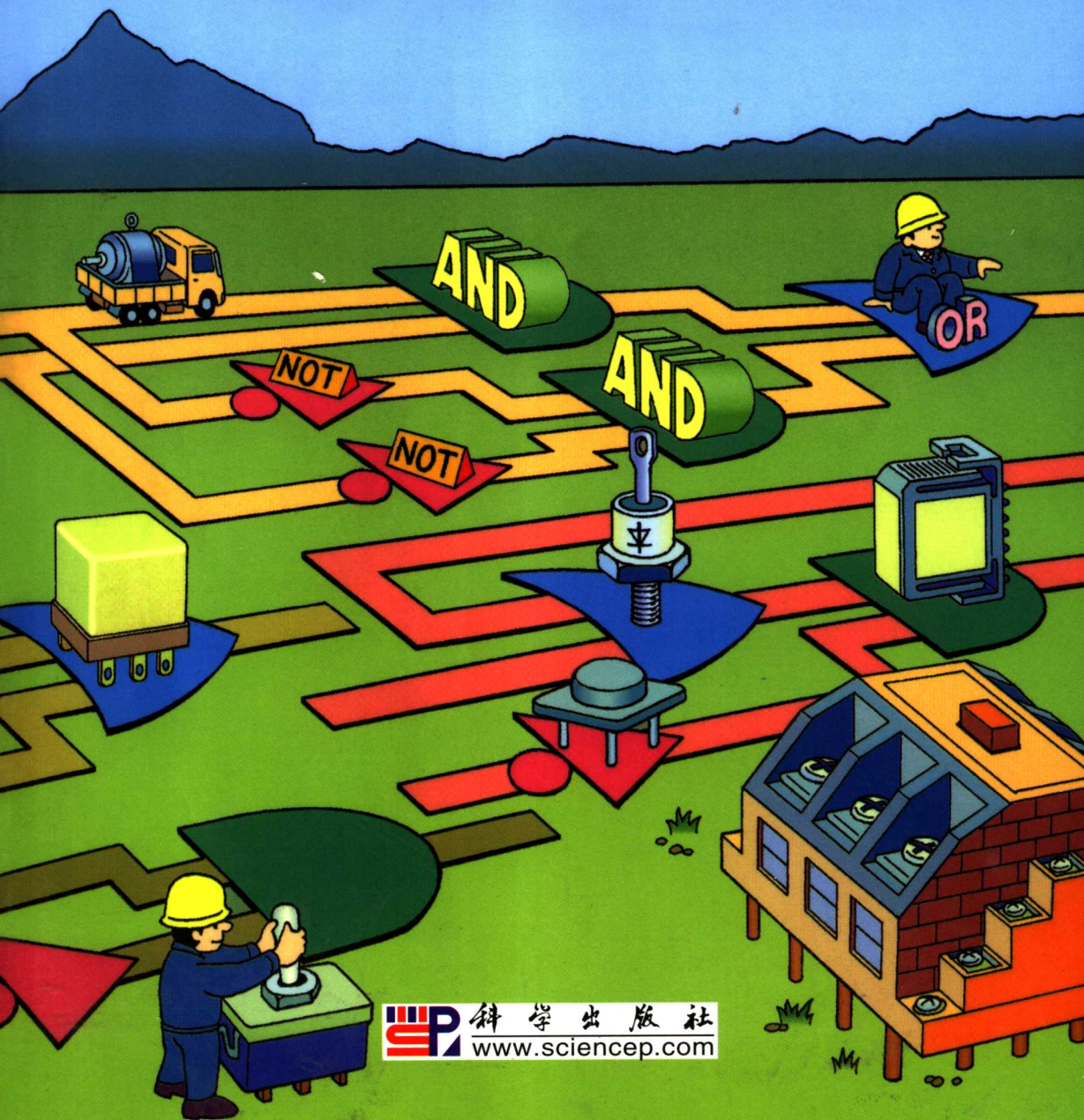


OHM 图解电气控制线路丛书

(日) 大滨庄司 著
关 静 译

电气控制线路 数字部分



科学出版社
www.sciencep.com

OHM 图解电气控制线路丛书

电气控制线路 (数字部分)

