

中等专业学校教材

电子技术基础

(模块式教材)

数字部分

南京电力高等专科学校 杨志忠 编



中等专业学校教材

电子技术基础

(模块式教材)

数字部分

南京电力高等专科学校 杨志忠 编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书是“中等专业学校教材电子技术基础(模块式教材)”中的一个分册。该套教材包括《模拟基础部分》、《数字基础部分》、《电力专业部分》、《模拟部分》、《数字部分》、《实践部分》和《课程设计部分》七个模块。

全书以分析数字集成电路的逻辑功能为主线,介绍了数字集成电路的基本原理、逻辑功能、组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析方法、设计方法,突出了中规模集成电路的应用。

全书共分六章,主要内容包括:逻辑门电路和逻辑代数、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、数/模转换器和模/数转换器。各章都有思考题和习题。

本书叙述概念清楚、重点明确、文字简炼、通俗易懂、便于自学。

本书为中等专业学校发电配电、热动力等电力类、热力类“电子技术基础”的统编教材,也可作为电子类、自动化类等有关专业的师生和工程技术人员的参考书。

中等专业学校教材

电子技术基础(模块式教材)

数 字 部 分

南京电力高等专科学校 杨志忠 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 9印张 204千字
1994年10月第一版 1994年10月北京第一次印刷

印数 0001—3870册

ISBN 7-120-02060-9/TM·554

定价 5.25元

前 言

“电子技术基础”模块式教材是电力中等专业学校第三轮教材中的改革试点教材。它是按照电力工程类、热能动力类和管理类有关专业（其中包括热自、通信、发电、热动和用电等专业）的“电子技术基础”课程教学大纲要求编写的。全书包括“模拟基础部分”、“数字基础部分”、“电力专业部分”、“模拟部分”、“数字部分”、“实践部分”和“课程设计部分”等七个模块。

两个“基础部分”分别介绍模拟和数字电路中常用的元器件和最基本的单元电路，是各专业学习“电子技术基础”的通用模块。“电力专业部分”主要介绍发电专业常用的电子电路及其应用；“模拟部分”和“数字部分”主要介绍热自和通信等专业常用的电子电路及其应用。以上三部分都是专业模块。“实践部分”是各专业进行实验教学和电子工艺实习的模块。“课程设计部分”是热自和通信等专业指导课程设计用的模块。

上述七个模块适用专业的范围和参考学时数列于下表。

| 序号 | 模块名称 | 适用专业 | 学时数 |
|----|--------|---------------------------------|-----------|
| 1 | 模拟基础部分 | 热动、用电、发电、热自、通信等专业通用 | 55 |
| 2 | 数字基础部分 | | 45 |
| 3 | 实践部分 | 热动、发电、热自专业 | 24、40、44* |
| 4 | 电力专业部分 | 发电、发电运行、发变电安装和检修、继电保护和自动装置、高压技术 | 30 |
| 5 | 模拟部分 | 热自、热工计量、电能计量、无线通信、载波、电测、远动、计算机 | 50 |
| 6 | 数字部分 | | 40 |
| 7 | 课程设计部分 | | 三周 |

* 分别为热动、发电、热自专业的学时数。

按照此表，将通用模块和有关专业模块进行组合，可满足众多专业对电子技术教学的不同要求，这是模块教材的一大特点。

本书覆盖的专业面大，各专业在组织教学时可参照大纲要求，对教材进行必要的增删，处理好各模块之间的衔接和联系，避免脱节和过多重复，以实现教学效果的整体优化。

现行教学大纲是1987年制定的。近年来电子技术发展很快，在电力生产中的应用越来越广，因此，本书在内容和要求方面作了必要的调整，以体现“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的精神。

整套教材的组织、规划和统稿工作由编委会负责。编委会由以下三人组成：

陈汉秋（负责人）、蔡德厚、颜世仓。

“模拟基础部分”由南京电力高等专科学校张若辉编；“数字基础部分”由江西电力学校陈汉秋编。两个“基础部分”均由东北水电专科学校李德润主审。

“电力专业部分”由成都水力发电学校余祯铭主编（编写第一、二、四章），东北水电专科学校谷树忠参编（编写第三章）。该部分由郑州电力学校刘汉华主审。

“模拟部分”由西安电力学校蔡德厚主编（编写第一、二章），合肥电力学校邓晓霞参编（编写第三、四、五章）。该部分由沈阳电力高等专科学校陈才贤主审。

“数字部分”由南京电力高等专科学校杨志忠编，由山东电力学校张颀主审。

“实践部分”由长春电力学校颜世仓编，由郑州电力学校刘汉华主审。

“课程设计部分”由沈阳电力高等专科学校熊宝辉编，由重庆电力学校蒋水薪主审。

在本教材编写过程中，得到中国电力企业联合会教育培训部的大力支持和电力教研会的具体指导。江西电力学校、合肥电力学校、成都水力发电学校、郑州电力学校和大连电力学校承办了模块教材研讨会，并给予热情帮助。在此一并表示感谢。

