

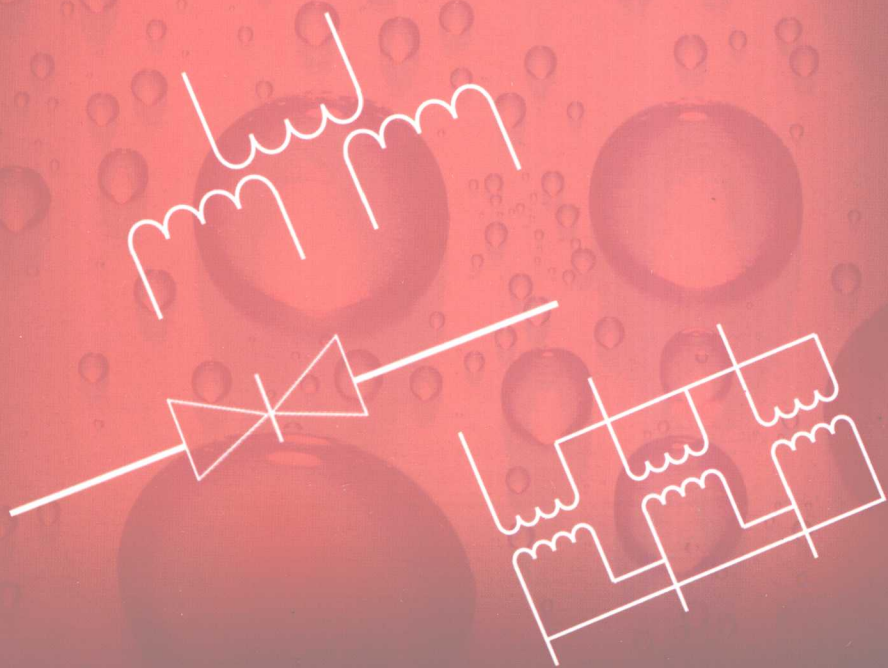


1+X 职业技术·职业资格培训教材

水电工 [高级]

人力资源和社会保障部教材办公室
上海市职业培训研究发展中心

组织编写



中国劳动社会保障出版社

1+X 职业技术·职业资格培训教材

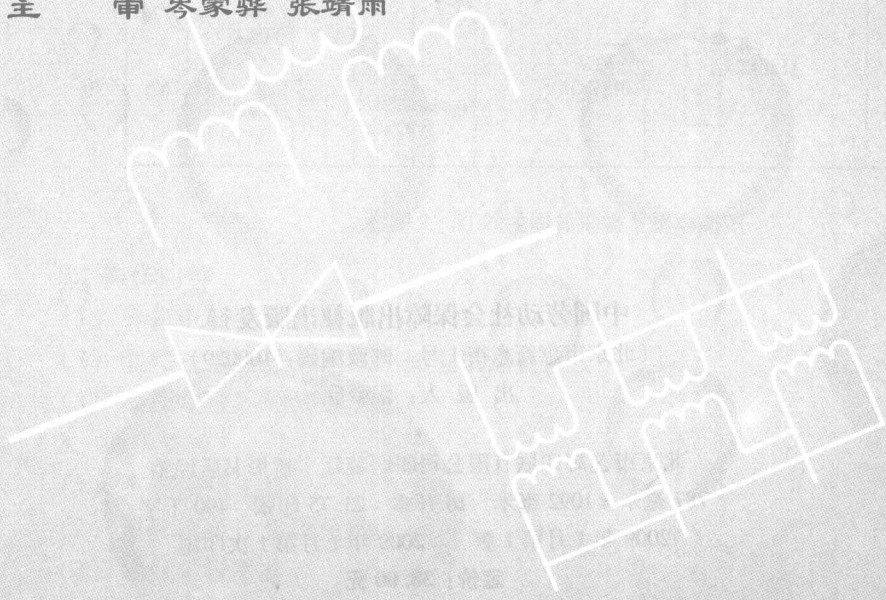
水电工 [高级]

主 编 岑春骅

编写人员 岑春骅 匡荣辉 陈志海

谢鸿法 周政安

主 审 岑家骅 张靖雨



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

水电工：高级/岑春骅主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2009

职业技术·职业资格培训教材

ISBN 978-7-5045-7397-1

I. 水… II. 岑… III. ①水暖工-技术培训-教材②房屋建筑设备:电气设备-技术培训-教材 IV. TU832 TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 005119 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 23.75印张 490千字