〔日〕 大滨庄司 著
关 静 译

科学出版社

北京

图字: 01-2004-5412 号

内 容 简 介

本书是“OHM 图解电气控制线路丛书”之一。本书以图解的形式首先介绍顺序控制中常用器件和数字电路的基本逻辑电路,然后详细讲解 AN-SI 逻辑符号中 AND、OR、NAND、NOR 的表示方法和延时数字电路方面的内容,最后介绍数字电路的输入、输出电路,分析由数字电路组成的电动机的起动控制和限时控制两个实例。

本书实用性强,简明易懂,可作为电气工程及自动化等专业技术人员的参考用书,也可供高职高专相关专业学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制线路(数字部分)/(日)大滨庄司著;关静译. —北京:科学出版社,2005

(OHM 图解电气控制线路丛书)

ISBN 7-03-014583-6

I. 电… II. ①大…②关… III. 电气设备-自动控制-数字电路-电路图
IV. TM762-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 132407 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲/责任制作:魏 谨
责任印制:刘士平/封面制作:科龙创作室 抒音

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

深海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 2 月第一次印刷 印张: 14 插页 1

印数: 1—5 000 字数: 272 000

定 价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

新版发行之际

最近半导体逻辑器件的迅速发展推进了顺序控制电路的无触点化及数字 IC 的出现,今后,数字电路的应用范围必将越来越广泛。

本书以已出版的《图解顺序控制数字电路读本》为基础,采用基于 JIS C 0617 (IEC 0617)标准中的新图形符号对电路图进行全面改版。希望新版同样能得到大家的喜爱。

..... 本书的内容和特色

本书为使读者较好地理解数字控制及数字电路基础,将半导体开关动作及逻辑元件的动作顺序用不同深浅颜色区别,以图解形式进行说明。这种全新的讲解方式是本书的特点。其主要内容如下:

(1) 为使读者理解数字电路,将必要的半导体开关动作及基本回路都给出了实际的配线图,用图解形式进行详细地解说。

(2) 将构成无触点顺序控制设备的构造及动作的立体图与电气图形符号相对比,其动作和图形符号一目了然。

(3) JIS C 0617 标准中开闭触点通常称为动合触点、动断触点、转换触点,而本书中采用惯用的 a 触点、b 触点、c 触点称呼。

(4) 对于数字电路中基本的 AND 电路、OR 电路、NOT 电路、NAND 电路、NOR 电路等,通过继电器顺序控制、无触点顺序控制的对比表示,可以观察继电器的机械动作,从而更好地理解逻辑电路。

(5) 数字电路由多种基本电路组成,因此通过继电器顺序控制图和数字电路图的对比表示,根据不同的输入信号,用数字电路图对其动作顺序逐一进行讲述,易于读者理解其动作原理。

(6) 例举了“电动机起动控制”、“电动机限时控制”两个实际的数字电路。分析其动作过程,动作回路用箭头表示,使读者对控制系统的整体构成有非常清晰的概念。

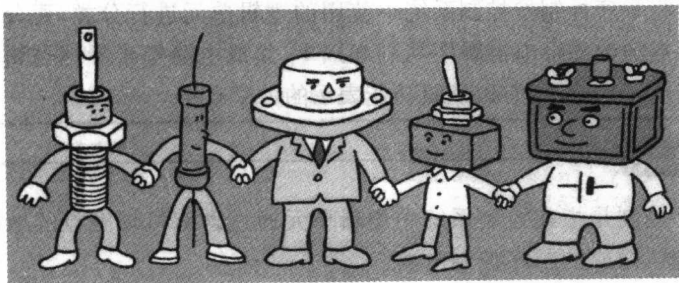
目 录

第 1 章 图解数字电路	1
1.1 顺序控制	2
1.2 二极管、晶体管的开关动作	4
1.3 无触点顺序控制的逻辑电路	6
1.4 数字电路的基本电路	10
1.5 数字电路构成方式	14
第 2 章 顺序控制中的器件及图形符号	15
2.1 电阻和电容的结构及图形符号	16
2.2 动作开关、检测开关的结构及图形符号	18
2.3 电磁继电器和时间继电器的结构及图形符号	22
2.4 配线用隔离器等的结构及图形符号	25
2.5 半导体结构及图形符号	29
2.6 电气图形符号的表示方法	33
第 3 章 二极管、晶体管的开关动作	41
3.1 P 型半导体、N 型半导体的结构	42
3.2 二极管的开关动作	46
3.3 晶体管的开关动作	52
第 4 章 基于开闭触点的开关动作	65
4.1 手动操作触点的结构	66
4.2 手动操作自动复位触点、电磁继电器触点的结构	67
第 5 章 数字电路的基本逻辑电路	73
5.1 数字电路的“0”信号，“1”信号	74
5.2 逻辑与电路(AND 电路)解析	76
5.3 逻辑或电路(OR 电路)解析	82
5.4 逻辑非电路(NOT 电路)解析	88
5.5 逻辑与非电路(NAND 电路)解析	92
5.6 逻辑或非电路(NOR 电路)解析	98