“电子技术基础”模块式教材是改革试点教材，尚无成功经验可以借鉴，虽经多次讨论和修改，但错误和不妥之处仍难免。我们殷切希望使用本教材的师生提出意见和建议，并恳请广大读者批评指正，以进一步搞好这项试点工作。

电力中等专业学校“电子技术基础”

模块式教材编委会

1991年9月

序 言

本书是根据能源部（现为电力工业部）批准的电类专业电子技术基础课程数字集成电路部分的教学要求编写的，是中等专业学校电子技术基础模块教材的数字集成电路部分。它和其它模块教材既互相配合，又自成体系，可作为数字集成电路教材单独使用。

数字集成电路是一门应用性很强、发展又很快的专业技术基础课。为了适应电力工业迅速发展的需要，在做了多方面调研的基础上，编写了这本教材。编写的指导思想是：①内容紧靠课程教学基本要求，贯彻少而精原则、突出基本概念、讲清基本原理、基本分析方法和基本设计方法；②本书以小规模集成电路作引路，以中规模集成电路为主线组织教学内容，突出和加强了数字逻辑部件外部逻辑功能的分析和应用；③数字集成电路的产品种类很多，不求面面俱到，而是通过对典型集成电路的分析和应用，培养学生分析和设计简单数字逻辑系统的能力；④在编写过程中，力求重点突出、深入浅出、文字简炼、通俗易懂、便于自学；⑤考虑到本课程具有应用性和实践性很强的特点，应大力加强实验，同时，在思考题和习题中还安排有一定数量的设计性习题，做完这类习题后，学生可到实验室进行接线调试，培养学生应用所学知识解决实际问题的能力。

本书第一、三章由南京电力高等专科学校章忠全老师提供。山东电力学校张頔主审了本书，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，缺点和错误在所难免，恳请兄弟学校的老师和读者提出批评和改进意见。

编 者

1993年12月

目 录

| | |
|----------------------|-----|
| 前 言 | |
| 序 言 | |
| 绪论 | 1 |
| 第一章 逻辑门电路和逻辑代数 | 3 |
| 第一节 分立元件门电路 | 3 |
| 第二节 TTL集成逻辑门电路 | 7 |
| 第三节 CMOS集成逻辑门电路 | 14 |
| 第四节 逻辑代数基础 | 20 |
| 思考题和习题 | 29 |
| 第二章 组合逻辑电路 | 33 |
| 第一节 组合逻辑电路的分析和设计 | 33 |
| 第二节 常用组合逻辑部件 | 38 |
| 第三节 用中规模集成电路设计组合逻辑电路 | 51 |
| 思考题和习题 | 54 |
| 第三章 集成触发器 | 57 |
| 第一节 触发器的基本形式 | 57 |
| 第二节 主从触发器 | 60 |
| 第三节 边沿触发器 | 62 |
| 思考题和习题 | 67 |
| 第四章 时序逻辑电路 | 71 |
| 第一节 移位寄存器 | 71 |
| 第二节 计数器 | 74 |
| 第三节 顺序脉冲发生器 | 90 |
| 第四节 时序逻辑电路的分析和设计 | 92 |
| 思考题和习题 | 98 |
| 第五章 脉冲信号的产生与整形 | 102 |
| 第一节 施密特触发器 | 102 |
| 第二节 单稳态触发器 | 105 |
| 第三节 多谐振荡器 | 111 |
| 第四节 集成555定时器 | 114 |
| 思考题和习题 | 119 |
| 第六章 数/模转换器和模/数转换器 | 121 |
| 第一节 D/A转换器 | 121 |
| 第二节 A/D转换器 | 128 |
| 思考题和习题 | 136 |
| 参考文献 | 138 |

绪 论

一、数字电路的特点

电子电路的信号分为两类。一类是模拟信号，其特征是无论在时间上还是在幅度大小上都是连续变化的，用以传递、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路；另一类是数字信号，其特征是无论在时间上还是在幅度大小上都是断续的，即离散的，用以传递、加工和处理数字信号的电路称为数字电路。和模拟电路相比，数字电路主要有如下特点。

(1) 数字电路采用二进制数。二进制数每位只有0或1两种状态，因此，具有两个稳定状态的器件都可用来表示二进制数的两个数码，所以，数字电路的基本单元比较简单，对元器件的要求也不严格，允许其参数有较大的分散性，只要能区分两个截然不同的状态就可以了，这对实现数字电路的集成化是十分有利的。

