了专业与专业之间的叠加整合,甚至是异构融合。在系列化的整体架构下,相关专业之间可以顾盼呼应、相互支撑,从而在各自独立成书的基础上形成系列化、集成化、规模化的总体效应。

教材的设计编写要为提高教育教学质量服务。我们基于工作过程开发的以典型工作任务或案例为主体的项目化教材充分体现了“专业与产业对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产对接”,教师要以开放的思维和姿态,充分利用教材中反映产业升级和技术进步的知识元素,调动学生内在的学习动力和发展潜力,引导学生在实践中学习,在学习中实践。此外,该系列教材中亦有许多与德育相关的教学资源。教师在教学中要引导学生树立正确的人生观、世界观、价值观,提高学生的道德水平和科学文化素养,让学校的课堂不仅是促进学生成才的平台,同样也是引领学生成人的园地。

我们相信,这套教材通过广大师生的创造性使用,一定会展现出自身的个性化魅力,有力促进示范校建设迈向更高的发展层次。同时,我们也真切地希望大家在使用中能及时反馈意见、提出建议,从而保证这套系列教材日臻完善。

编委会

# 前言



随着数字电子技术中大规模集成电路的应用,智能化技术的发展,也随着高职教育以培养高素质技能型人才为目标,编者通过对行业企业的调研、对电类专业职业岗位群工作任务和职业能力的分析,确定这套教材以任务为驱动,以项目课程为主体,依据理一实一体化的课堂教学模式、在整个教学过程中全面培养学生的专业能力、方法能力、学习能力、社会能力。项目是其载体,行动是其特点。为此,本书在编写时注意以下5点:

1. 在理念上教材应用现代职业教育的思想,打破原有学科体系的内容安排,用典型电路做载体,把知识和技能融合到学习项目中,让学生先典型后一般、先会做后理解。让学生在完成项目的过程中,学习知识和技能,提高自身的综合能力。

2. 在思路采用项目化编排教学内容,按照学生的认知规律,由简单到复杂、由单项到综合地安排了5个教学项目,把相关内容融入到这5个教学项目中。有意识地确定各种能力的标准,在项目设计中主要注重专业能力的培养。

3. 在内容上兼顾知识的系统性,在每个教学项目实施完成后,增加知识拓展和能力拓展教学环节,以弥补项目教学知识的系统性不强的缺陷。习题有针对性,每个任务均有目标测试,题型多样、灵活。

4. 课程设置和教材安排上,以就业为导向,着眼于学生专业基础知识的掌握,着眼于学生岗位能力的养成,学科内容有机整合和重新组合,形成若干个相对独立、操作性强、带有明确任务的活模块,逐步形成有利于发展学生个性和能力养成的活动性课程体系。摒弃了片面追求学科知识系统性、淡化操作的教学模式,但在知识准备和知识拓展环节又不失理论的系统性和逻辑性。内容可根据教学需要选取。

5. 在教材特色上,在让学生理解基本原理的基础上,侧重结论的应用;侧重电路的外部特性分析,内部的具体电路结构可弱化;侧重具体数字电路芯片的应用,重点放在应用上。电路的设计或制作将理论和技能有机结合,突出了典型电路的分析和应用。内容有易有难,内容有简单有复杂,供老师和学生选用。

本书由张凌辰副教授任主编,潘天放老师编写了项目一;王旭芬编写了项目三中的任务一、二,李亮老师编写了项目三中的任务三;谢颖老师编写了项目二中的任务一、三,李小慧老师编写了项目二中的任务二、四;钱静老师编写了项目四中的任务一,杨敏老师编写了项目四中的任务二、三;曹晓杰编写了项目五中的任务一,范月圆老师编写了项目五中的任务二。

在本书的编写过程中,我们查阅和参考了其他一些资料和文献,从中得到了很多帮助和启示,书中每个项目中部分电路均为一线教师开发、设计和制作的成熟电路,在此表示衷心感谢。

由于编者的理论水平和实践经验有限,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。编者 E-mail: zlcnj@126.com。

编者

# 目 录

## Contents

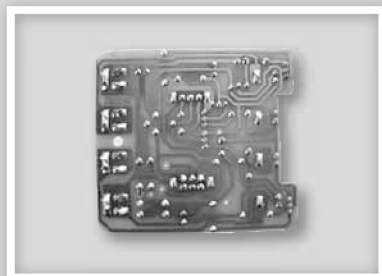
- 项目一 设计制作裁判器电路 / 001
  - 任务一 测试集成基本逻辑门电路 / 002
  - 任务二 测试集成复合逻辑门电路 / 012
  - 任务三 分析组合逻辑电路 / 020
  - 任务四 设计制作裁判器电路/033
  
- 项目二 设计制作抢答器电路 / 049
  - 任务一 制作两人抢答器电路 / 050
  - 任务二 制作瓶花装饰闪烁灯电路 / 068
  - 任务三 制作触摸开关电路 / 081
  - 任务四 设计制作基于集成触发器的抢答器电路/ 090
  
- 项目三 设计制作双音门铃电路 / 105
  - 任务一 设计制作延时灯电路 / 106
  - 任务二 设计制作猫眼闪烁电路 / 116
  - 任务三 设计制作双音门铃电路 / 124
  
- 项目四 设计制作数码显示定时器 / 147
  - 任务一 设计制作秒发生器电路 / 148
  - 任务二 制作计数译码显示电路 / 166
  - 任务三 设计制作数码显示定时器/189

- 项目五 设计制作流水灯电路 / 198
  - 任务一 设计制作四路切换开关电路 / 199
  - 任务二 设计制作基于移位寄存器流水灯电路 / 212
  
- 附录 1 任务评价表 / 227
  
- 附录 2 数字电路器件型号命名方法 / 229
  
- 参考文献 / 232



# 项目一

## 设计制作裁判器电路



### 项目介绍

在日常生活中,我们常常会看到仓库的门上有两把锁,教室的门上是一把锁,那么我们是否知道仓库的门锁和教室的门锁在打开时与保管人员手中的钥匙之间有什么关系?再如,在奥运会的赛场上,举重裁判是如何判别运动员的举重成绩是否有效?通常我们会设计一些电路来解决这类问题。