5.7	逻辑符号的各种表示方法	104
第 6 章	ANSI 逻辑符号解析	105
6.1	ANSI 逻辑符号	106
6.2	ANSI 逻辑符号中 AND 和 OR 的表示方法	108
6.3	ANSI 逻辑符号中 NAND 的表示方法	112
6.4	ANSI 逻辑符号中 NOR 的表示方法	115
6.5	ANSI 逻辑符号的 AND 表示、OR 表示	118
6.6	由 NAND、NOR 组成的 AND、OR 功能的表示方法	119
第 7 章	数字电路基本电路解析	121
7.1	禁止电路解析	122
7.2	切换电路解析	126
7.3	一致电路解析	130
7.4	异或电路解析	136
7.5	自保电路解析	142
7.6	互锁电路解析	148
第 8 章	延时数字电路	153
8.1	延时电路	154
8.2	动作时延迟的延时电路解析	155
8.3	复位时延迟的延时电路解析	160
8.4	电子定时器电路解析	166
8.5	单稳态多谐振荡电路解析	170
8.6	双稳态多谐振荡电路解析	178
第 9 章	数字电路的输入、输出电路	185
9.1	输入电路解析	186
9.2	输出电路解析	192
第 10 章	数字电路各种实用举例	199
10.1	基于数字电路的电动机起动控制	200
10.2	基于数字电路的电动机限时控制	209

第1章

图解数字电路



本章要点

本书为使数字电路更容易被理解，推出了一种全新的解说方式。

(1) 顺序控制电路是把所有的继电器动作顺序与其功能用逻辑表示的数字电路相对比，请边读边比较。

(2) 继电器顺序控制图、无触点顺序控制图、数字电路图中按照动作的顺序都标有电路符号，阅读时请对比符号和动作说明。

(3) 由顺序动作形成的电路中，请按电路图中的箭头确认各个回路。在这种情况下，逻辑电路中“1”用深色箭头实线符号表示，“0”用浅色箭头虚线符号表示。

(4) 逻辑符号按照IEC 60617-12规定的JIS C 0617-12（二值逻辑单元）标准，采用一般惯用的ANSI规格（ANSI Y32.14）的图形符号表示。那么到底什么是数字电路？我们用图形看一下吧！本章中像二极管及晶体管的开关动作，数字逻辑电路及其基本电路，数字电路图的构成方式等都将用图形进行简要地说明。

1.1 顺序控制

1 继电器顺序控制

顺序控制

数字电路

所谓顺序控制是指按照预先定义的顺序或者是按照一定的逻辑顺序将控制的各个阶段逐步进行的一种控制。即顺序控制是指下一阶段该执行的控制动作被预先确定,在前一阶段的控制动作完成之后或者动作经历一段时间之后,根据具体的转移条件选定下一步该进行的动作,进而向下一步进行转移的控制。若将顺序控制按控制系统中使用的逻辑单元进行分类,可分为使用含有机触点的电磁继电器顺序控制和以 IC 集成电路等半导体逻辑单元组成的无触点顺序控制,还有以逻辑功能表示的数字电路。