(2) 抗干扰能力强。由于数字信号是用0和1两个状态来表示的，不易受外界信号的干扰，因此，它的抗干扰能力较强。

(3) 精度高。由于数字信号的精度与数字的位数有关，因此，增加二进制数的位数可提高它的精度。

(4) 保密性好。在数字电路中可对信号进行加密处理，使数字信息不易被窃取。

(5) 数字电路便于集成化。集成电路具有使用方便、可靠性高、价格低廉等许多优点。而数字电路的结构比较简单，容易制造，因此便于集成化。

(6) 通用性强。数字电路可采用各种标准数字集成部件组成实现各种逻辑要求的数字系统。

二、数字集成电路的分类

数字集成电路的种类很多，按集成度可分成以下几类。

(1) 小规模集成电路 (SSI)。其集成度为1~10门/片或10~100个元器件/片，主要是逻辑单元电路，如各种逻辑门电路、集成触发器等。

(2) 中规模集成电路 (MSI)。其集成度为10~99门/片或100~999个元器件/片，主要是逻辑功能部件，如译码器、编码器、数据选择器、比较器、寄存器、计数器等。

(3) 大规模集成电路 (LSI)。其集成度为100~9999门/片或1000~99999个元器件/片，主要是数字逻辑系统，如微型计算机中的中央处理器、存储器等。

(4) 超大规模集成电路 (VLSI)。其集成度为10000门/片以上或100000个元器件/片以上，主要是高集成度的较大的数字逻辑系统，如单片计算机等。

三、中规模数字集成电路的特点

中规模数字集成电路具有如下特点：

(1) 具有通用性。一个功能集成芯片可实现多种功能。

(2) 能自扩展。将多个功能芯片进行适当连接后能扩展成位数更多、更复杂的部件。

- (3) 具有兼容性。便于不同品种和功能的电路混合使用。
- (4) 功耗小。其内部采用了简化结构,降低了功耗,提高了电路工作的可靠性。
- (5) 输入负载轻。采用了缓冲级。
- (6) 工作速度高。内部各单元间的连线很短,分布电容很小。

四、本课程的学习内容

本课程以数字集成电路为中心,小规模集成电路为基础,逻辑代数为工具,介绍数字电路的分析方法、设计方法和数字集成电路的逻辑功能及其使用方法。本课程主要学习集成逻辑门电路和逻辑代数、集成触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号的产生和整形、D/A和A/D转换器等内容。

五、数字集成电路的学习方法

学习数字集成电路的方法如下。

(1) 在数字集成电路中,所有变量都可用0和1两个对立状态来表示。因此,在讨论数字集成电路的过程中只需关心电平的高和低、信号的有和无等,而不需关心某个变量数值的大小。

(2) 重点掌握集成逻辑单元和逻辑部件的功能、使用方法及其功能扩展。数字集成电路的种类虽然很多,但只要掌握了数字集成电路的分析方法和设计方法,对数字集成电路的逻辑功能是不难理解的。

(3) 逻辑代数是研究数字集成电路的工具,它主要研究输入和输出变量之间的逻辑关系,应掌握逻辑函数的基本运算和化简方法。

(4) 数字集成电路是一门实践性和应用性很强的技术基础课程,因此,只有重视本课程的实验和课程设计,才能达到本课程的学习要求。

第一章 逻辑门电路和逻辑代数

逻辑门电路一般是利用电路的输入信号作为条件，输出信号作为结果，从而使电路的输出与输入之间有一定的因果关系，即逻辑关系。最基本的逻辑门电路有与门、或门和非门。由于数字集成电路的迅速发展，常用的基本逻辑门还有与非门、或非门、与或非门等。它们是构成数字逻辑电路的基本单元电路。

本章先介绍分立元件门电路和集成逻辑门电路，然后介绍逻辑电路分析和设计中的基本数学工具——逻辑代数。

第一节 分立元件门电路

一、二极管与门和或门

(一) 二极管与门

图1-1-1所示为二极管与门电路和它的逻辑符号。图中A、B为输入端，Y为输出端。

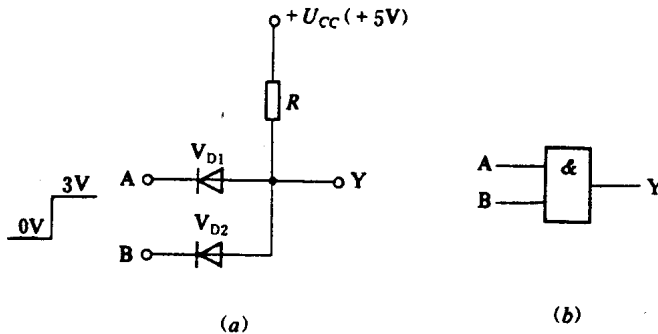


图 1-1-1 二极管与门电路
(a) 电路；(b) 逻辑符号

设输入信号的高、低电平分别为3V和0V， V_{D1} 、 V_{D2} 为理想二极管。由图可见，只要输入A、B中有一个或两个为低电平0V时，相应二极管导通，输出Y便为低电平0V；只有当A、B都为高电平3V时， V_{D1} 、 V_{D2} 同时导通，Y才为高电平3V。

如果高电平用1表示，低电平用0表示时，则Y与A、B之间的逻辑关系可用表1-1-1表示。这种把输入和输出之间所有可能出现的逻辑关系都列在同一表格中，这种表格称为真值表。

