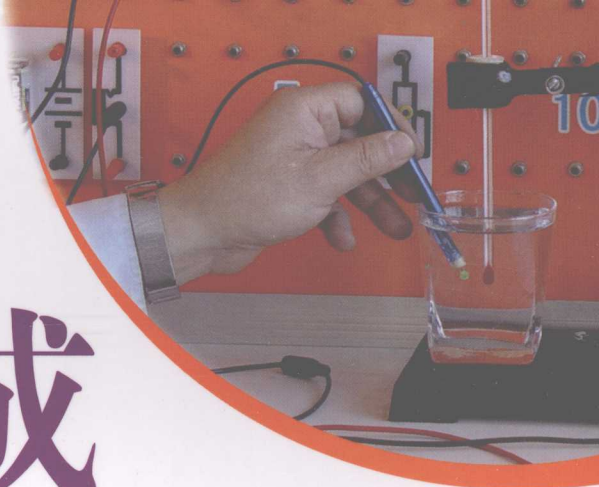


北京市中小学科技活动教材

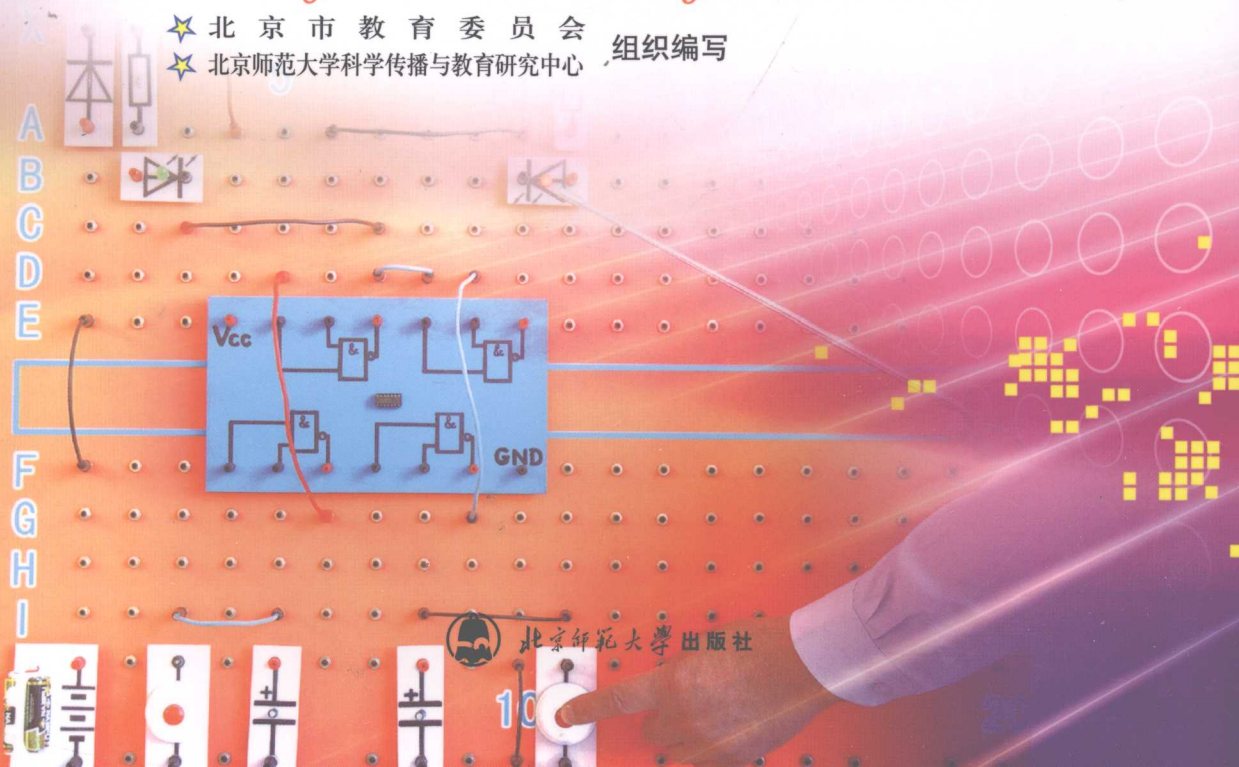
新科学探索丛书 电子控制技术



数字集成 电路基本实验 下

SHUZIJICHENGDIANLUJIBENSHIYAN

★ 北京市教育委员会 组织编写
★ 北京师范大学科学传播与教育研究中心



北京师范大学出版社

北京市中小学科技活动教材
新科学探索丛书 / 电子控制技术

数字集成 电路基本实验(下)

