

中等职业学校电子技术专业技能培养培训教材

数字电子技术基础

主编 蓝其高 蒋玲艳

轻松学

Digital electronic
technology fundamentals



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子技术专业技能培养培训教材

数字电子技术基础

丛书主编 黄兆牛

主 编 蓝其高 蒋玲艳

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是中等职业学校电子技术专业电子技术基础（数字部分）教材。全书共分为六章，主要内容包括：逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、数/模和模/数转换。每章开篇有内容提要、学习目标，章末附有小结、思考题与习题、基本实验和电子制作项目。

本书以简明的语言，丰富的图表，以及大量贴近生产、生活的实例，通俗地阐述数字电路最基本的概念、原理和应用。本书注重知识的实际应用，关注学生基本技能的培养，体现了面向学生、面向实用的理念。

本书作为中等职业学校电子技术专业教材，也可以作为从事电子技术工程人员的参考用书。

为了方便教师教学，本书配有电子参考资料包，详见前言。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术基础/蓝其高，蒋玲艳主编. —北京：电子工业出版社，2009.1
ISBN 978-7-121-07687-9

I. 数… II. ①蓝…②蒋… III. 数字电路—电子技术—专业学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 170977 号

策划编辑：蔡 葵

责任编辑：蔡 葵 特约编辑：张凯贤

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市桃园装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：11.75 字数：297.6 千字

印 次：2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：17.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言



数字电子技术基础是中等职业学校电子技术专业的一门专业技术基础课，是一门理论性与实践性都很强的课程。通过本课程的学习，要使学生熟练掌握数字电子技术的基本概念、基本原理，熟悉各种常用集成门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形产生与变换电路、D/A 与 A/D 转换电路的符号、逻辑功能及其使用方法，具有运用逻辑思维方法分析常用数字电路逻辑功能的能力，具有设计简单数字逻辑电路的能力，同时学会利用数字器件制作简单的应用电路，从中训练并提高电子仪器仪表的使用、元器件的识别与检测、电路的焊接与调试等技能。从而使具备相关职业对中等应用型人才所要求的知识与技能，不仅为后续课程的学习，而且为将来的就业和发展打下良好的基础。

基于以上目的要求，本书的编写有以下特点：

1. 充分考虑当前中职教育的特点，从学生学习的实际需要出发，介绍数字电路最基本的概念和原理，降低理论知识的深度，淡化对器件内部结构和电路工作原理的分析，而关注数字器件的外部特性与具体应用，尽可能多地介绍常用器件和最新器件及应用实例。

2. 贴近实际，强调应用，注重实践能力的培养，在理论与实践的结合上有所突破。教学内容精选不少典型的“应用举例”，每章后附有“基本实验”和“电子制作实训项目”。这既有助于学生加深对所学知识的理解和掌握，又有助于锻炼学生的操作技能，提高实践能力，培养学生独立分析问题、独立解决问题的思想和方法。同时，这种学以致用理念让学生所了解到的数字电子技术在生产、生活中的实用性，以及课程内容所提供的这种教学过程的实践性和趣味性，将极大地激发起学生的学习热情和积极性，使学生乐于学习。这一点在今天是很重要的。

3. 在内容编排上，打破常规，将逻辑运算关系的概念放到门电路模块中，逻辑代数基础放到组合逻辑电路分析与设计模块之前，数制与编码放到常用组合逻辑电路模块之前。这使得教学内容安排更加紧凑、更加合理，这样教与学起来将会更加得心应手。