继电器顺序控制

继电器顺序控制是指在控制系统中逻辑单元通过含有机触点的继电器(即电磁继电器)构成的顺序控制电路。

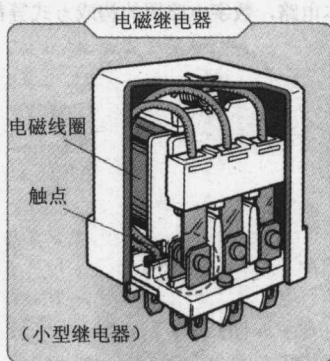
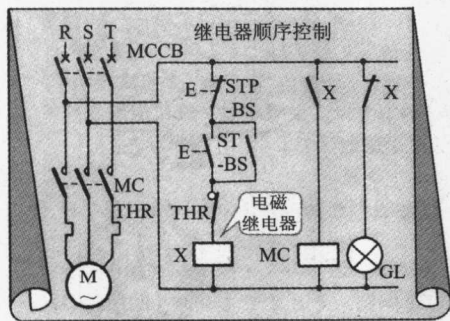
所谓电磁继电器是指当电磁线圈通过励磁电流时,电磁继电器触点相应断开或者吸合;当无励磁电流通过时做出相反动作。

●优点●

- (1) 开闭负荷容量大
- (2) 过负荷能力大
- (3) 电气噪声相对稳定
- (4) 温度性能良好
- (5) 输入与输出能够分离
- (6) 动作状态容易确定

●缺点●

- (1) 消耗电量大
- (2) 因触点接触处有损耗,故有一定使用寿命
- (3) 响应速度慢
- (4) 抵抗机械振动、冲击能力较弱
- (5) 较难实现外形小型化



2

无触点顺序控制

无触点顺序控制

无触点顺序控制是指在控制系统中逻辑单元通过半导体无触点继电器构成的顺序控制。

所谓无触点继电器是指继电器无可动触点部分,它与有触点继电器性能没有区别,只不过是利用二极管、晶体管、IC 集成电路等半导体开关元件的继电器。

●优点●

- (1) 响应速度快
- (2) 耐高频使用,寿命长
- (3) 精度高,响应时间长,灵敏度高。
- (4) 对振动、冲击的不良反应小
- (5) 装置可小型化

●缺点●

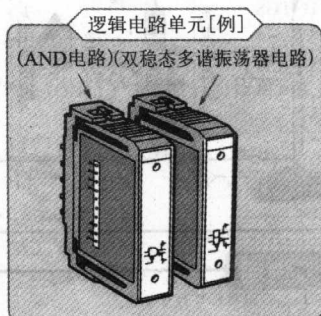
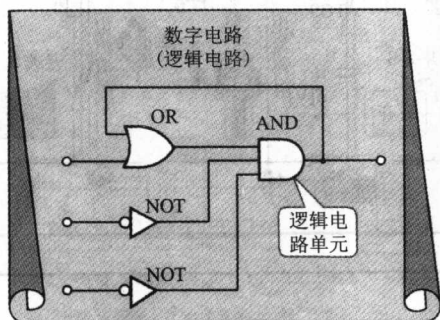
- (1) 抵抗电气噪声、干扰能力弱
- (2) 温漂大
- (3) 需要其他电源

数字电路

数字信号是利用逻辑状态相反的“0”、“1”进行表示的。它们对应继电器顺序控制中触点的开和合、无触点顺序控制中电压的低和高,信号的无和有等等。处理数字信号的电路称为数字电路。