由表1-1-1可见，Y与A、B之间的关系为：只要输入A、B中有一个为0时，输出Y便为0；只有当输入A、B都为1时，输出Y才为1。这种关系称为与逻辑

表 1-1-1 与门真值表

| 输入 | | 输出 |
|----|---|----|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

关系，其逻辑表达式（又称逻辑函数式）为

$$Y = A \cdot B \quad (1-1-1)$$

式中，乘号“·”表示逻辑与，也称逻辑乘。为简单起见，“·”可以省略，写作 $Y = AB$ 。

(二) 二极管或门

图1-1-2所示为二极管或门电路和它的逻辑符号。由图可见，只要输入A、B中有一个为高

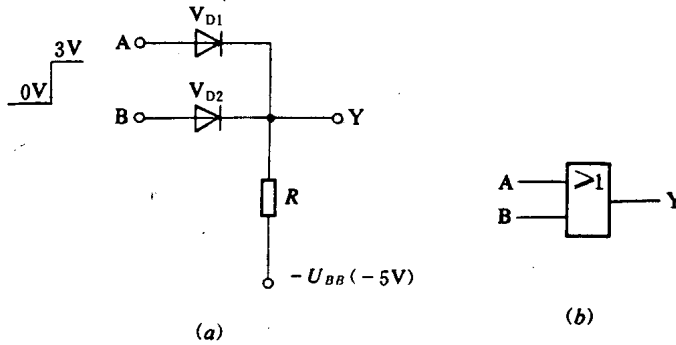


图 1-1-2 二极管或门电路

(a) 电路；(b) 逻辑符号

电平1时，输出Y便为高电平1；只有当输入A、B都为低电平0时，输出Y才为低电平0。因此，Y与A、B之间的关系称为或逻辑关系。其真值表如表1-1-2所示。逻辑表达式为

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

式中，加号“+”表示逻辑或，也称逻辑加。

二、三极管非门

图1-1-3所示为由三极管组成的非门电路及其逻辑符号。由图可知，当输入A为低电平0时， $-U_{BB}$ 经 R_1 、 R_2 分压使三极管发射结为反偏而可靠截止，输出Y为高电平1；当输入A为高电平1时，只要电路参数选择合适，满足三极管饱和条件，输出Y便为低电平0。由此可见，对于图1-1-3所示电路，其真值表如表1-1-3所示。这种输出总是否定输入的逻辑关系称为非逻辑，其逻辑表达式为

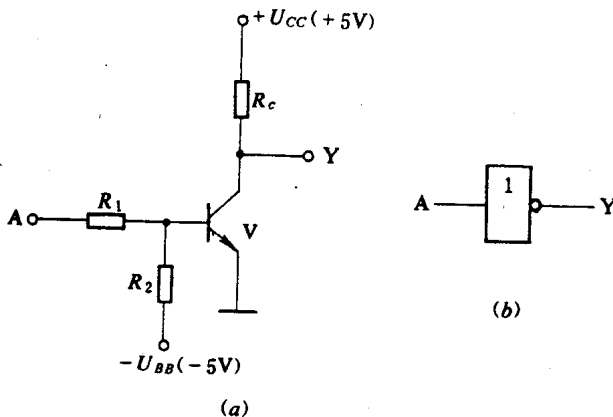


图 1-1-3 三极管非门

(a) 电路；(b) 逻辑符号

表 1-1-2 或门真值表

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

表 1-1-3 非门真值表

| 输 入 | 输 出 |
|-----|-----|
| A | Y |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

$$Y = \overline{A}$$

(1-1-3)

式中，“ \overline{A} ”读作A非。

由于非门输出信号总与输入的反相，故又称反相器。

三、复合逻辑门电路

(一) 与非门

图1-1-4所示为与非门电路及其逻辑符号。由图可见，虚线的左边部分为二极管与门，

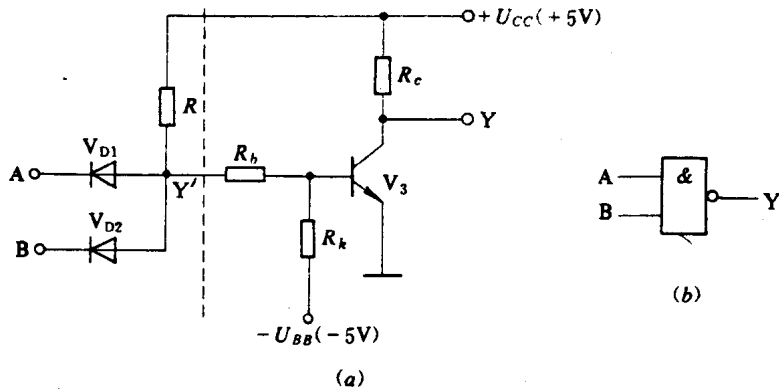


图 1-1-4 与非门电路

(a)电路；(b)逻辑符号

其逻辑关系为

$$Y' = A \cdot B$$

虚线的右边部分为非门，其逻辑关系为

$$Y = \overline{Y'} = \overline{A \cdot B} \quad (1-1-4)$$

式(1-1-4)表示，整个电路的输出Y与输入A、B之间的逻辑关系为先与后非，即与非逻辑关系，其真值表如表1-1-4所示。由此可见，与非门的逻辑功能是：当输入有一个或几个为0时，输出为1；当输入全为1时，输出为0。