本项目主要学习数字电路中的基本门电路知识,通过集成逻辑门电路来设计制作裁判器电路的方法和步骤。

### 学习目标

- 理解数字信号、模拟信号、数字电路、模拟电路的基本概念。
- 能识别常见数字集成电路的类型。
- 掌握与门、或门、非门等基本门电路以及与非、或非、异或等组合门电路的逻辑符号、逻辑功能及应用。

- 能测试常见 TTL 和 CMOS 集成电路。
- 会利用公式法和卡诺图法化简逻辑函数。
- 能制作与调试裁判器电路。

## 任务一

## 测试集成基本逻辑门电路

本任务主要学习数字电路的基本概念,通过对集成基本门电路芯片的认识,来掌握基本门电路的逻辑符号和逻辑功能等。



### 知识准备

#### 一、数字信号与数字电路

##### 1. 数字信号和模拟信号

观察图 1-1 所示的简单照明电路,在打开和合上开关 S 两种情况下灯 L 的状态:可以看到开关 S 合上,灯 L 亮;开关 S 断开,灯 L 熄灭。

开关 S 有两种状态,即合上与断开;灯 L 也有两种状态,即亮与不亮。

- (1) 数字信号 在数值上和时间上不连续变化(离散)的信号,如图 1-2 所示。
- (2) 模拟信号 在数值上和时间上连续变化的信号,如图 1-3 所示。

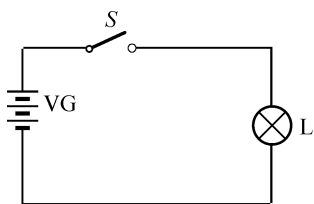


图 1-1 照明电路

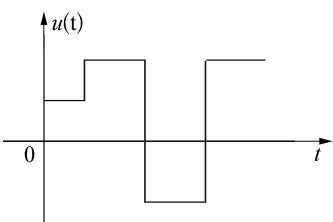


图 1-2 数字信号

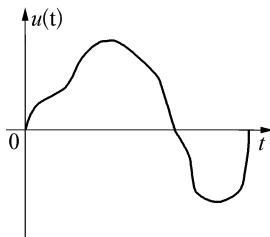


图 1-3 模拟信号

##### 2. 数字电路与模拟电路

(1) 数字电路 处理数字信号的电路即为数字电路。数字电路是解决输入信号与输出信号之间的数字量实现一定的逻辑关系。

(2) 模拟电路 处理模拟信号的电路即为模拟电路。模拟电路是要求电路实现模拟信号的放大、转换及其产生。

### 3. 数字电路的特点

数字电路主要研究的是信号的状态,如灯的亮与不亮、开关的开与关、信号的有与无等,而不研究具体的信号大小。数字信号基本上只有两个状态,所以常用二进制数的 0 和 1 来表示,相应的电信号用低电平和高电平表示,如:

灯不亮——“0”——低电平;灯亮——“1”——高电平。

开关断开——“0”——低电平;开关闭合——“1”——高电平。

注意:高电平、低电平都是指一个电压范围而不是某个具体的电压数值,高电平通常为 3~5 V,低电平通常为 0~0.4 V。

(1) 电路中工作的半导体器件主要工作在开/关状态,即“开”或“关”的状态,不存在中间状态,所以数字电路的基本元件又称为开关元件,数字电路又称为开关电路。

(2) 数字电路中的数字运算普遍采用的是二进制。

### 4. 数字电路中逻辑体制分类

(1) 正逻辑 “1”——代表高电平,“0”——代表低电平;

(2) 负逻辑 “1”——代表低电平,“0”——代表高电平。

一般情况下,没有特殊说明,均指正逻辑体制。

## 二、基本逻辑门电路

数字电路中的基本组成元件是二极管、三极管、场效应管等开关元件。这些元件连同其他元件组成一个个单元电路。依据一定的条件或开或关,就像门一样控制着输出信号的状态。所以这些单元电路又称门电路。

### 1. 认识电路芯片

数字电路最基本的逻辑运算是逻辑与、逻辑或、逻辑非,实现这三种控制的单元电路分别称为与门电路、或门电路和非门电路。

(1) 双列直插式 TTL 集成门电路 其外形示例如图 1-4 所示。

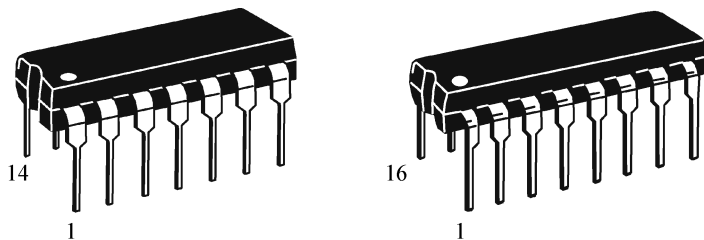


图 1-4 TTL 集成门电路的外形示例

(2) 基本门电路芯片 图 1-5 为与门集成电路芯片(74LS08 或 CC4081),图 1-6 为或门集成电路芯片(74LS32 或 CC4071),图 1-7 为非门集成电路芯片(74LS04 或