2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

定价:38.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室、上海市职业培训研究发展中心依据上海1+X水电工（三级）职业技能鉴定细目组织编写。教材较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握高级水电工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材主要内容包括：电子技术、工厂供电、电机原理、电气控制技术、电梯基本知识和建筑给水排水工程技术。为便于读者掌握本教材的重点内容，每一单元后附有单元测试题及答案，全书后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，用于检验和巩固所学知识和技能。

本教材可作为水电工（三级）职业培训与鉴定考核教材，也可供全国中、高等职业技术学院相关专业师生参考使用，以及本职业从业人员培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行，对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能，提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义，也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展，特别是加入世界贸易组织以后，各种新兴职业不断涌现，传统职业的知识和技术也越来越多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展，优化劳动力素质，上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试，推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库，X是为适应上海市经济发展的需要，对职业标准和题库进行的提升，包括增加了职业标准未覆盖的职业，也包括对传统职业的知识技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式，得到了国家人力资源和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要，人力资源和社会保障部教材办公室、上海市职业培训研究发展中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写，教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能，较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家，以及相关行业的专家参与教材的编审工作，保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色，按等级、分模块单元的编写模式，使学员通过学习与培训，不仅能够有助于通过鉴定考核，而且能够有针对性地系统学习，真正掌握本职业的实用技术与操作技能，从而实现我会做什么，而不只是我懂什么。每个单元所附单元测试题和答案用



于检验学习效果，教材后附本级别的知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识 with 技能。

本教材结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

人力资源和社会保障部教材办公室

上海市职业培训研究发展中心

目 录

| | |
|---------------------|-----|
| 第1单元 电子技术 | |
| 1.1 数字电路 | 2 |
| 1.2 集成运算放大器 | 23 |
| 1.3 晶闸管整流电路 | 35 |
| 单元测试题 | 50 |
| 单元测试题答案 | 52 |
| 第2单元 工厂供电 | |
| 2.1 电力、工厂供电系统 | 55 |
| 2.2 工厂变、配电所的电气设备及运行 | 63 |
| 2.3 工厂供配电继电保护及二次回路 | 92 |
| 2.4 工厂配电系统的功率补偿 | 107 |
| 2.5 工厂变、配电所的运行管理 | 115 |
| 单元测试题 | 123 |
| 单元测试题答案 | 125 |
| 第3单元 电机原理 | |
| 3.1 直流电机 | 128 |
| 3.2 异步电动机 | 146 |
| 3.3 同步电动机 | 154 |
| 3.4 特种电机 | 159 |
| 单元测试题 | 162 |
| 单元测试题答案 | 164 |
| 第4单元 电气控制技术 | |
| 4.1 继电控制电路分析基础 | 166 |

| | |
|------------------------|-----|
| 4.2 可编程序控制器 | 180 |
| 4.3 晶闸管自动控制 | 221 |
| 单元测试题 | 243 |
| 单元测试题答案 | 245 |
| 第5单元 电梯基本知识 | |
| 5.1 电梯概述 | 247 |
| 5.2 电梯运行各环节的工作原理 | 261 |
| 5.3 电梯常见故障的排除 | 270 |
| 单元测试题 | 272 |
| 单元测试题答案 | 274 |
| 第6单元 建筑给水排水工程技术 | |
| 6.1 建筑内部消防给水系统计算 | 276 |
| 6.2 建筑内部排水系统计算 | 289 |
| 6.3 建筑内部热水供应系统 | 314 |
| 6.4 饮水供应系统 | 335 |
| 6.5 建筑中水系统 | 346 |
| 单元测试题 | 359 |
| 单元测试题答案 | 362 |
| 知识考核模拟试卷 | 363 |
| 知识考核模拟试卷答案 | 369 |
| 技能考核模拟试卷 | 370 |

本书由清华大学... 编写组...

本书由清华大学... 编写组...