4. 为便于教与学，每章开篇有内容提要、学习目标，章末有小结。为满足不同层次的需要，书中经常穿插一些“知识拓展”、“工程应用”、“想一想”等开拓视野的内容。

5. 全书图表丰富，通俗易懂，便于学习。

6. 每章后都附有数量充足、类型多样、难易适中的思考题与习题，以供教师教学和学生巩固所学知识之需。

本书参考教学时数为 72 节，带“*”号的内容可作为选学内容。

本书由蓝其高、蒋玲艳、王宇浩编写。其中，广西机电工程学校蓝其高编写第 1、第 2 章，广西柳州市第一职业技术学校蒋玲艳老师编写第 3、第 4 章，广西航运学校王宇浩老师编写第 5、第 6 章。由蓝其高、蒋玲艳担任主编。全书由蓝其高修订和统稿。

在本书编写过程中，得到了广西机电工程学校邓朝霞老师的帮助，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版）。请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail: hxedu@phei.com.cn）。

编 者

2008 年 10 月



目 录



绪论	1
0.1 数字信号与数字电路	1
0.2 数字电路的特点	2
第 1 章 逻辑门电路	3
1.1 基本逻辑门电路	3
1.1.1 与门	3
1.1.2 或门	5
1.1.3 非门	7
1.2 组合逻辑门电路	8
1.2.1 与非门	8
1.2.2 或非门	9
1.2.3 与或非门	10
1.2.4 异或门	11
1.2.5 同或门	11
1.3 集成逻辑门电路	12
1.3.1 TTL 逻辑门电路	12
1.3.2 CMOS 逻辑门电路	20
本章小结	23
思考题与习题	23
基本实验 TTL 集成逻辑门电路功能测试	27
电子制作实训项目 声光控延时开关电路	30
第 2 章 组合逻辑电路	34
2.1 逻辑代数的基本知识	34
2.1.1 基本逻辑运算	34
2.1.2 逻辑函数的表示方法	35
2.1.3 逻辑代数的基本定律	37
2.1.4 逻辑函数的代数化简法	39
2.2 组合逻辑电路的分析和设计方法	40
2.2.1 组合逻辑电路的特点	41
2.2.2 组合逻辑电路的分析方法	41
2.2.3 组合逻辑电路的设计方法	41
2.3 编码器	42
2.3.1 数制与编码	42
2.3.2 编码器	47
2.4 译码器	52
2.5 数据选择器与数据分配器	58
2.5.1 数据选择器	58

2.5.2 数据分配器	62
本章小结	64
思考题与习题	65
基本实验 编码器与译码器逻辑功能测试	69
电子制作实训项目 三人表决器逻辑电路	72
第3章 集成触发器	75
3.1 基本RS触发器	76
3.2 同步触发器	79
3.2.1 同步RS触发器	79
3.2.2 同步D触发器	81
3.2.3 同步JK触发器	82
3.2.4 同步触发器的空翻问题	83
3.3 主从触发器	84
3.3.1 主从RS触发器	84
3.3.2 主从JK触发器	85
3.4 边沿触发器	87
3.4.1 维持阻塞D触发器	87
3.4.2 边沿JK触发器	90
3.5 触发器功能转换	93
本章小结	94
思考题与习题	94
基本实验 集成触发器功能测试	97
电子制作实训项目 迎宾自动门铃	100
第4章 时序逻辑电路	103
4.1 概述	103
4.2 寄存器	104
4.2.1 数码寄存器	104
4.2.2 移位寄存器	105
4.3 计数器	110
4.3.1 计数器的功能和分类	110
4.3.2 二进制计数器	110
4.3.3 十进制计数器	114
4.3.4 计数器集成芯片及其应用	115
*4.4 时序逻辑电路的分析	122
本章小结	124
思考题与习题	124
基本实验 寄存器、计数器功能测试	127
电子制作实训项目 交通红绿灯(变速循环彩灯)	130
第5章 脉冲波形的产生与变换	133
5.1 脉冲信号与脉冲电路	133
5.2 555定时器的结构和功能	135
5.3 单稳态触发器	138
5.3.1 单稳态触发器的功能和特点	138
5.3.2 用门电路组成的单稳态触发器	138
5.3.3 集成单稳态触发器	140