CC4069),注意观察芯片管脚的排列情况。

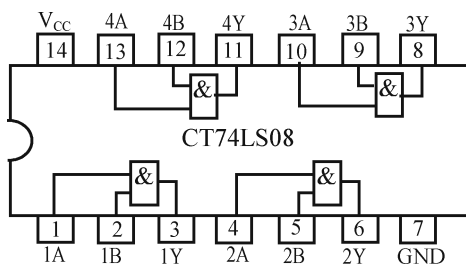


图 1-5 74LS08 外引线排列图

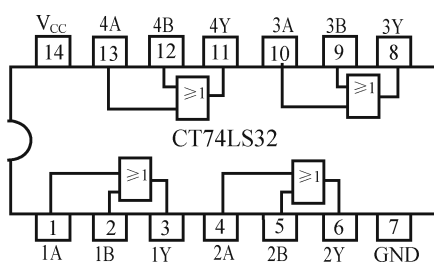


图 1-6 74LS32 外引线排列图

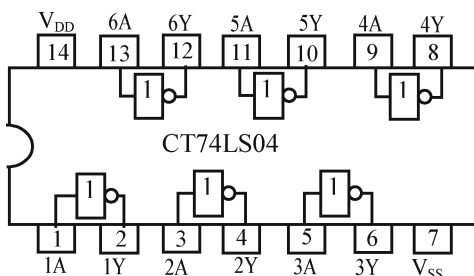


图 1-7 74LS04 外引线排列图

## 2. 与门电路和与逻辑

与门电路的符号如图 1-8(a)所示,其输入端有 2 个或 2 个以上,输出端有且只有 1 个,“&.”代表与逻辑关系。

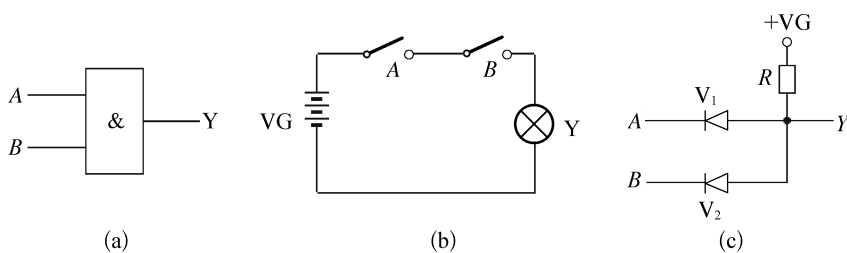


图 1-8 与门符号与与门电路

当决定一件事情的几个条件全部具备后,这件事情才能发生,否则不发生,这种因果关系称之为与逻辑关系,如图 1-8(b)中开关 A、B 都闭合时,灯才会亮。对灯亮(果)而言,开关 A、B 闭合(因)是与逻辑关系。图 1-8(c)为与门电路。

与逻辑关系的表示:

(1) 逻辑表达式  $Y=AB$ ,读作 Y 等于 A 与 B。

(2) 真值表 将所有可能的输入、输出值对应关系列成一张表,如表 1-1 所示。

表 1-1 与门真值表

输 入		输 出
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

与逻辑功能可总结为“有 0 出 0, 全 1 出 1”。

(3) 波形图 如图 1-9 所示。

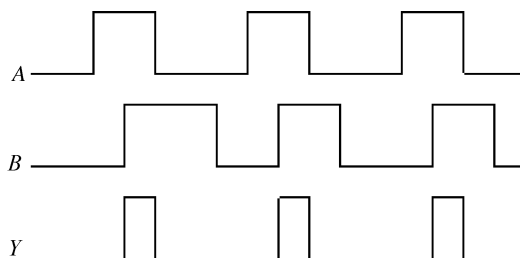


图 1-9 与门输入输出波形图

### 3. 或门电路和或逻辑

或门电路的符号如图 1-10(a)所示,其输入端有 2 个或 2 个以上,输出端有且只有 1 个,“ $\geq 1$ ”代表或逻辑关系。

或逻辑关系:当决定一件事情的几个条件中只要有一个条件得到满足,这件事情就会发生。这种因果关系称之为或逻辑关系。如图 1-10(b)中的开关 A、B,只要其中任意一个闭合,灯 Y 就会亮。对于灯亮(果)而言,开关 A、B 闭合(因)是或逻辑关系。图 1-10(c)为或门电路。

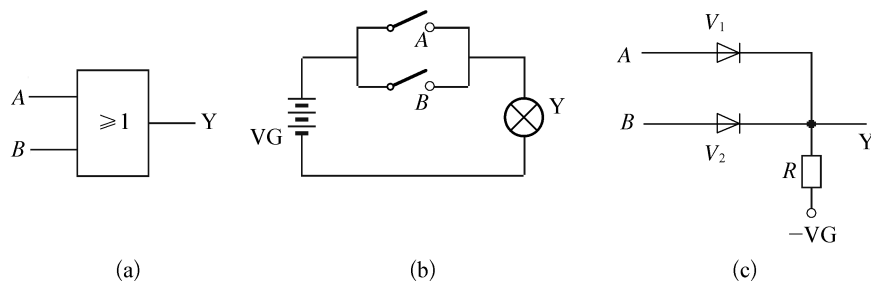


图 1-10 或门符号和或门电路

或逻辑关系的表示如下:

(1) 逻辑表达式  $Y=A+B$ , 读作  $Y$  等于  $A$  或  $B$ 。

(2) 真值表 如表 1-2 所示。

表 1-2 或门真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

或逻辑功能可总结为“全 0 出 0, 有 1 出 1”。

(3) 波形图 如图 1-11 所示。

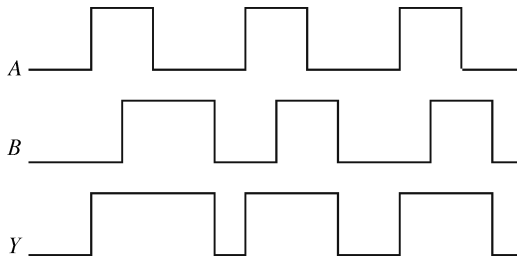


图 1-11 或门波形图

#### 4. 非门电路和非逻辑

非门电路的符号如图 1-12(a)所示,其输入端只有 1 个,输出端也只有 1 个,“ $\neg$ ”代表非逻辑关系。

事情和条件总是呈相反的状态,这种因果关系称之为非逻辑关系。如图 1-12(b)中的开关  $A$  闭合,灯  $Y$  就灭,而开关  $A$  断开,灯亮。对于灯亮(果)而言,开关  $A$  闭合(因)是非逻辑关系。图 1-11(c)为非门电路。