第 1 单元

电子技术

- 1.1 数字电路 /2
- 1.2 集成运算放大器 /23
- 1.3 晶闸管整流电路 /35

电子技术在电气工业中占据着主要地位。随着科学技术日新月异的发展，大规模的集成电路功能越来越全，产品越来越多，电气设备及控制系统越来越复杂，并向小型化和微型化发展，传统的模拟电路逐步被全数字电路所取代。本单元主要介绍数字电路、集成运算放大器及晶闸管的基础知识。

1.1 数字电路

电子电路分为“模拟电路”和“数字电路”两种。在模拟电路中处理的信号都是模拟信号。所谓的模拟信号是通过各种传感器把声音、图像、温度、压力等各种连续变化的信号转换成电量后得到的，信号的大小随时间连续变化。由于模拟信号比较弱，需要进行放大、运算等各种处理，处理这种模拟信号的电路就称为模拟电路。但在实际工作中，经常遇到的是各种在时间上不连续的数字信号。例如，在控制电路中，按钮、开关、继电器、接触器等元件的工作状态不是接通就是断开，信号电压只有高低之分，如果用仪器检测的话也就是有或无这两种信号。如果把检测到的信号转换成电信号，也就是电压高低这两种情况。这种在时间上显然是不连续的信号电路就称为数字电路。

模拟电路和数字电路的区别在于，模拟电路处理的是连续不断变化的波形信号，数字电路所处理的是二进制信号。信号通常是矩形波，一般用高电平表示“1”，低电平表示“0”，模拟电路和数字电路的信号波形是完全不同的。

模拟电路中的晶体管（三极管）工作在放大状态，数字电路中的晶体管工作在开关状态，也就是饱和与截止状态，即“0”和“1”，这两种状态也是截然不同的。

模拟电路研究放大倍数、输入电阻、输出电阻、失真情况等，数字电路研究的是输入与输出信号的逻辑关系，这也是完全不同的。模拟电路已在中级工教材中讨论过，这里讨论的是数字电路基础。

1.1.1 集成逻辑门电路

1. 基本逻辑门电路

所谓门电路，是指实现一定因果关系的开关电路。输入与输出信号之间存在一定逻辑关系，当它满足一定条件时，允许信号通过，否则就不通过，起着门的作用，所以又称为逻辑门电路，简称门电路。基本逻辑门电路是数字电路的最基本单元电路，其功能是用来完成最基本的逻辑运算。基本逻辑门电路有3种：与门、或门和非门。数字电路能完成各种复杂的逻辑运算，内部无非是3种基本门电路的种种组合而已。

逻辑代数是按一定的逻辑进行运算的代数，是分析和设计数字电路的主要工具。它与普通代数的不同之处在于，逻辑代数是描述客观事物之间逻辑关系的，其表达式中逻辑变量的取值只有0和1，用来表示客观事物的两种相反的状态。

(1) 与门。与门逻辑关系是，只有当输入端都有规定信号输入时，事情才会发生，这种逻辑关系称为与逻辑。如图1—1a所示的电路中，只有SA和SB全闭合时灯HL才会

亮，这就是一个典型的与逻辑电路，此电路可用两个输入（ A ， B ）和一个输出（ L ）的与门逻辑符号表示，如图1—1b所示，其中 $\&$ 代表与逻辑关系，逻辑关系还可用真值表表示。若灯亮、开关闭合用1表示，灯灭、开关断开用0表示，则可得各状态之间的逻辑关系，即与逻辑真值表（见表1—1）。

与逻辑又称逻辑乘，其表达式为：

$$L = A \cdot B = AB \quad (1-1)$$

对于多变量的与逻辑可写为：

$$L = A \cdot B \cdot C = ABC \cdots$$

通过与逻辑真值表分析与逻辑的输入输出关系，可以用一句话来概括：有0出0，全1出1。

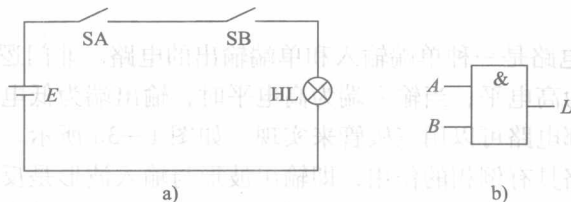


图1—1 与门逻辑电路图及图形符号

a) 电路图 b) 图形符号

表1—1

与逻辑真值表

| A | B | L | A | B | L |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

(2) 或门。或门的逻辑关系是，只要几个输入端中有一个输入端有规定的信号输入，输出端就有规定的信号输出，这种逻辑关系称为或逻辑。如图1—2a所示的电路中，只要SA、SB中有一只开关闭合或两只开关都闭合，灯L就会亮。同前面分析与逻辑的分析方法相同，开关与灯的状态之间的逻辑关系（即或逻辑关系）见表1—2。在电路图中或门的图形符号如图1—2b所示。