数字电路由逻辑单元(例:数字 IC)组合而成,所以也称逻辑电路。

所谓逻辑是指一种符合情理的思考方式。逻辑电路图及逻辑符号等在无触点顺序控制中用数字 IC 表达场合多,而在继电器顺序控制中一般用触点和线圈表示。



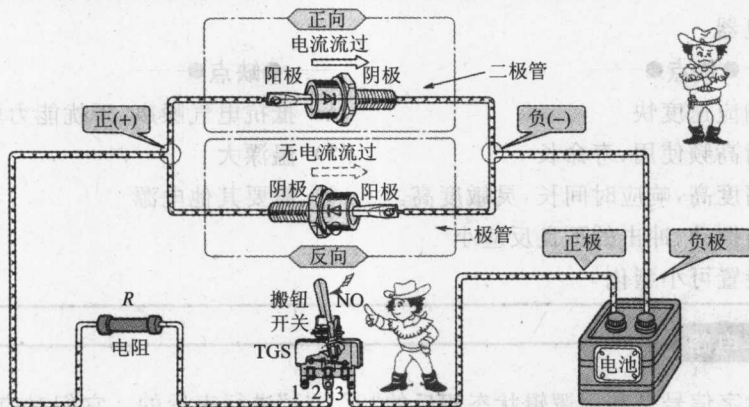
1.2 二极管、晶体管的开关动作

1 二极管的开关动作

二极管的开关动作

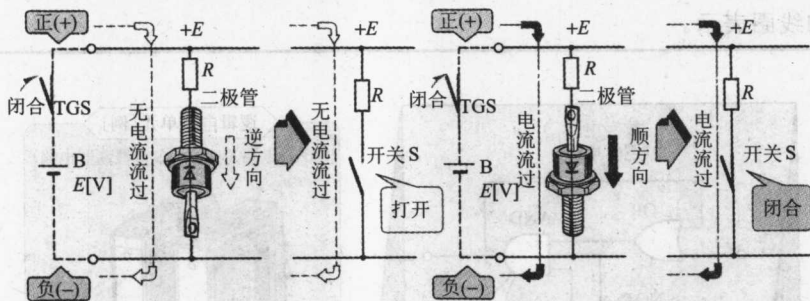
实际接线图

二极管根据外加电压的极性,具有电流正向导通,反向截止的性质。利用这种性质来控制电路的开闭称二极管的开关动作。



与开关打开(OFF)相同动作和与开关闭合(ON)相同动作

二极管外加反向电压时电流不能流过,此时与开关 S 打开(OFF)作用相同。二极管外加正向电压时电流流过,此时与开关 S 闭合(ON)作用相同。



详细说明

关于二极管的开关动作详见 3.2 节“二极管的开关动作”。

2 晶体管的开关动作

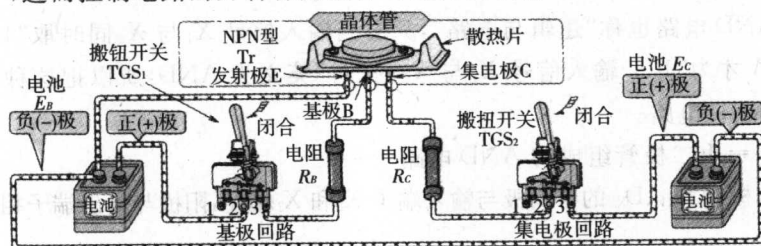
晶体管的开关动作

实际接线图

闭合晶体管基极回路的搬扭开关 TGS_1 、集电极回路的搬扭开关 TGS_2 ，则基极有电流 I_B 流过，集电极有电流 I_C 流过，此时晶体管 Tr 处于“ON 状态”。

打开晶体管基极回路的搬扭开关 TGS_1 ，则基极没有电流 I_B 流过，集电极也没有电流 I_C 流过，晶体管处于“OFF 状态”。

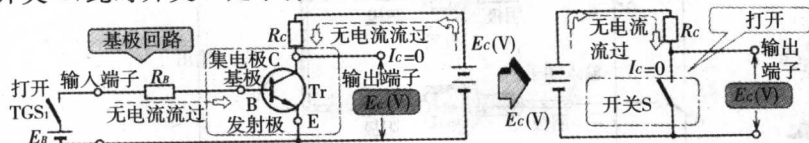
这样，通过改变晶体管基极电流 I_B 的大小来控制“ON 状态”和“OFF 状态”，进而控制电路的开合称为晶体管的开关动作。



晶体管的“OFF 动作”

开关的“OFF 动作”

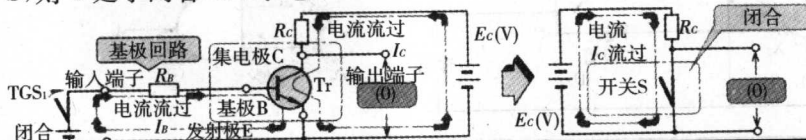
打开基极回路的搬扭开关 TGS_1 ，则基极没有电流 I_B 流过，集电极也没有电流 I_C 流过，此时集电极 C 与发射极 E 视为打开状态，如把晶体管看成开关 S，此时开关 S 处于打开 OFF 状态。



晶体管的“ON 动作”

开关的“ON 动作”

闭合基极回路的搬扭开关 TGS_1 ，则基极有电流 I_B 流过，集电极也有电流 I_C 流过，此时集电极 C 和发射极 E 视为闭合状态，如把晶体管看成开关 S，则 S 处于闭合 ON 状态。