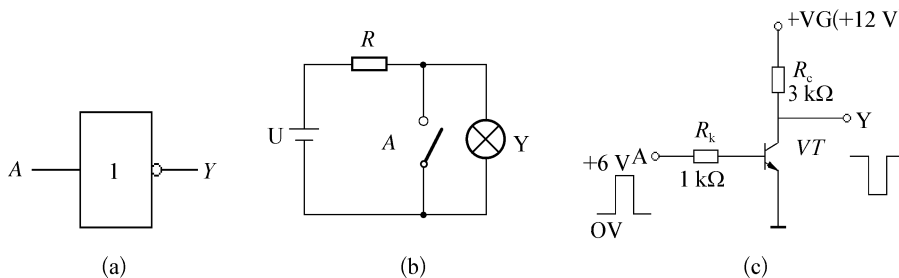


图 1-12 非门符号和非门电路

非逻辑关系的表示如下:

(1) 逻辑函数式  $Y = \bar{A}$ , 读作  $Y$  等于  $A$  非。

(2) 真值表 如表 1-3 所示。

非逻辑功能可总结为“有 0 出 1, 有 1 出 0”。

(3) 波形图 如图 1-13 所示。

表 1-3 非门真值表

输入	输出
A	Y
0	1
1	0

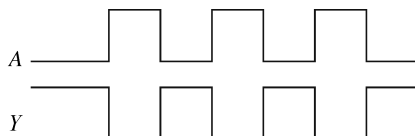


图 1-13 非门输入输出波形图

**【例 1-1】** 已知逻辑函数表达式  $F = A + B + C$ , 试列出该逻辑函数的真值表, 所给输入信号  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的波形如图 1-14(a)、(b)、(c) 所示, 画出输出信号  $F$  的波形。

解: (1) 函数  $F = A + B + C$  的真值表如表 1-4 所示。

表 1-4 例 1-1 真值表

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

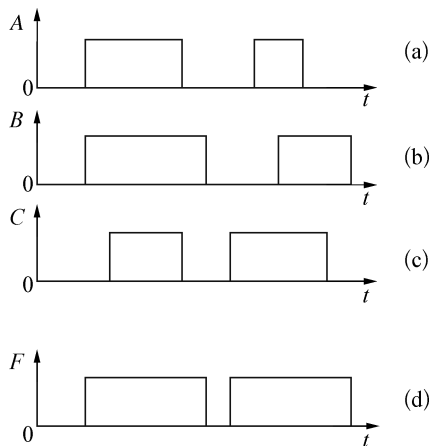


图 1-14 例 1-1 题图

(2) 输出信号的波形如图 1-14(d) 所示。

**【例 1-2】** 已知逻辑函数的波形图如图 1-15 所示, 其中  $A$ 、 $B$  为输入信号的波形,  $F_1$ 、 $F_2$  为输出波形, 试根据波形图:

- (1) 列出函数的真值表;
- (2) 写出函数的表达式;
- (3) 画出逻辑电路图。

解: (1) 根据波形图可列真值表如表 1-5 所示。

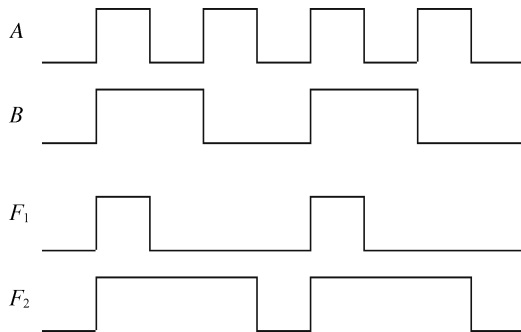


图 1-15 例 1-2 题图

表 1-5 例 1-2 真值表

A	B	$F_1$	$F_2$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

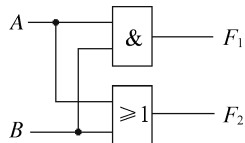


图 1-16 例 1-2 题图

(2) 由真值表可列出逻辑函数的表达式为:

$$F_1 = AB \quad F_2 = A + B$$

(3) 逻辑电路图如图 1-16 所示。



## 任务实施

### 一、认识芯片

认识和熟悉 74LS08、74LS32、74LS04 等集成逻辑门电路的逻辑功能,如图 1-5、1-6、1-7 所示。

### 二、分析芯片功能

通过实验,对 74LS08、74LS32、74LS04 等集成逻辑门电路的逻辑功能进行分析。

#### 1. 实验器材

直流稳压电源;万用表;74LS08、74LS32、74LS04 芯片各一块;连接导线数根;面包板 (SYB-130 型)一块;集成电路起拔器一只。

#### 2. 实验电路

如图 1-17 所示。

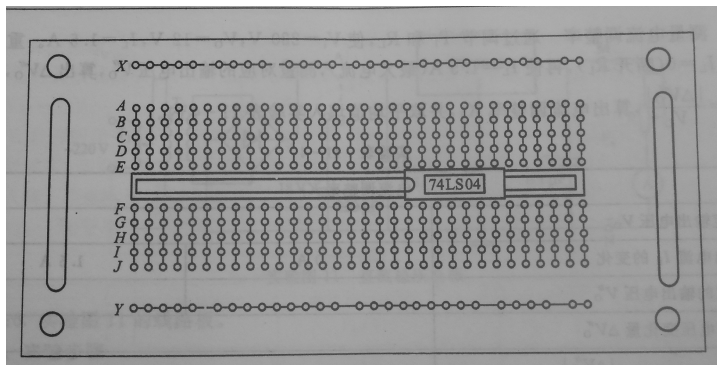


图 1-17 集成块插入面包板位置图



### 三、测试芯片

(1) 依次将芯片 74LS08、74LS32、74LS04 正确地插入面包板,将 14 管脚接直流电源的正极,7 管脚接直流电源的负极,如图 1-18、1-19、1-20 所示。