5.3.4	用 555 定时器构成的单稳态触发器	141
5.3.5	单稳态触发器的应用	142
5.4	多谐振荡器	144
5.4.1	门电路组成的多谐振荡器	144
5.4.2	石英晶体多谐振荡器	146
5.4.3	用 555 定时器构成的多谐振荡器	148
5.5	施密特触发器	149
	本章小结	152
	思考题与习题	152
	电子制作实训项目 555 警笛报警电路	154
第 6 章	数/模和模/数转换	157
6.1	D/A 转换器	158
6.1.1	D/A 转换的基本原理	158
6.1.2	R-2R 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	159
6.1.3	D/A 转换器主要技术参数	161
6.1.4	集成 D/A 转换器及其应用	162
6.2	A/D 转换器	164
6.2.1	A/D 转换的基本原理	164
6.2.2	并行比较型 A/D 转换器	167
6.2.3	逐次逼近型 A/D 转换器	168
6.2.4	A/D 转换器主要技术参数	171
	本章小结	171
	思考题与习题	172
	基本实验 D/A 转换电路及其测试	174
参考文献	176

结 论



数字技术和数字电路的发展,不断地改变着人们的生产、生活方式。数字技术、数字器件在现代通信、自动控制、电子测量、电子计算机等领域得到了广泛的应用。数字移动电话、数字音响、数字电视、数字照相机、自动取款机、网上学习和娱乐等,在我们的生活中无处不在。数字电路应用的广度和深度标志着现代电子技术发展的水平。本书介绍数字电路最基本的原理与应用。

0.1 数字信号与数字电路

电子电路中的信号可分为模拟信号和数字信号两类。模拟信号是指在时间上和数值上都是连续变化的电信号。如图 0.1 所示。例如,模拟声音、温度、压力等物理量变化的电信号就是模拟信号。模拟信号在一定范围内具有无穷多个数值。处理模拟信号的电路称为模拟电路。

数字信号是指其变化在时间上和数值上都是离散的电信号。也就是说,它们的变化总是发生在一系列离散的瞬间;同时,它们的数值大小和每次的增减变化都是某一个最小数量单位的整数倍,而小于这个最小数量单位的数值没有任何物理意义。例如,记录自动生产线上输出零件数目的信号、灯光闪烁的信号等都是数字信号。数字信号最典型的是矩形脉冲序列信号,如图 0.2 所示,它只有两种取值——高电平和低电平,通常用二值数字逻辑表示,即用逻辑 1 和逻辑 0 来表示信号的高、低电平两种对立的逻辑状态。处理数字信号的电路称为数字电路。