(二) 或非门

图1-1-5所示为或非门电路及其逻辑符号。由图可得逻辑表达式为

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

式(1-1-5)表示，整个电路的输出Y与输入A、B间的逻辑关系为先或后非，即或非逻辑关系，其真值表如表1-1-5所示。由此可见，或非门的逻辑功能是：当输入有一个或几个

表 1-1-4 与非门真值表

| 输入 | | 输出 |
|----|---|----|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

表 1-1-5 或非门真值表

| 输入 | | 输出 |
|----|---|----|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

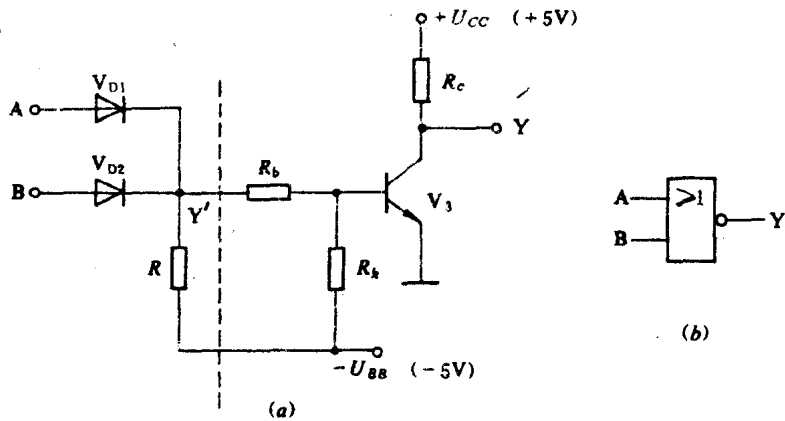


图 1-1-5 或非门电路

(a) 电路; (b) 逻辑符号

为 1 时, 输出为 0; 当输入全为 0 时, 输出为 1。

四、正逻辑与负逻辑

为便于分析逻辑电路的功能, 在数字电路中规定: 如用 1 表示高电平, 0 表示低电平时, 则称为正逻辑; 反之, 如用 0 表示高电平, 1 表示低电平时, 则称为负逻辑。对于逻辑电路, 采用不同的逻辑体制, 其逻辑功能是不同的。表 1-1-6(a) 为图 1-1-1(a) 所示门电路的电压真值表。采用正逻辑体制时, 如表 1-1-6(b) 所示, 为正与逻辑, 则图 1-1-1(a) 为正与门; 采用负逻辑体制时, 如表 1-1-6(c) 所示, 为负或逻辑, 则图 1-1-1(a) 又为负或门。

表 1-1-6

正逻辑和负逻辑的规定

| (a) 电压真值表 | | | (b) 正与真值表 | | | (c) 负或真值表 | | |
|-----------|----|----|-----------|---|---|-----------|---|---|
| A | B | Y | A | B | Y | A | B | Y |
| 0V | 0V | 0V | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0V | 3V | 0V | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3V | 0V | 0V | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 3V | 3V | 3V | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

表 1-1-6(b) 所示正与逻辑表达式为 $Y = A \cdot B$, 比较表 1-1-6(b)、(c) 可知, 要获得负或逻辑, 只要将正与门输入 A、B 求反取或, 再将输出 Y 求反, 便得到负或门, 其逻辑表达式为 $\bar{Y} = \bar{A} + \bar{B}$ 。

根据上述变换规则, 可得图 1-1-6 所示的几种常用逻辑门的正、负逻辑符号的等效变换关系。

正、负逻辑的等效变换规则如下:

(1) 将原图 (左侧图) 中的与门改为或门, 或门改为与门。

(2) 将原图中没有小圆圈的输入端和输出端, 加上小圆圈; 而有小圆圈的, 则去掉小圆圈。

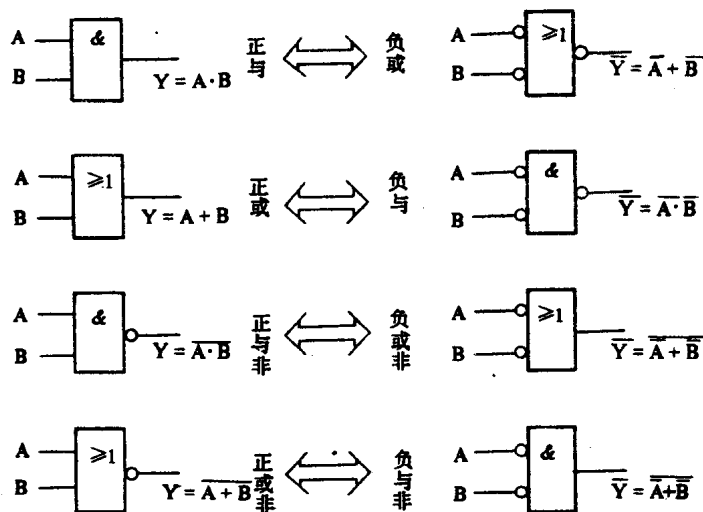


图 1-1-6 正、负逻辑符号的等效变换

(3) 门电路输入端和输出端加小圆圈都表示反相。

正、负逻辑的等效变换也可利用第四节中介绍的摩根定律实现。

在本书中，如未加说明时，则一律采用正逻辑体制。

第二节 TTL集成逻辑门电路

TTL集成电路是晶体管——晶体管逻辑门电路的简称。由于采用了成熟的制造工艺，因此，它具有参数稳定、工作可靠、开关速度高等优点，是目前广泛应用的数字集成电路之一。在国产TTL集成电路中，主要系列品种有：T1000系列（相当于国际SN54/74通用系列）、T2000系列（相当于国际SN54H/74H高速系列）、T3000系列（相当于国际SN54S/74S肖特基系列）和T4000系列（相当于国际SN54LS/74LS低功耗肖特基系列）。下面介绍目前使用较多的T3000系列和T4000系列TTL与非门电路和其他形式的TTL门电路。

一、T3000系列与非门

(一) 电路组成

图1-2-1所示为T3000系列与非门电路。图中 V_1 为多发射极晶体管，它和 R_1 构成输入级，实现与逻辑功能。输入端二极管 V_{D1} 、 V_{D2} 、 V_{D3} 用以限制过高的负向输入电压。当输入负向电压超过一定值时，二极管导通，使输入的负向电压被箝在二极管的导通电压上，从而保护了 V_1 管； V_2 、 R_2 和 V_6 组成中间级，也称分相电路。 V_2 的集电极和发射极同时输出两个相位相反的信号，分别驱动 V_3 和 V_5 ； V_3 、 V_4 、 V_5 和 R_4 、 R_5 组成互补输出级，其中 V_3 、 V_4 为达林顿结构，以提高电路的负载能力。另外，虚线框内的 V_6 、 R_3 、 R_6 组成 V_5 管基极回路的有源泄放电路，以提高电路的工作速度。

(二) 逻辑功能

(1) 当输入端有一个或几个为低电平 $U_{IL} = 0.3V$ 时，输出为高电平 $U_{OH} = 3.6V$ 。若输

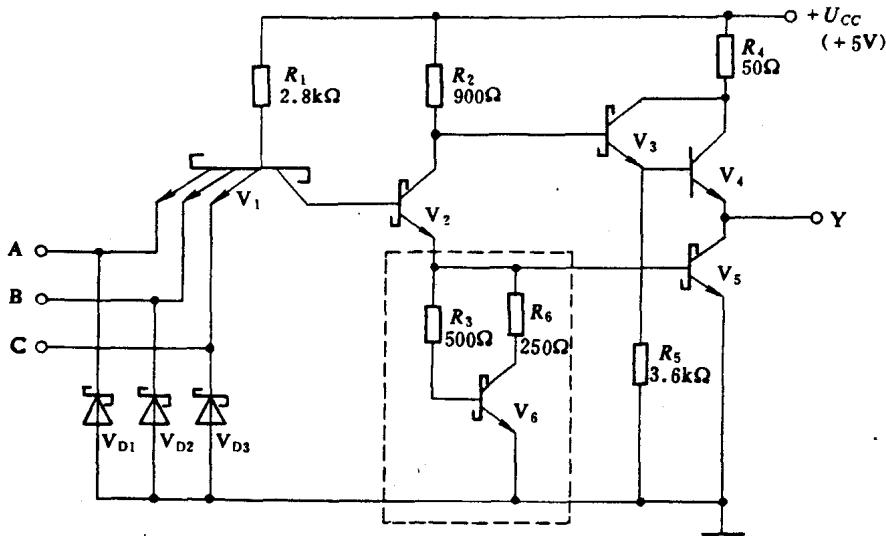


图 1-2-1 T3000系列与非门电路

入A为低电平 $U_{ILA} = 0.3V$ 时，电源 U_{CC} 经 R_1 使 V_1 管基极到A端的发射结导通，这时， V_1 基极电压 $U_{B1} = U_{ILA} + U_{BE} = 0.3 + 0.7 = 1V$ 。它不足以使 V_1 的bc结和 V_2 、 V_5 的be结导通，故 V_2 、 V_5 截止。由于 V_1 集电极电阻极大，使 V_1 工作在深饱和状态， $U_{CE(sat)1} \approx 0.1V$ ，又由于 I_{B3} 很小，故 $U_{C2} \approx U_{CC} = 5V$ ，使 V_3 、 V_4 导通，因此，输出高电平 $U_{OH} = U_{C2} - U_{BE3} - U_{BE4} = 5 - 0.7 - 0.7 = 3.6V$ 。