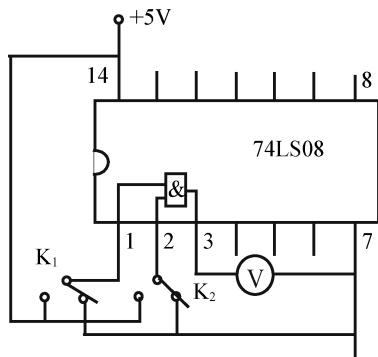


图 1-18 与门逻辑功能测试接线图

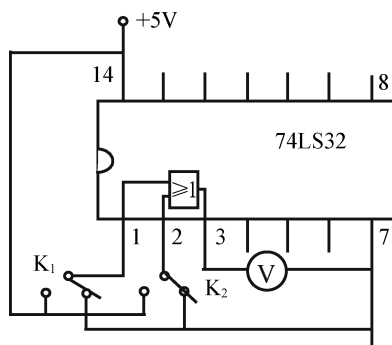


图 1-19 或门逻辑功能测试接线图

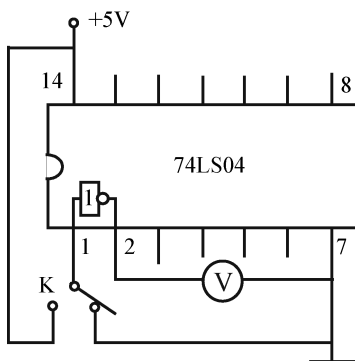


图 1-20 非门逻辑功能测试接线图

(2) 调节直流稳压电源,使其输出一个 3.6 V 左右的电压作为高电平输入信号,另外从芯片接地端(GND)引出一根线作为低电平输入信号。

(3) 按表 1-6、1-7、1-8 的要求依次在各芯片输入端输入信号,用万用表测出相应的输出电压(输出电压在 3~5 V,记为高电平 1;反之输出电压在 0.2 V 左右,记为低电平 0)。

(4) 实验完毕,用起拔器拔出集成块。

### 四、分析芯片功能

根据测量结果,写出各芯片的逻辑表达式并分析其逻辑功能。

表 1-6 74LS08 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_

表 1-7 74LS32 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_

表 1-8 74LS04 真值表

A(输入)		Y(输出)	
1(1A)	0	2(1Y)	
	1		
3(2A)	0	4(2Y)	
	1		
5(3A)	0	6(3Y)	
	1		
8(4A)	0	9(4Y)	
	1		
10(5A)	0	11(5Y)	
	1		
12(6A)	0	13(6Y)	
	1		

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_



## 知识拓展

### 集成 TTL 电路和 CMOS 电路的比较

TTL 和 CMOS 与非门在使用时有很多不同之处,必须严格遵守。

(1) TTL 与非门对电源电压的稳定性要求较严,只允许在 5 V 上有  $\pm 10\%$  的波动。电源电压超过 5.5 V 易使器件损坏;低于 4.5 V 又易导致器件的逻辑功能不正常。

(2) TTL 与非门不用的输入端允许直接悬空(但最好接高电平),不能接低电平。

(3) TTL 与非门的输出端不允许直接接电源电压或接地,也不能并联使用。

(4) CMOS 与非门的电源电压允许在较大范围内变化,例如 3~18 V 电压均可,一般取中间值为宜。

(5) CMOS 与非门不用的输入端不能悬空,应按逻辑功能的要求接  $V_{DD}$  或  $V_{SS}$ 。

(6) 组装、调试 CMOS 电路时,电烙铁、仪表、工作台均应良好接地,同时要防止操作人员的静电干扰损坏。

(7) CMOS 电路的输入端都设有二极管保护电路,导电时其电流容限一般为 1 mA,在可能出现较大的瞬态输入电流时,应串接限流电阻。若电源电压为 10 V,则限流电阻取 10 k $\Omega$  即可。电源电压切记不能把极性接反,否则保护二极管很快就会因过流而损坏。

(8) CMOS 电路的输出端既不能直接与电源  $V_{DD}$  相接,也不能直接与接地点  $V_{SS}$  相接,否则输出极的 MOS 管会因过流而损坏。



## 目标检测

### 一、填空题

1. 数字电路研究的重点是电路输入与输出之间的 \_\_\_\_\_ 关系,其工作状态用 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 表示,我们主要利用 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 来表示电路的功能。

2. 与门的逻辑函数表达式为 \_\_\_\_\_,逻辑功能为 \_\_\_\_\_;或门的逻辑函数表达式为 \_\_\_\_\_,逻辑功能为 \_\_\_\_\_;非门的逻辑函数表达式为 \_\_\_\_\_,逻辑功能为 \_\_\_\_\_。

3. 逻辑是指事物的 \_\_\_\_\_ 规律,基本逻辑关系有 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 三种。

4. 数字集成电路按组成器件的种类可分为 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。单极型数字集成电路按组成元件不同可分为 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和互补型的 \_\_\_\_\_ 三种类型。

二、判断题

1. 数字电路中的高、低电平指的是一定的电压范围,而并非某一个固定值。 ( )

三、选择题

1. “两把钥匙同时能开一把锁”的逻辑关系满足 ( )

- A. 与                      B. 或                      C. 非                      D. 不能确定

2. 能实现功能为有 0 出 0,全 1 出 1 的逻辑电路是 ( )

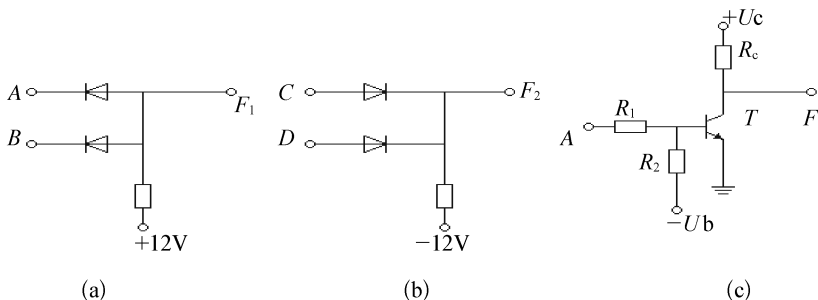
- A. 与门                      B. 或门                      C. 非门                      D. 都不是

3. 下列表达式中,能反映或逻辑关系的是 ( )

- A.  $1+1=10$               B.  $1+1=2$               C.  $1+1=1$               D.  $1+1=0$

四、简答题

1. 分析题图 1(a)、(b)、(c)所示的由分立元件构成的数字电路。分别写出  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F$  与输入之间的逻辑表达式。