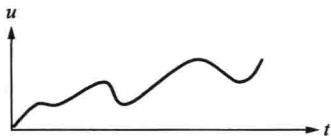


图 0.1 模拟信号

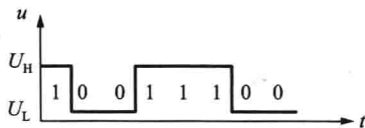


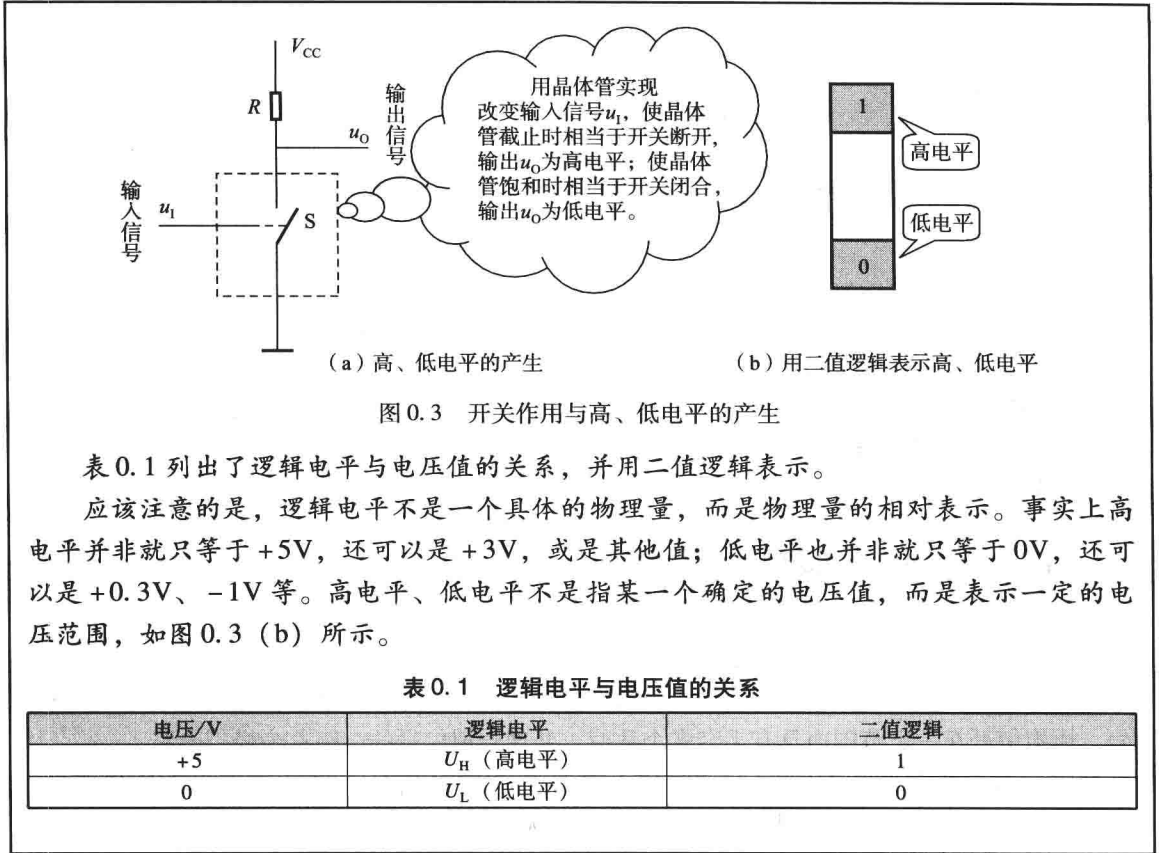
图 0.2 矩形脉冲



知识拓展

◇ 二值数字逻辑和逻辑电平

二值数字逻辑即逻辑 0 和逻辑 1 的产生,是基于客观世界的许多事物可以用彼此相关又互相对立的两种状态来描述,如开与关、有与无、高与低等。而且在电路,可以用电子器件的开关特性来实现,由此形成离散信号电压或称数字电压(其原理可用图 0.3 (a) 来说明)。这些数字电压通常用逻辑电平来表示,即数字电路中的高、低电压常用高、低电平来描述,并规定用逻辑 1 和逻辑 0 分别表示高电平和低电平(也可以反之),如图 0.3 (b) 所示。



0.2 数字电路的特点

- (1) 数字电路的工作信号是不连续变化的数字信号。
- (2) 数字电路中，半导体器件工作在开关状态，即晶体管工作在截止与饱和两种状态。
- (3) 数字电路研究的主要问题是输出信号的状态（高电平或低电平，即 1 或 0）与输入信号的状态（高电平或低电平，即 1 或 0）之间的逻辑关系，以反映电路的逻辑功能。数字电路又叫逻辑电路。
- (4) 数字电路的主要分析工具是逻辑代数，表达电路功能主要用真值表、逻辑表达式及波形图等。

第1章 逻辑门电路



逻辑门电路是用来实现逻辑运算关系的电子电路，是组成数字电路的最基本逻辑单元。本章首先介绍基本逻辑运算关系及其分立元件门电路，接着讨论由基本逻辑运算构成组合逻辑运算的逻辑关系、由基本逻辑门构成组合逻辑门的连接关系，最后重点讨论集成 TTL 门电路和 CMOS 门电路的基本结构、逻辑功能以及典型应用。