(2) 当输入都为高电平 $U_{IH} = 3.6V$ 时，输出为低电平 $U_{OL} = 0.3V$ 。由于输入A、B、C都为高电平3.6V，电源 U_{CC} 经 R_1 和 V_1 的bc结向 V_2 、 V_5 提供足够大的基极电流，使 V_2 、 V_5 饱和，输出低电平 $U_{OL} = U_{CE(sat)5} \approx 0.3V$ 。这时 V_1 的基极电位 $U_{B1} = U_{BC1} + U_{BE2} + U_{BE5} = 0.7 + 0.7 + 0.7 = 2.1V$ ，集电极电位 $U_{C1} = U_{BE2} + U_{BE5} = 1.4V$ ，发射极电位 $U_{E1} = 3.6V$ 。所以， V_1 实际上处于发射结反偏、集电结正偏的倒置工作状态。由于 V_2 饱和，其集电极电压(即 V_3 的基极电压) $U_{C2} = U_{CE(sat)2} + U_{BE5} = 0.3 + 0.7 = 1V$ ，结果只能使 V_3 导通而 V_4 截止。

综上所述，图1-2-1所示电路的输入端中有一个或几个为低电平0时，输出即为高电平1；只有当输入端都为高电平1时，输出才为低电平0。因此，该电路具有与非功能，其逻辑表达式为

$$Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$$

(三) 工作速度

为了提高电路的工作速度，T3000系列在电路结构上采取了下列措施：

1. 采用抗饱和三极管

我们知道，晶体管集电结的正偏越大，饱和越深，基区存贮电荷就越多，管子由饱和转为截止时，基区存贮电荷消散的时间就越长，从而降低了电路的工作速度。如果在三极管的c、b极间并联一个肖特基二极管，便构成了抗饱和三极管，如图1-2-2(a)所示，图1-2-2(b)为它的符号。由于肖特基二极管的电荷存贮效应很小，其导通电压约为0.4V，当三极管b、c极间的电压达到0.4V时，肖特基二极管导通，集电结正向电压被箝在0.4V。

当基极电流增大时，由于肖特基二极管的分流作用，三极管只能工作在浅饱和状态，从而提高了管子的工作速度。因此，在T3000系列与非门电路中，除 V_4 在工作中不会进入饱和状态外，其余均采用了抗饱和三极管。

2. V_5 管基极回路采用有源泄放回路

在输入由低电平同时变为高电平的瞬间，由于 V_5 基极直接和 V_2 发射极相连，而 V_6 基极是经 R_3 与 V_2 发射极相连的，因此， V_5 将先于 V_6 导通，使 V_5 迅速饱和，从而缩短了开通时间。接着 V_6 导通，使 V_5 的基极电流减小而工作于浅饱和状态，这为缩短 V_5 的关闭时间创造了条件。

在输入由高电平变为低电平的瞬间， V_5 向截止转换，这时 V_6 仍处于导通状态，为 V_5 基区存贮电荷的泄放提供了一个低阻通路，从而加快了 V_5 的截止。

由此可见，有源泄放回路大大提高了TTL与非门的工作速度。

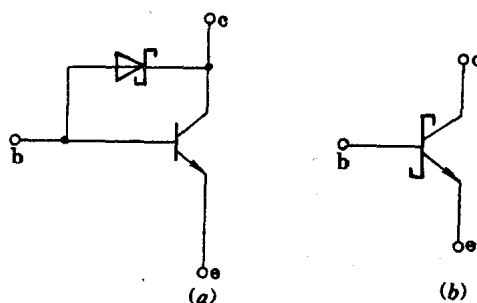


图 1-2-2 抗饱和三极管

(a) 电路结构; (b) 符号

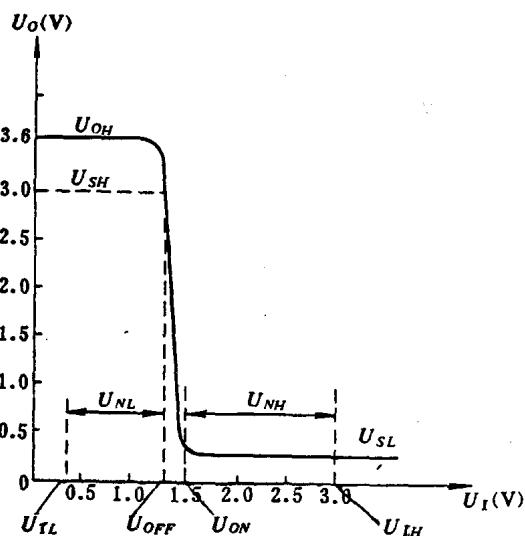


图 1-2-3 TTL与非门的电压传输特性

从电压传输特性上不仅可求得TTL与非门输出高电平 U_{OH} 和低电平 U_{OL} ，而且还可求得它的开门电平和关门电平。

2. 开门电平和关门电平

(1) 关门电平。输出为标准高电平 U_{SH} (常取 $U_{SH} = 3V$) 时，允许输入低电平的最大值称为关门电平，用 U_{OFF} 表示。由图1-2-3可知， $U_{OFF} \approx 1.3V$ 。显然，只有当 $U_I < U_{OFF}$ 时，与非门输出才为高电平。