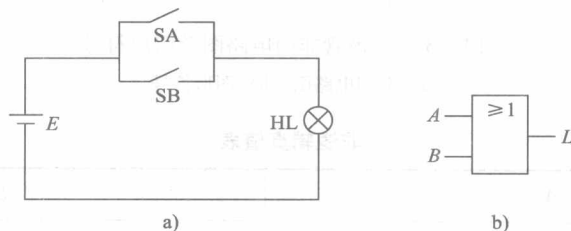


图1—2 或门逻辑电路图及图形符号

a) 电路图 b) 图形符号



表 1—2 或逻辑真值表

| A | B | L | A | B | L |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

或逻辑又称逻辑加, 其表达式为:

$$L = A + B \quad (1-2)$$

对于多变量的逻辑或可写为:

$$L = A + B + C \dots$$

通过或逻辑真值表分析或逻辑的输入输出关系, 可以用一句话来概括: 有 1 出 1, 全 0 出 0。

(3) 非门。非门电路是一种单端输入和单端输出的电路。非门逻辑关系是, 当输入端为低电平时, 输出端为高电平; 当输入端为高电平时, 输出端为低电平, 这种逻辑关系称为非逻辑。非门的内部电路可以用三极管来实现, 如图 1—3a 所示。在学习模拟电路时已经知道三极管放大电路具有倒相的作用, 即输出波形与输入波形是反相的。那么在数字电路中, 只要使三极管工作在开关状态, 三极管的 c—e 极之间就可以看成是一个开关, 工作在接通与断开两种状态。所谓三极管的开关状态, 是指在输入电压为高电平时, 使得三极管脱离放大状态而饱和导通, 三极管输出接近 0 (低电平); 当输入电压接近 0 (低电平) 时, 三极管工作在截止状态, 输出为 $+U_{CC}$ (高电平)。非逻辑真值表见表 1—3。在电路图中非门的图形符号如图 1—3b 所示。

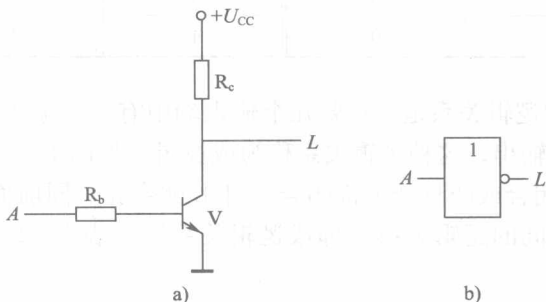


图 1—3 三极管非门电路图及图形符号

a) 非门电路图 b) 图形符号

表 1—3 非逻辑真值表

| A | L |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

非运算只对单个变量进行操作，非门是只有一个输入端的逻辑门。非运算表达式为：

$$L = \bar{A} \quad (1-3)$$

式中， \bar{A} 是 A 的反变量，读作“A非”。

通过非逻辑真值表分析非逻辑的输入输出关系，可以用一句话概括：输 1 出 0，输 0 出 1。

(4) 复合逻辑运算。在数字电路中，除了与、或、非 3 种基本逻辑运算外，还有几种使用较广泛的复合逻辑运算，即与非门、或非门、与或非门。它们的图形符号如图 1—4 所示。

与非、或非、与或非门的运算表达式分别为：

$$L = \overline{AB} \quad (1-4)$$

$$L = \overline{A + B} \quad (1-5)$$

$$L = \overline{AB + CD} \quad (1-6)$$

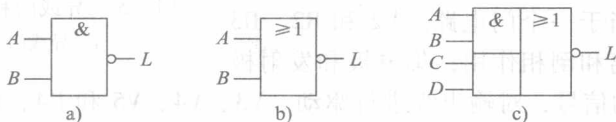


图 1—4 几种复合门的图形符号

a) 与非门 b) 或非门 c) 与或非门

根据与、或、非 3 种基本运算关系，可推导与非、或非逻辑运算关系。与非、或非逻辑真值见表 1—4，与或非逻辑的真值表可自行推导。

表 1—4 与非、或非逻辑真值表

| A | B | 与非 | 或非 |
|---|---|----|----|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |

(5) 异或运算和同或运算。异或逻辑关系就是当输入 A 和 B 相同时，输出 L 为 0；当输入 A 和 B 不不同时，输出 L 为 1。异或运算表达式为：

$$L = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B} \quad (1-7)$$

同或和异或相反，当输入 A 和 B 不同时，输出 L 为 0；当输入 A 和 B 相同时，输出 L 为 1。同或运算表达式为：

$$L = A \odot B = \bar{A}\bar{B} + AB \quad (1-8)$$

它们的真值见表 1—5，其图形符号如图 1—5 所示，都是两输入端逻辑门。

表 1—5 异或、同或逻辑的真值表

| A | B | $A \oplus B$ | $A \odot B$ |
|---|---|--------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |

2. TTL 与非门

图 1—6 所示为 TTL (晶体管—晶体管逻辑电路) 与非门电路及其图形符号。它由 3 部分组成, 即输入级、中间级和输出级。输入级由多发射极三极管 V1 和 R1 组成, 其作用是对输入的 A、B、C 变量进行逻辑与, 相当于一个门电路。V2 和 R2、R3 组成中间级, 起隔离和倒相作用; 集电极和发射极输出两个相位相反的信号, 对输出级进行驱动。V3、V4、V5 和 R4、R5 组成输出级, 输出信号驱动负载。

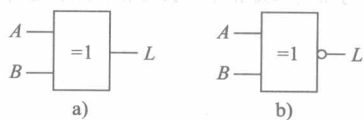


图 1—5 异或门和同或门的图形符号
a) 异或门 b) 同或门

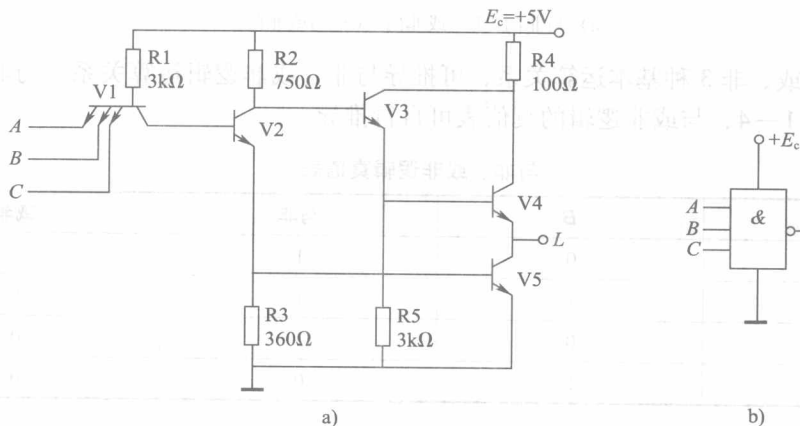


图 1—6 TTL 与非门电路及其图形符号
a) TTL 与非门电路 b) 图形符号

为了便于分析, 设 TTL 电路供电电压 $E_c = +5\text{V}$, 输入电平、输出电平规定低电平 0 为 0.3V , 高电平 1 为 3.6V 。

如果输入端至少有一个为低电平, 多发射极三极管 V1 发射极就导通, 此时 V1 管的基极电位就下降为 1V 左右 ($0.3\text{V} + 0.7\text{V}$), 因此, 三极管 V2、V5 截止。而同时, 由于 V2 的截止, V2 的集电极高电位足以使 V3、V4 饱和导通, 因此输出高电平。输出高电平

的电压为电源电压减去 2 个 PN 结的压降, 即: $5 - 0.7 - 0.7 = 3.6 \text{ V}$ 。

如果输入端都为高电平, 则 V1 的基极电位升高, 并使 V1 的集电极和 V2、V5 的发射极导通; 而 V2 上的集电极电压足以使 V3 导通, 但不能使 V4 导通。由 V2 提供的基极电流使 V5 饱和导通, 故输出呈低电平。