知识目标

- ▶ 掌握与、或、非、与非、或非、与或非、异或、同或等逻辑关系及相应门电路的逻辑功能，熟悉其逻辑符号和表达式。
- ▶ 了解 TTL 与非门电路的结构，掌握其逻辑符号、逻辑功能；掌握集电极开路门与三态门的逻辑符号、逻辑功能及典型应用。
- ▶ 了解 CMOS 反相器的结构和工作原理；理解 CMOS 电路的主要特点。
- ▶ 熟悉常用 TTL 和 CMOS 集成门电路芯片的引脚功能。



技能目标

- ▶ 掌握 TTL 和 CMOS 集成门电路引脚识读方法，掌握其使用注意事项。
- ▶ 掌握集成门电路的逻辑功能测试方法，学会使用集成逻辑门。
- ▶ 用集成逻辑门电路安装制作实用电子产品，学会焊接、调试电路。
- ▶ 学会查阅数字集成电路手册，根据逻辑功能要求选用和代换集成门电路。

1.1 基本逻辑门电路

基本逻辑门电路有：与门、或门、非门。分别用以实现基本逻辑运算关系：与、或、非。下面介绍这三种基本逻辑门的分立元件电路。

1.1.1 与门

一、与逻辑关系

条件与结果之间的关系叫做逻辑关系。

在图 1.1 (a) 中，只有当开关 A、B 全部接通时，灯 Y 才会亮。其逻辑关系列表如图 1.1 (b) 所示。

只有当决定事物结果的全部条件同时具备时，结果才发生，这种逻辑关系称为与逻辑。

若开关接通和灯亮用逻辑 1 表示，开关断开和灯不亮用逻辑 0 表示，则可得到用逻辑 1、逻辑 0 表示条件所有组合与结果——对应关系的表格，如图 1.1 (c) 所示，称为逻辑真值表。



图 1.1 与逻辑关系

与逻辑用逻辑表达式表示为

$$Y = A \cdot B$$

式中，“·”表示与逻辑关系。与逻辑也称做与运算、逻辑乘。在不至引起混淆的前提下，乘号“·”可以省略去，将上式简写为 $Y = AB$ 。与运算规则为

$$0 \cdot 0 = 0, 0 \cdot 1 = 0, 1 \cdot 0 = 0, 1 \cdot 1 = 1$$

可总结为“全1出1，有0出0”。

二、与门电路

实现与逻辑关系的电子电路称为与门电路。

二极管与门电路如图 1.2 (a) 所示。A、B 为输入端，Y 为输出端。

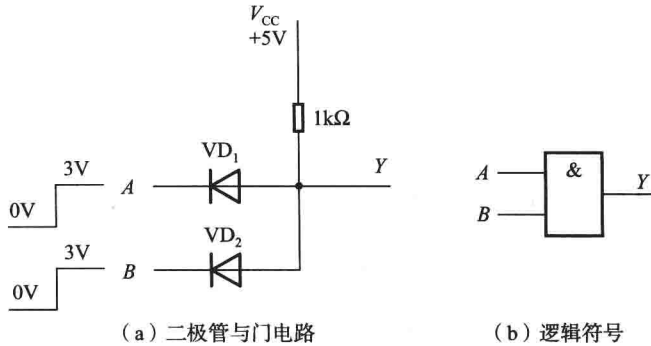


图 1.2 二极管与门

若输入信号为 +3V 或 0V，则实验数据如表 1.1 所示。

+3V、+3.7V 为高电平，用逻辑 1 表示；0V、0.7V 为低电平，用逻辑 0 表示。则得与门电路的真值表如表 1.2 所示。

表 1.1 与门电路的逻辑电平

输入		输出
A/V	B/V	Y/V
0	0	0.7
0	3	0.7
3	0	0.7
3	3	3.7

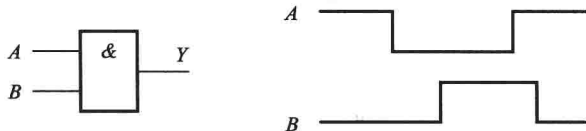
表 1.2 与门电路的真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