详细说明

关于晶体管的开关动作详见 3.3 节“晶体管的开关动作”。

1.3 无触点顺序控制的逻辑电路

1 AND 电路原理

逻辑电路

数字电路

逻辑电路是指为实现 AND、OR、NOT 等的逻辑运算，由二极管、晶体管等半导体元件构成的电路。

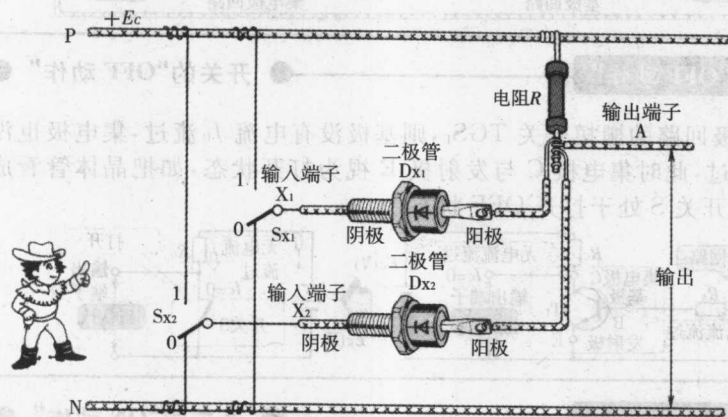
AND 电路

实际接线图

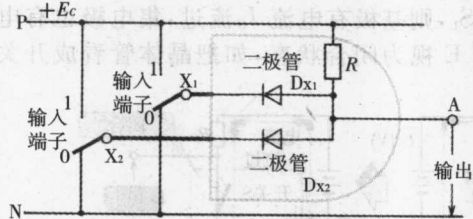
AND 电路也称“逻辑与电路”，只有当输入信号 X_1 与 X_2 同时取“1”时，输出 A 才为“1”。输入信号 X_1 与 X_2 的“与”英文为 AND，所以把这种电路称为 AND 电路。

——由二极管组成的 AND 电路——

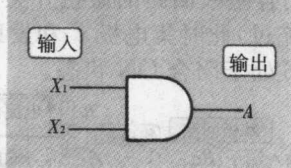
二极管 D_{X1} 、 D_{X2} 的各阴极与输入端子 X_1 和 X_2 相连，阳极与输出端子相连。



(AND 电路原理电路图[例])



逻辑符号 (数字电路)



详细说明

关于 AND 电路详见 5.2 节“逻辑与电路(AND 电路)解析”。

2 OR 电路与 NOT 电路原理

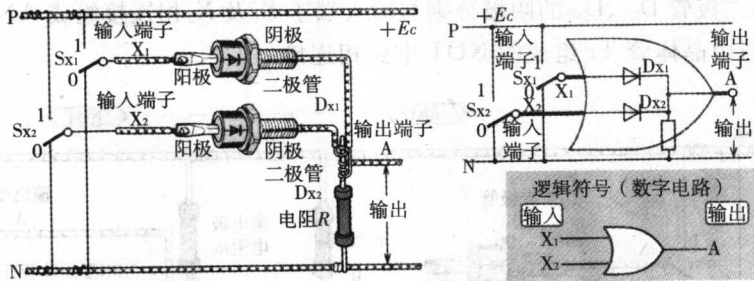
OR 电路

实际接线图

OR 电路也称为“逻辑或电路”，当输入信号 X_1 或 X_2 中任何一个或者两个都为“1”时，输出 A 为“1”。输入信号 X_1 或 X_2 的“或”英文为 OR，所以把这种电路称为 OR 电路。

——由二极管组成的 OR 电路——

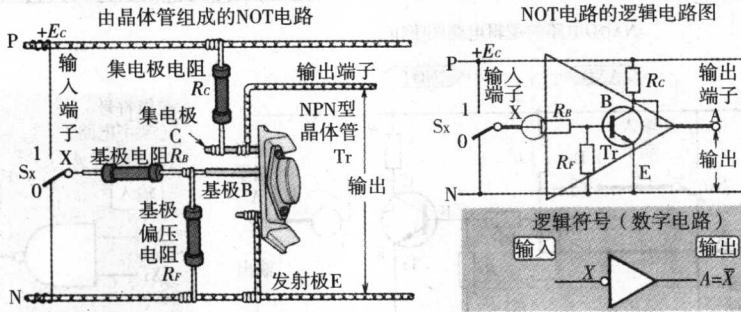
二极管 D_{X1} 、 D_{X2} 的各阳极与输入端子 X_1 和 X_2 相连，阴极与输出端子相连。