题图 1

2. 有两只灯泡 A 和 B 并联在 220 V 的交流电路中,A 的额定参数为 45 W、220 V,B 的额定参数为 60 W、220 V,当电路总功率超出 100 W 时电路报警指示灯亮。列出电路报警的真值表,并说明其符合哪种逻辑关系。

任务二

测试集成复合逻辑门电路

基本门电路的逻辑功能比较简单,但在日常生活中常常遇到逻辑功能较复杂的电路,且事实上我们总是希望用较少的器件来实现较多的逻辑功能,这时我们就必须用到复合逻辑。

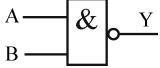
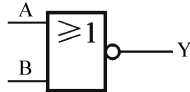
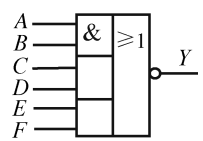


知识准备

经常用到的复合逻辑有三种:它们是“与非”“或非”“与或非”。

表 1-9 列出了它们的逻辑表达式、逻辑符号和逻辑功能。

表 1-9 与非、或非、与或非三种复合逻辑

逻辑名称	逻辑表达式	逻辑符号	逻辑功能
“与非”逻辑	$Y = \overline{AB}$		“有 0 出 1, 全 1 出 0”
“或非”逻辑	$Y = \overline{A+B}$		“有 1 出 0, 全 0 出 1”
“与或非”逻辑	$Y = \overline{AB+CD+EF}$		任一组输入全为 1 时输出为 0, 每一组输入至少有一个为 0 时输出为 1。

有时我们还会用到“异或”逻辑和“同或”逻辑,它们都是两变量的逻辑函数。

① “异或”逻辑:指输入二变量相异时输出为“1”,相同时输出为“0”。“异或”的逻辑表达式为: $Y = A\overline{B} + \overline{A}B = A \oplus B$ ,异或门的逻辑符号如图 1-21 所示。

② “同或”逻辑:指输入二变量相同时输出为“1”,相异时输出为“0”。“同或”的逻辑表达式为: $Y = AB + \overline{A}\overline{B} = A \odot B$ ,同或门的逻辑符号如图 1-22 所示。

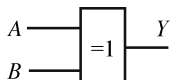


图 1-21 异或门的逻辑符号

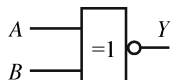


图 1-22 同或门的逻辑符号

【例 1-3】根据图 1-23 所示输入、输出信号的波形图,试列出真值表,写出逻辑函数表达式,并画出逻辑电路图。

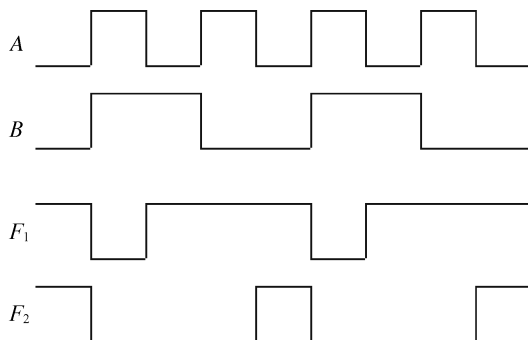


图 1-23 例 1-3 波形图

解：(1) 根据波形图可列真值表如表 1-10 所示。

表 1-10 例 1-3 真值表

A	B	$F_1$	$F_2$
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0

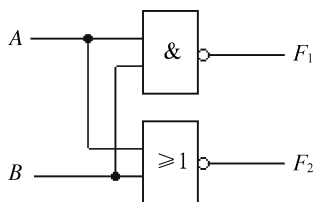


图 1-24 例 1-3 逻辑图

(2) 根据真值表写出逻辑函数表达式为：

$$F_1 = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B + A\bar{B} = \bar{A} + \bar{B} = \overline{AB}$$

$$F_2 = \overline{AB} = A + B$$

(3) 逻辑电路图如图 1-24 所示。

**【例 1-4】**已知逻辑函数表达式  $Y = AB + BC + AC$ ，试用与非门画出该函数的逻辑电路图。

解：(1) 化简变换逻辑函数

$$\begin{aligned} Y &= AB + BC + CA \\ &= \overline{\overline{AB + BC + CA}} \\ &= \overline{\overline{AB} \overline{BC} \overline{AC}} \end{aligned}$$

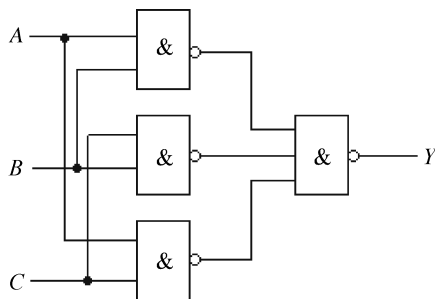


图 1-25 例 1-4 图

(2) 画逻辑电路图如图 1-25 所示。



## 任务实施

### 一、认识芯片

认识和熟悉 74LS00(四 2 输入与非门)、74LS02(四 2 输入或非门)、74LS86(四 2 输入异或门)、74LS266(四 2 输入异或非门,即同或门)等集成 TTL 门电路的主要参数和逻辑功能。

(1) 常用的集成与非门有: 74LS00、CC4011 等。74LS00 芯片内部包含 4 个与非门, 每个与非门均含 2 个输入端, 故称四 2 输入与非门, 如图 1-26 所示。

(2) 常用的集成或非门有: 74LS02 等。74LS02 芯片内部包含 4 个或非门, 每个或非门均含 2 个输入端, 故称四 2 输入或非门, 如图 1-27 所示。