由真值表可知，Y 与 A、B 之间的关系为：只有 A、B 都为 1 时，Y 才为 1，符合“全 1 出 1，有 0 出 0”的与逻辑关系，故该电路为与门电路。其逻辑符号如图 1.2 (b) 所示。

想一想

若与门电路输入端 A 、 B 的波形如下图所示，那么与门电路输出端 Y 的波形是什么样的呢？

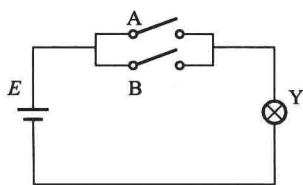


1.1.2 或门

一、或逻辑关系

在图 1.3 (a) 中，只要开关 A 、 B 中有任意一个接通时，灯 Y 就会亮。其逻辑关系列表如图 1.3 (b) 所示。

在决定事物结果的多个条件中只要有一个或一个以上具备时，结果就会发生，这种逻辑关系称为或逻辑。



(a) 电路图

开关A	开关B	灯Y
断	断	不亮
断	通	亮
通	断	亮
通	通	亮

(b) 逻辑关系

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

(c) 真值表

图 1.3 或逻辑关系

仿照前述进行逻辑赋值，即开关接通和灯亮用逻辑 1 表示，开关断开和灯不亮用逻辑 0 表示，则可得到或逻辑的真值表如图 1.3 (c) 所示。

或逻辑表达式为

$$Y = A + B$$

式中“+”表示或逻辑关系。或逻辑也称作或运算、逻辑加。或运算规则为

$$0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1, 1 + 0 = 1, 1 + 1 = 1$$

可总结为“有 1 出 1，全 0 出 0”。

二、或门电路

实现或逻辑关系的电子电路称为或门电路。

二极管或门电路如图 1.4 (a) 所示。 A 、 B 为输入端， Y 为输出端。

若输入信号为 +5V 或 0V，则实验数据如表 1.3 所示。

+5V、+4.3V 为高电平，用逻辑 1 表示；0V 为低电平，用逻辑 0 表示。则得或门电路的真值表如表 1.4 所示。

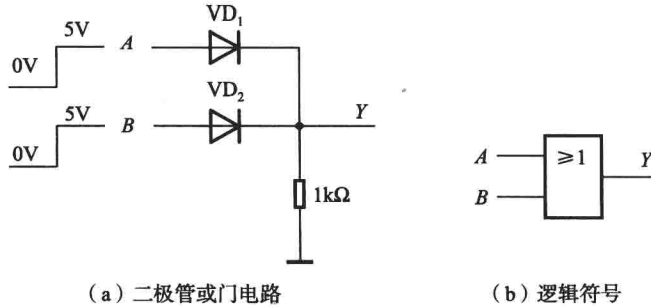


图 1.4 二极管或门

表 1.3 或门电路的逻辑电平

输入		输出
A/V	B/V	Y/V
0	0	0
0	5	4.3
5	0	4.3
5	5	4.3

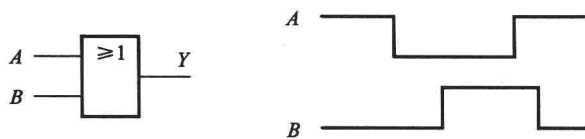
表 1.4 或门电路的真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

由真值表可知， Y 与 A 、 B 之间的关系为：只要 A 、 B 中有一个为 1 时， Y 就为 1，符合“有 1 出 1，全 0 出 0”的或逻辑关系，故该电路为或门电路。其逻辑符号如图 1.4 (b) 所示。