NOT 电路

实际接线图

NOT 电路也称为“逻辑非电路”，当输入信号 X 为“0”时，输出信号 A 为“1”；相反当输入信号 X 为“1”时，输出信号 A 为“0”，即输出为输入相对取反（英文为 NOT）。



详细说明

关于 OR 电路详见 5.3 节“逻辑或电路 (OR 电路) 解析”。关于 NOT 电路详见 5.4 节“逻辑非电路 (NOT 电路) 解析”。

3

NAND 电路原理

NAND 电路

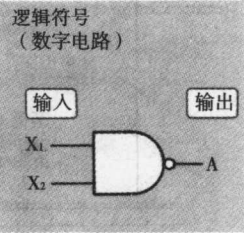
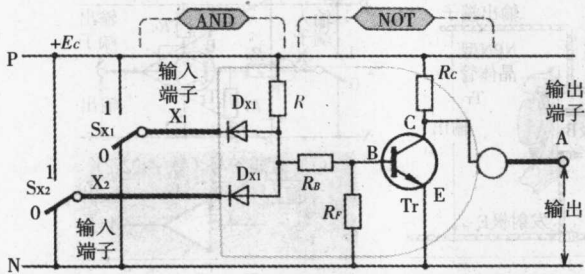
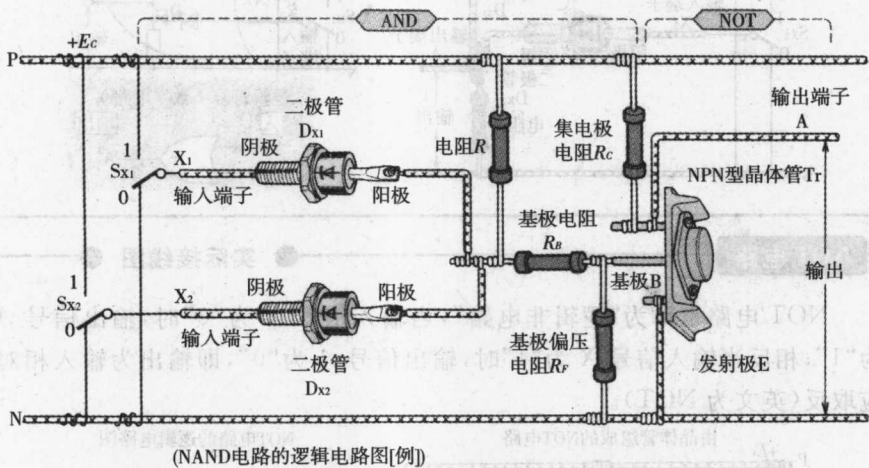
实际接线图