综上所述, 可以得出结论, 即电路具有与非门的逻辑功能, 全 1 出 0, 有 0 出 1。当输入有低电平 0 时, 输出为高电平 1, 电压约为 3.6 V ; 而当输入均为高电平 1 时, 输出为低电平 0, 电压约为 0.3 V 。电路的输出、输入间满足与非逻辑关系, 即:

$$L = \overline{ABC} \quad (1-9)$$

3. TTL 门电路的其他类型

有时人们需要将多个逻辑门的输出端直接连在一起来实现“逻辑与”和“逻辑或”的功能, 分别称为“线与”和“线或”。但一般的门电路是不允许这样连接的。以上述介绍的 TTL 门电路为例, 当多个这样的 TTL 门输出端直接连在一起时, 原来输出为高电平的各个逻辑门的电流全部流入原来输出为低电平的逻辑门的 V5 管, 轻则使输出电平抬高, 成为不合格的电平; 重则烧坏集成电路。将一般的 TTL 逻辑门进行适当改变, 就可以解决这个问题。下面介绍的集电极开路门 (OC 门) 和三态输出与非门 (TSL 门) 就是两种允许输出端直接连接在一起的特殊 TTL 与非门。

(1) 集电极开路与非门 (OC 门)。OC 门的基本电路及逻辑符号如图 1—7 所示, 其工作原理为: OC 门在电路中使用, 需要在输出端和电源间接上一个负载, 如图 1—7a 中的虚线所示。在接上负载电阻 R_L 后, 当输入端 A、B、C 都为高电平时, V2、V3 都饱和导通, 其输出端是低电平; 当 A、B、C 三端中有一个为低电平时, V1 的一个发射极导通, V2、V3 都截止, 则输出为高电平。因此, OC 门具有与非门的功能, 其逻辑表达式为:

$$L = \overline{ABC} \quad (1-10)$$

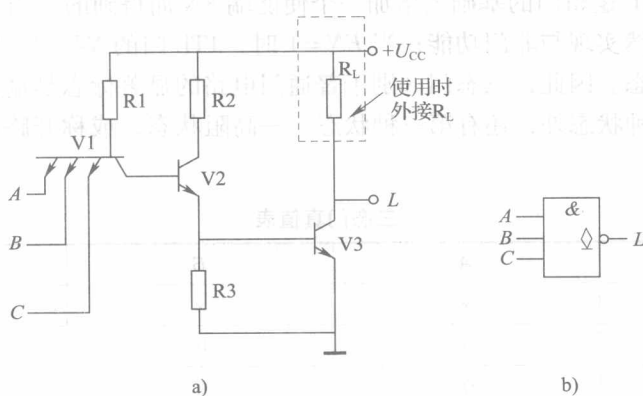


图 1—7 OC 门的基本电路及逻辑符号

a) 基本电路 b) 逻辑符号

OC 门的应用如图 1—8 所示。在图 1—8a 中, 3 个 OC 门输出端并接后经负载 R_L 接 U_{cc} 的电路, 图中输出线连接处的菱形框表示线与逻辑图形符号。由图可见, 任一个 OC 门的所有输入端均为高电平时, 其输出端为低电平, 只有每个 OC 门的输入中都有低电平时, 输出才是高电平, 其逻辑表达式为:

$$L = \overline{AB} \overline{CD} \overline{EF} \quad (1-11)$$

OC 门可直接驱动发光二极管, 电路如图 1—8b 所示。只有在其输入端都为高电平时, 输出端才是低电平, 发光二极管才导通发光; 否则输出端为高电平, 发光二极管就不发光。同样, OC 门还可直接驱动小型继电器, 如图 1—8c 所示。

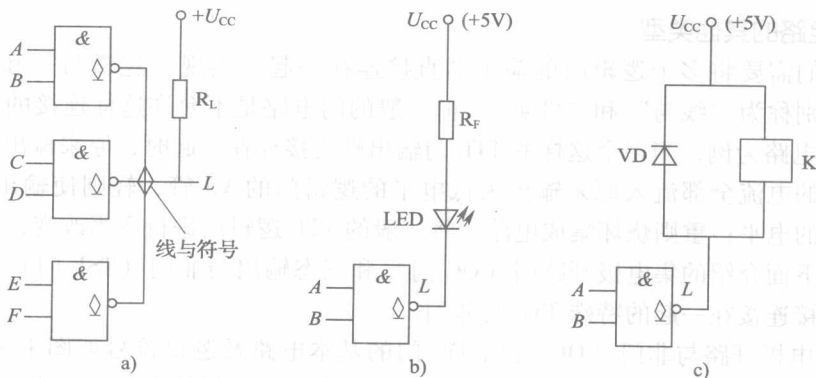


图 1—8 OC 门的应用

a) 用 OC 门实现线与 b) 用 OC 门驱动发光二极管 c) 用 OC 门驱动小型继电器

(2) 三态输出与非门 (TSL 门)。三态输出与非门简称三态门, 是指逻辑门的输出除了有高电平、低电平状态外, 还有第三种状态——高阻状态 (或称禁止状态), 也称为 TSL 门。