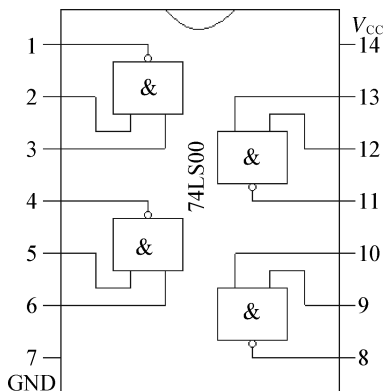


图 1-26 集成 TTL 与非门 74LS00

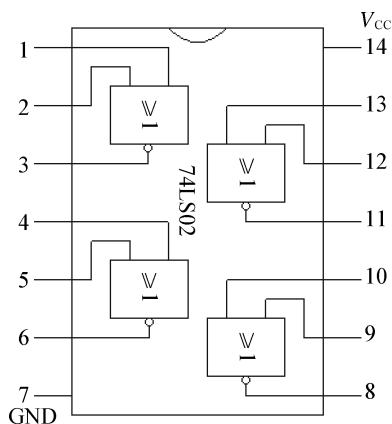


图 1-27 集成 TTL 或非门 74LS02

(3) 常用的集成异或门有：74LS86、CC4070 等。74LS86 芯片内部包含 4 个异或门，每个异或门均含 2 个输入端，故称四 2 输入异或门，如图 1-28 所示。

(4) 常用的集成同或门有 74LS266 等。74LS266 芯片内部包含 4 个异或非门，每个异或非门均含 2 个输入端，故称四 2 输入异或非门。如图 1-29 所示。

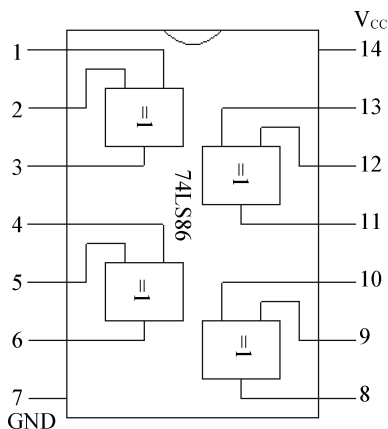


图 1-28 集成 TTL 异或门 74LS86

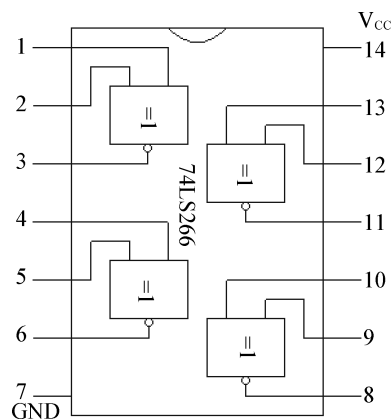


图 1-29 集成 TTL 同或门 74LS266

## 二、分析芯片

通过实验，对 74LS00、74LS02、74LS86、74LS266 等集成逻辑门电路的逻辑功能进行分析。

(1) 实验器材 直流稳压电源；万用表；74LS00、74LS02、74LS86、74LS266 芯片各一块；连接导线数根；面包板(SYB-130 型)一块；集成电路起拔器一只。

(2) 实验电路 如图 1-17 所示。将图中的芯片 74LS04 换成 74LS00 等芯片即可。

## 三、电路测试

(1) 将 74LS00 等芯片依次正确地插入面包板，将 14 号管脚接 +3.6 V 直流电源正

极,7#管脚接直流电源负极。

(2) 调节直流稳压电源,使其输出一个 3.6 V 左右的电压作为高电平输入信号,另外从芯片接地端(GND)引出一根线作为低电平输入信号。

(3) 按表 1-11、1-12、1-13、1-14 要求一次在各芯片输入端输入信号,用万用表测出相应的输出电压,并依次填入表中。

(4) 实验完毕,用起拔器拔出集成块。

#### 四、电路功能

表 1-11 74LS00 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_

表 1-12 74LS02 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_

表 1-13 74LS86 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	



逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_

表 1-14 74LS266 真值表

1(1A)	2(1B)	3(1Y)	4(2A)	5(2B)	6(2Y)	8(3A)	9(3B)	10(3Y)	11(4A)	12(4B)	13(4Y)
0	0		0	0		0	0		0	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	0		1	0		1	0		1	0	
1	1		1	1		1	1		1	1	

逻辑表达式  $Y =$  \_\_\_\_\_

逻辑功能: \_\_\_\_\_



## 知识拓展

### 逻辑代数的基本公式和运算

逻辑代数的基本定律又称基本公式。列出逻辑表达式等号两边逻辑运算的真值表,是验证或证明其正确性的一种方法:当它们结果相一致时,表明基本公式成立。

用真值表能证明或验证逻辑代数的定律和规则,其原因是:真值表用于表达逻辑函数,它列举了逻辑变量取值的各种可能组合;若在所有可能组合的情况下,逻辑表达式等号两边逻辑运算结果(函数值)都完全相同,则逻辑等式成立,即运算定律或公式成立。

#### 一、基本定律

- (1) 交换律  $A + B = B + A; AB = BA$ 。
  - (2) 结合律  $A + (B + C) = (A + B) + C; A(B \cdot C) = (A \cdot B)C$ 。
  - (3) 分配律  $A \cdot (B + C) = AB + AC; AB + C = (A + C)(B + C)$ 。
  - (4) 0-1律(变量与常量的运算关系)  $A + 1 = 1; A + 0 = A; A \cdot 0 = 0; A \cdot 1 = A$ 。
  - (5) 互补律  $A \cdot \bar{A} = 0; A + \bar{A} = 1$ 。
  - (6) 重叠律(等幂律)  $A + A = A; A \cdot A = A$ 。
  - (7) 还原律(双否律、对合律)  $\bar{\bar{A}} = A$ (对原变量取两次非运算,结果为原变量;即反变量的反变量仍为原变量)。
  - (8) 吸收律  $A + AB = A$ ( $AB$ 项被吸收了);  $A + \bar{A} \cdot B = A + B$ (变量 $\bar{A}$ 被吸收了)。
  - (9) 反演律(狄摩根定律)  $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}; \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$ 。
- 以上这些定律可以用真值表进行验证。

**【例 1-5】**化简逻辑函数  $F_1 = A\bar{B} + A\bar{B}C(D+E) + \overline{A\bar{B}}(D+E)$

$$\begin{aligned} \text{解: } F_1 &= A\bar{B} + A\bar{B}C(D+E) + \overline{A\bar{B}}(D+E) \\ &= A\bar{B}\{1+C(D+E)\} + \overline{A\bar{B}}(D+E) \\ &= (A\bar{B} + \overline{A\bar{B}})(A\bar{B} + D + E) \\ &= A\bar{B} + D + E \end{aligned}$$