NAND 电路也称为“逻辑与非电路”，它是只有当输入信号 X_1 及 X_2 两者都为“1”时输出 A 才为“0”，与 AND 电路的输出恰好相反。

NAND 电路是由 AND 电路和 NOT 电路组合而成，因是 AND 电路逻辑取反，故在 AND 前加了 NOT 的首字母“N”，从而成为 NAND 电路。

——由二极管、晶体管组成的 NAND 电路(例)——

将二极管 D_{X1} 、 D_{X2} 的阴极分别与输入端子 X_1 及 X_2 相连接组成 AND 电路，再与由晶体管 Tr 组成的 NOT 电路相连接。



详细说明

关于 NAND 电路详见 5.5 节“逻辑与非电路(NAND 电路)解析”。

4 NOR 电路原理

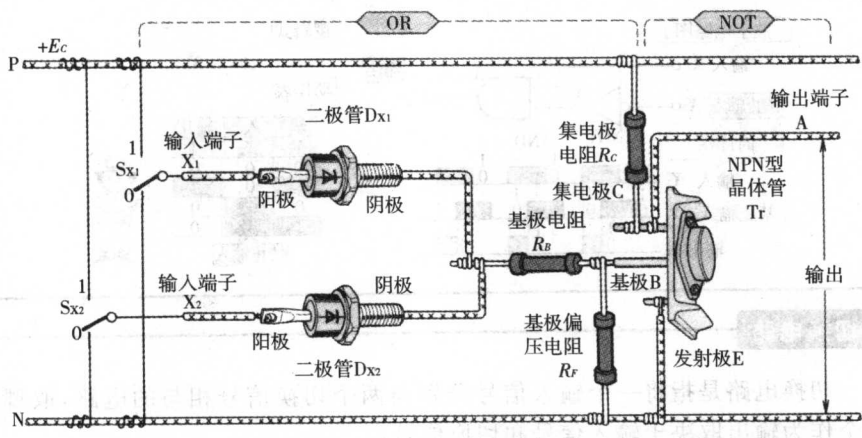
NOR 电路 实际接线图

NOR 电路也称为“逻辑或非电路”，当输入信号 X_1 、 X_2 任何一个或者两个都为“1”时，输出 A 都为“0”，它与 OR 电路输出相反。

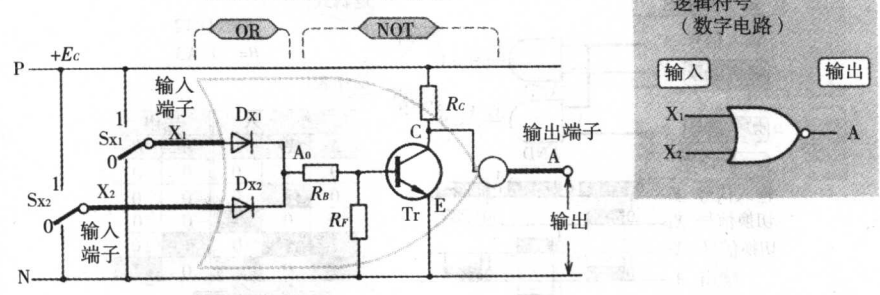
NOR 电路由 OR 电路和 NOT 电路组合而成，因是 OR 电路逻辑取反，故在 OR 前加了 NOT 的首字母“N”，从而成为 NOR 电路。

——由二极管、晶体管组成的 NOR 电路(例)——

将二极管 D_{X1} 、 D_{X2} 的阳极分别与输入端子 X_1 及 X_2 相连接组成 OR 电路，再与由晶体管 Tr 组成的 NOT 电路连接。



(NOR 电路的逻辑电路图[例])



详细说明

关于 NOR 电路详见 5.6 节“逻辑或非电路(NOR 电路)解析”。

1.4 数字电路的基本电路

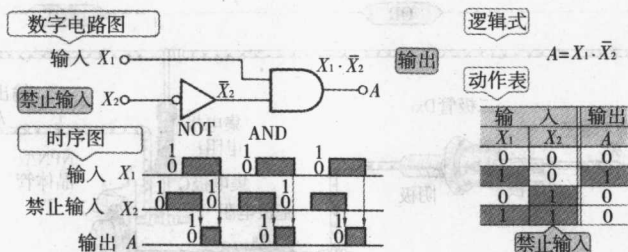
1 禁止电路和切换电路原理

数字电路的基本回路

数字电路可以说是由各种基本电路构成的控制电路,下面我们介绍一些主要的基本电路。

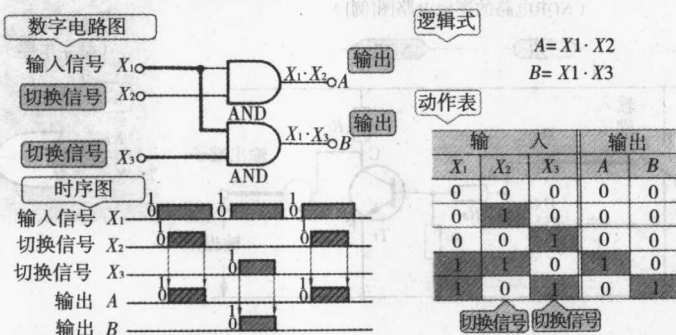
禁止电路

禁止电路是将 AND 电路的一个输入与 NOT 电路组合形成一个禁止输入端,当这个禁止输入端 X_2 为“1”时,输入 X_1 就被禁止,输出不可能为“1”。



切换电路

切换电路是指将一个输入信号分别与两个切换信号相与的电路,取哪一个作为输出取决于输入信号和切换信号。



详细说明

禁止电路详见 7.1 节“禁止电路解析”。

切换电路详见 7.2 节“切换电路解析”。