☹️? 想一想

若或门电路输入端 A 、 B 的波形如下图所示，那么或门电路输出端 Y 的波形是什么样的呢？



🔧 工程应用 与门和或门用做控制门

与门和或门在数字电路中经常被用做控制门。

图 1.5 是与门作控制门的示意图， A 为控制端， B 为信号输入端。当 $A = 1$ 时， $Y = AB = 1 \cdot B = B$ ， B 端输入的信号能送到输出端，此时的情况称为与门开启；当 $A = 0$ 时， $Y = AB = 0 \cdot B = 0$ ，输出恒为 0， B 端输入的信号不能送到输出端，此时的情况称为与门被关闭或被封锁。

图 1.6 是或门作控制门的示意图， A 为控制端， B 为信号输入端。当 $A = 0$ 时， $Y = A + B = 0 + B = B$ ， B 端输入的信号能送到输出端，此时的情况称为或门开启；当 $A = 1$ 时， $Y = A + B = 1 + B = 1$ ，输出恒为 1， B 端输入的信号不能送到输出端，此时的情况称为或门被关闭或被封锁。

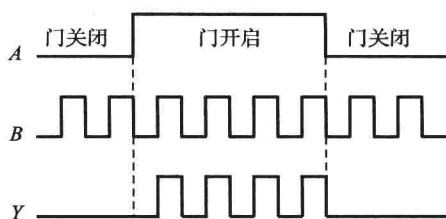
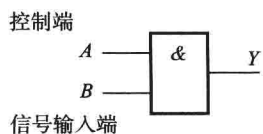


图 1.5 与门用做控制门

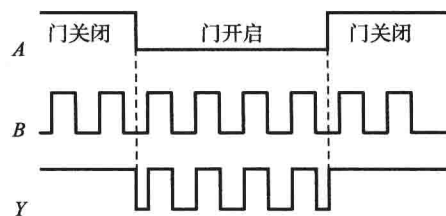
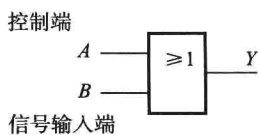