**【例 1-6】**化简逻辑函数  $F_2 = \overline{\overline{AB + \overline{BC}} + (A+B)}$

$$\begin{aligned} \text{解: } F_2 &= \overline{\overline{AB + \overline{BC}} + (A+B)} \\ &= \overline{\overline{AB + \overline{B + C}} + (A+B)} \\ &= \overline{\overline{AB + \overline{B + C}} \cdot \overline{A+B}} \\ &= (AB + \overline{B + C})(\overline{A+B}) \\ &= \overline{A+B} + \overline{A}BC \\ &= \overline{A+B} \end{aligned}$$

## 二、基本规则

逻辑代数运算有三个重要的规则:

(1) 代入规则 在任何一个逻辑等式中,对等式两边的同一个逻辑变量,都用同一个逻辑函数代入(替代)该变量,则新的等式依然成立。

若  $A + \bar{A} \cdot B = A + B$ ,并以逻辑函数  $F = C \cdot D$  代入逻辑变量  $A$ ,则有:

$$C \cdot D + \overline{C \cdot D} \cdot B = C \cdot D + B$$

(2) 对偶规则 设  $F$  是一个逻辑函数, $F$  与其对偶函数  $F^*$  之间的关系是两种互换:与运算( $\cdot$ )和或运算( $+$ )互换、逻辑常量 1 与 0 互换。

若  $F = \bar{A} \cdot B + \bar{C} \cdot D + 0 \cdot E \cdot G$ ,则

$$F^* = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{C} + D) \cdot (1 + E + G) = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{C} + D)$$

(3) 反演规则 又称狄摩根定律,即反演律,在数字电路中是十分重要的。从“规则”的角度看,原函数与其反函数的关系为:与运算( $\cdot$ )和或运算( $+$ )互换、逻辑常量 1 与 0 互换、原变量与反变量互换。

若  $F = A \cdot \bar{B} + C \cdot \bar{D} + 1 \cdot \overline{E \cdot G}$ ,则  $\bar{F} = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{C} + D) \cdot (0 + \overline{\overline{E + G}}) = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{C} + D) \cdot (\overline{E + G})$ 。

注意:对偶规则和反演规则的区别是:对偶规则进行两种互换,不需要原、反变量互换。



## 目标检测

### 一、填空题

1. 组合逻辑门电路是\_\_\_\_\_门、\_\_\_\_\_门和\_\_\_\_\_门等几种门电路组合而成,它的输入直接由\_\_\_\_\_决定,与电路的\_\_\_\_\_无关,电路\_\_\_\_\_记忆功能,当输入信号消失,输出信号\_\_\_\_\_。
2. 异或门的逻辑功能可描述为\_\_\_\_\_,函数表达式为\_\_\_\_\_。
3. 将与非门的所有输入端并联在一起,可以实现\_\_\_\_\_功能,将或非门的所有输入端并联在一起,可以实现\_\_\_\_\_的功能。

### 二、判断题

1. 或非门多余的输入端可以接地或与有用的输入端连在一起。 ( )
2. 同或门当输入端不同时输出为1,输入相同时输出为0。 ( )

### 三、选择题

1. 缆车 A 和 B 同一时刻只能允许一上一下地行驶,设 A、B 为 1 表示缆车上行, F 为 1 表示允许行驶,则下列逻辑表达式能实现该功能的是 ( )

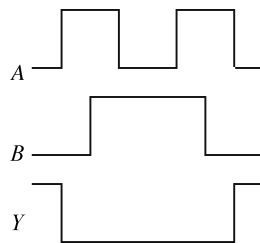
A.  $F=A+B$                       B.  $F=AB$                       C.  $F=A\oplus B$                       D.  $F=\overline{AB}$

2. 或非门的逻辑功能可描述为 ( )

A. 有 0 出 0,全 1 出 1                      B. 有 1 出 1,全 0 出 0  
C. 有 0 出 1,全 1 出 0                      D. 有 1 出 0,全 0 出 1

### 四、简答题

1. 如题图 1 所示波形, Y 与 A、B 的逻辑关系为 ( )  
A. 与逻辑                                      B. 或逻辑  
C. 与非逻辑                                      D. 或非逻辑
2. 请根据组合逻辑电路的真值表,写出逻辑函数表达式,并分析其逻辑功能。



题图 1

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

3. 已知逻辑函数表达式为  $F = AB + AC$ , 试对基本门电路和与非门分别画出对应的逻辑电路图。

## 内 容 提 要

本书通过设计制作裁判器电路、设计制作双音门铃电路、设计制作抢答器电路、设计制作数码显示定时器、设计制作流水灯电路五个项目的实施,循序渐进地在让学生理解数字电子电路基本原理的基础上,侧重典型电路的分析和应用。

本书可作为中、高等职业院校电子、电气类专业的教材,也可作为广大电子爱好者自学电子基础知识,训练基本技能的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术 / 张凌辰主编. —南京: 江苏教育出版社, 2013. 7(2022. 7 重印)

ISBN 978-7-5499-1983-3

I. ①数… II. ①张… III. ①数字电路—电子技术—中等专业学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 125393 号

“十二五”职业教育国家规划教材·电子技术应用专业  
书 名 数字电子技术

---

主 编 张凌辰  
责任编辑 杨小军  
特约编辑 周 纛  
出版发行 江苏教育出版社  
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009  
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司  
网 址 <http://www.fhmooc.com>  
印 刷 三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司  
厂 址 河北廊坊市三河市李旗庄崔家窑  
电 话 0316-3456566  
开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16  
印 张 15.25  
版次印次 2013 年 7 月第 1 版 2022 年 7 月第 11 次印刷  
标准书号 ISBN 978-7-5499-1983-3  
定 价 32.50 元  
批发电话 025-83658831  
盗版举报 025-83658873

---

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换  
提供盗版线索者给予重奖