(2) 开门电平。在额定负载下，输出为标准低电平 U_{SL} (常取 $U_{SL} = 0.3V$) 时，允许

(四) 电压传输特性和噪声容限

1. 电压传输特性

TTL与非门输出电压 U_o 随输入电压 U_i 变化的曲线称为电压传输特性，如图1-2-3所示。

当 $0 < U_i < 1.3V$ 时， V_2 的基极电压 $U_{B2} < 1.4V$ ， V_2 、 V_5 截止， V_3 、 V_4 导通，输出高电平 $U_{OH} = 3.6V$ ；当 $U_i = 1.3V$ 时， $U_{B2} = 1.4V$ ， V_2 导通。同时，由于有源泄放回路中 R_3 的存在，使 V_5 先于 V_6 导通。因此，一旦 V_2 导通， V_5 将随之导通，使输出电压 U_o 很快下降；当 U_i 继续增大时， V_5 已工作在饱和状态，这时输出低电平 $U_o = U_{OL} = 0.3V$ ，不再变化。

输入高电平的最小值，称为开门电平，用 U_{ON} 表示。由图1-2-3可知， $U_{ON} \approx 1.5V$ 。显然，只有当 $U_I > U_{ON}$ 时，与非门输出才为低电平。

3. 噪声容限

在实际工作中，与非门的输入信号上常会叠加一个噪声（干扰）电压，为保证与非门的正常逻辑功能，对噪声电压的大小应有一个限制。

(1) 输入低电平噪声容限。为保证输出为标准高电平 U_{SH} ，允许在输入低电平上所叠加的最大正向噪声电压，称为输入低电平噪声容限，用 U_{NL} 表示。由图1-2-3可得

$$U_{NL} = U_{OFF} - U_{IL} \approx 1.3 - 0.3 = 1V \quad (1-2-1)$$

(2) 输入高电平噪声容限。为保证输出为标准低电平 U_{SL} ，允许在输入高电平上所叠加的最大负向噪声电压，称为输入高电平噪声容限，用 U_{NH} 表示。由图1-2-3可得

$$U_{NH} = U_{IH} - U_{ON} \approx 3 - 1.5 = 1.5V \quad (1-2-2)$$

二、T4000系列与非门

T4000系列与非门是在T3000系列基础上发展起来的，简称LSTTL电路，典型电路如图1-2-4所示。与T3000系列相比，它有如下特点：

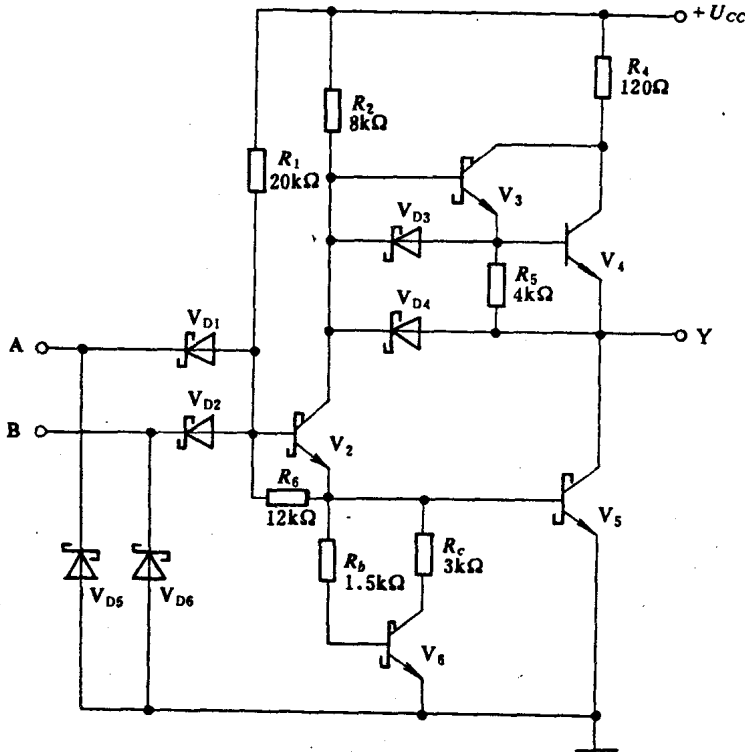


图 1-2-4 T4000系列与非门电路

(1) T4000系列与非门电路中电阻的阻值较大，进一步降低了电路的功耗。

(2) 输入与门由肖特基二极管 V_{D1} 、 V_{D2} 组成，在输入信号变化时瞬态响应很快，而且其结电容有助于向 V_2 基区注入或抽取电荷，有利于电路开关速度的提高。

(3) 输出级仍采用达林顿结构，但前级跟随器 V_3 的射极电阻 R_5 不再接地，而直接与输出端相接。这样，在 V_2 、 V_5 饱和时，提高了 V_3 的射极电位，使 V_3 近于截止，这不仅降