三态门是在 TTL 逻辑门的基础上增加一个使能端 EN 而得到的。当 $EN=0$ 时, TTL 与非门不受影响, 仍然实现与非门功能; 当 $EN=1$ 时, TTL 门的 V4、V5 同时截止, 使逻辑门输出处于高阻状态。因此, 三态门区别于普通门电路的显著标志是输出端除了具有高电平 1 和低电平 0 两种状态外, 还有第三种状态——高阻状态, 或称开路状态。三态门真值表见表 1—6。

表 1—6 三态门真值表

| EN | A | B | L |
|----|---|---|----|
| 1 | x | x | 高阻 |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |

三态门的图形符号如图 1—9a 所示。符号中的倒三角“∇”表示是三态输出，信号线上的小圆圈表示低电平有效（有的三态门没有小圆圈，则表明使能端 EN 高电平有效）。

多个三态门的输出端可以直接相连。但与 OC 门线连的情况不同的是，任何时候至多只能有一个三态门处于工作状态，不允许多个三态门同时工作。因此，连在一起的三态门是分时工作的。这就需要对各个三态门的使能端进行适当控制。三态门在计算机总线结构中有着广泛的应用。如图 1—9b 所示为由三态门构成的双向总线。

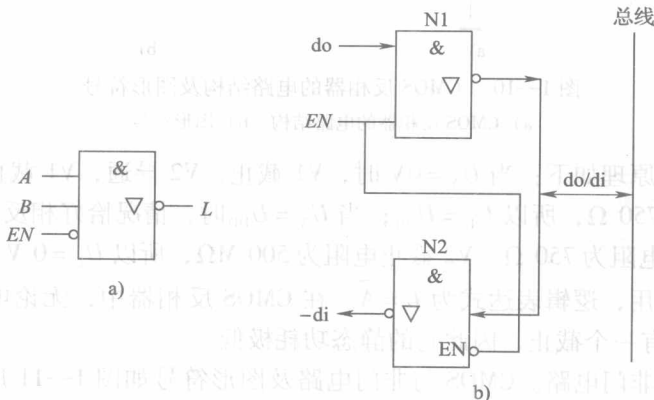


图 1—9 三态门的图形符号及由三态门构成的双向总线

a) 图形符号 b) 双向总线

除上述介绍的常用的 TTL 非门、与非门、OC 门和 TSL 门外，在 TTL 门电路中，还有 TTL 与门、或门、或非门、与或非门、异或门和同或门等，这些门电路都是由前面所讲的几种门电路变换来的。

4. 集成 MOS 门电路

金属—氧化物—半导体 (MOS) 集成门电路是由单极型晶体管组成的门电路，通常由绝缘栅增强型场效应管组成，特点是制造工艺简单、集成度高、功耗低、抗干扰能力强。

绝缘栅场效应管 (IGFET) 简称 MOS 管。根据其导电沟道的不同，MOS 管又分为 N 沟道和 P 沟道两种类型。N 沟道绝缘栅场效应管简称为 NMOS 管，P 沟道绝缘栅场效应管简称为 PMOS 管。由不同类型的 MOS 管所组成的集成门电路，可分为 NMOS 型、PMOS 型和 CMOS 型。CMOS 门电路又称为互补型门电路，它是由 NMOS 管和 PMOS 管组成的互补对称型门电路。

(1) CMOS 反相器。CMOS 反相器即 CMOS 非门，其电路结构及图形符号如图 1—10 所示。电路由一个 NMOS 管和一个 PMOS 管组成，因同时存在两种沟道形式的 MOS 逻辑电路，所以称其为互补型 MOS 逻辑电路，简称为 CMOS 逻辑电路。其中，NMOS 管 V1 是驱动，PMOS 管 V2 是负载。它们的栅极相连作为反相器的输入，漏极相连作为反相器的输出。V2 的源极接至正电源 U_{DD} ，V1 的源极接地。电源 U_{DD} 大于或等于两管开启电压的绝对值之和。