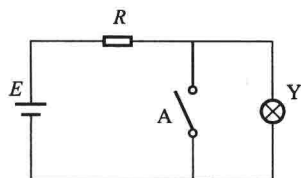
图 1.6 或门用做控制门

1.1.3 非门

一、非逻辑关系

图 1.7 (a) 中, 开关 A 接通时, 灯 Y 反而不亮; 开关 A 断开时, 灯 Y 却亮。其逻辑关系如图 1.7 (b)。

当决定事物结果的唯一条件不具备时, 结果反而会发生, 这种关系称为非逻辑。



(a) 电路图

开关A	灯Y
断	亮
通	不亮

(b) 逻辑关系

A	Y
0	1
1	0

(c) 真值表

图 1.7 非逻辑关系

非逻辑的真值表如图 1.7 (c) 所示。

非逻辑表达式为

$$Y = \bar{A}$$

式中, 字母 A 上方的短画线 “-” 表示非逻辑关系。 \bar{A} 读作 “A 非” 或 “A 反”。非逻辑也称做非运算、逻辑求反。非运算规则为

$$\bar{1} = 0, \bar{0} = 1,$$

可总结为 “入 1 出 0, 入 0 出 1”。

二、非门电路

实现非逻辑关系的电子电路称为非门电路。

三极管非门电路如图 1.8 (a) 所示。A 为输入端, Y 为输出端。

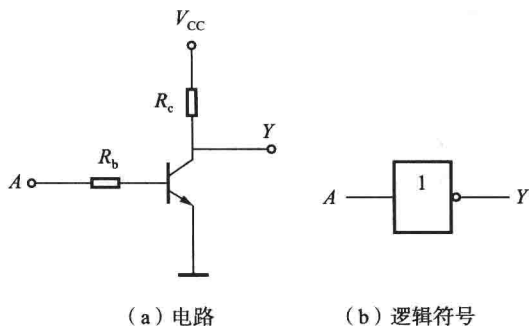


图 1.8 三极管非门

若输入信号为 V_{CC} 或 $0V$ ，则实验数据如表 1.5 所示。

V_{CC} 为高电平，用逻辑 1 表示； $0V$ 、 $0.3V$ 为低电平，用逻辑 0 表示。则得非门电路的真值表如表 1.6 所示。

表 1.5 非门电路的逻辑电平

输入	输出
A/V	Y/V
0	V_{CC}
V_{CC}	0.3

表 1.6 非门电路的真值表

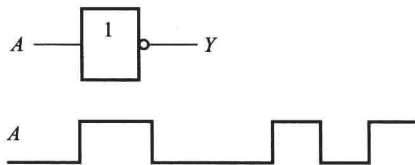
输入	输出
A	Y
0	1
1	0

由真值表可知， Y 与 A 之间的关系为： A 为 1 时， Y 为 0； A 为 0 时， Y 为 1。符合“入 1 出 0，入 0 出 1”的非逻辑关系，故该电路为非门电路。其逻辑符号如图 1.8 (b) 所示，图中在输出端用小圆圈表示非运算。

非门的输出状态与输入状态相反，通常又称为反相器。

🤔 想一想

若非门电路输入端 A 的波形如下图所示，那么非门电路输出端 Y 的波形是什么样的呢？



1.2 组合逻辑门电路

由与、或、非组合而成的逻辑运算关系称为组合逻辑关系，常见的组合逻辑关系有与非、或非、与或非、异或、同或等。

实现组合逻辑关系的门电路称为组合逻辑门电路。

1.2.1 与非门

由与逻辑和非逻辑组合起来可以构成与非逻辑，与非逻辑关系指的是，先进行逻辑乘，再进行逻辑求反。图 1.9 是由与门、非门构成与非门的电路结构，其中与门的输出作为非

门的输入。

与非门的真值表见表 1.7。

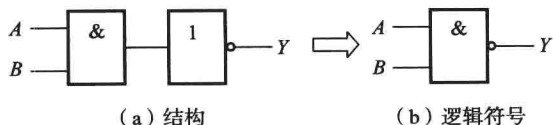


图 1.9 基本门组成与非门

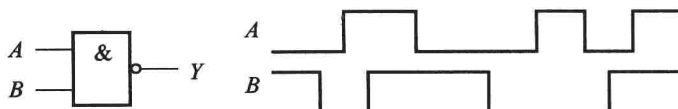
表 1.7 与非门真值表

输入		AB	输出
A	B		Y
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

由真值表可知，与非门的逻辑功能为“全 1 出 0，有 0 出 1”。逻辑表达式为 $Y = \overline{AB}$ 。

 想一想

若与非门电路输入端 A 和 B 的波形如下图所示，那么与非门电路输出端 Y 的波形是什么样的呢？



1.2.2 或非门

由或逻辑和非逻辑组合起来可以构成或非逻辑，或非逻辑关系指的是，先进行逻辑加，再进行逻辑求反。图 1.10 是由或门、非门构成或非门的电路结构，其中或门的输出作为非门的输入。

或非门的真值表见表 1.8。

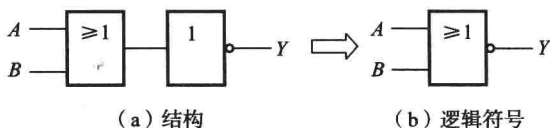


图 1.10 基本门组成或非门

表 1.8 或非门真值表

输入		A + B	输出
A	B		Y
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

由真值表可知，或非门的逻辑功能为“有 1 出 0，全 0 出 1”。逻辑表达式为 $Y = \overline{A + B}$ 。

 想一想

若或非门电路输入端 A 和 B 的波形如下图所示，那么或非门电路输出端 Y 的波形是什么样的呢？