SHUZIJICHENGDIANLUJIBENSHIYAN

北京市教育委员会
北京师范大学科学传播与教育研究中心
组织编写



北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

数字集成电路基本实验. 下 / 李亦菲主编. —北京师范大学出版社, 2007.9

(新科学探索丛书)

ISBN 978-7-303-08717-4

I. 数… II. 李… III. 数字集成电路—实验—青少年读物
IV. TN431.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113827 号

北京市教育委员会 组织编写
北京师范大学科学传播与教育研究中心

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京盛通印刷股份有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 170 mm × 240 mm

印张: 8.5

字数: 136 千字

版次: 2007 年 9 月第 1 版

印次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

责任编辑: 石 雷 龚知宇 李宝柱 选题策划: 赵玉山 石 雷

责任校对: 李 茵

美术设计: 北京华彩印刷

封面设计: 红十月设计室

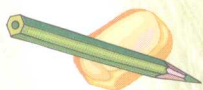
责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

本书如有印装质量问题, 请与出版部联系调换。

出版部电话: 010-58800825



编委会

丛书顾问：郑光美 余梦伦 尚增雨 李象益 高玉琛
杨悦 陈树杰 汪耆年

丛书领导小组：

名誉组长：杜松彭

组 长：甘北林 李亦菲

副组长：崔向红 孙荣燕 刘静成

成 员：葛继振 郑贵尧 武迎选 刘藻 张薇华 李宏
张爱军 冯长林 王宣德 齐照成 马威 刘德杰
巴文丽 贾福歧 张敬东 杨秋菊 王桂金 郝纪东
郑世永 高爱民 娄淑菊 刘海霞

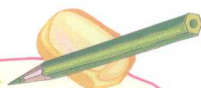
丛书编委会：

主 编：李亦菲 崔向红

副主编：刘静成 葛继振

编 委：吴弘涛 钱岩 李彬 郑秀芬 段效峰 吕文清
刘秀英 张广忠 刘春霞 吴志伟 黄懋广 王宝丽
张成义 荣培云 孙孟远 王森 郑智学 王建民
齐锐 赵玉山 石雷

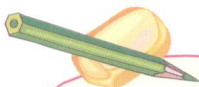
本册主编：孙心若



近年来,随着科技教育理念的更新,我国中小学生的科技活动发生了重要的变化。从内容上看,日益从单纯的知识和技能的传授转向对科学方法、科学精神和技术创新能力的关注;从形式上看,日益从传授和训练类活动转向体验和探索类的活动;从途径上看,日益从课内外、校内外相互割裂的状况转向课内外和校内外相结合。这些转变对全面提高我国青少年的科学素养,使他们尽快成长为适应知识社会需要的创新型人才具有重要的意义。然而,以上转变的实现还受到科普和科技教育资源缺乏以及高水平师资力量短缺的制约。在资源方面,我国中小学校的科技活动长期采用“师傅带徒弟”的经验主义模式,缺乏系统的学习内容,也没有规范的教学指导用书和配套的工具器材;在师资力量方面,我国还缺乏一支专业化的科技活动教师队伍,绝大部分科学学科的教师只是关注知识的传授和训练,忽视科学方法和技术创造能力的培养。

值得欣慰的是,在一些办学条件较好和办学理念先进的学校中,在以科技教育为重点的校外科技教育机构中,活跃着一批长期致力于组织和指导学生开展科技活动的科技辅导教师。他们是特定科技项目的“发烧友”,每个人都有令人叹服的独门绝活;他们是学生科技活动的“引路人”,每个人都有技艺超群的得意门生。为了更好地发挥这些科技辅导教师的作用,北京师范大学科学传播与教育研究中心和北京市教育委员会体育美育处在科技教育新理念的指导下,组织北京市校外教育单位和中小学长期从事科技活动辅导的优秀教师、相关领域的科学家、工程师和工艺师等,对当前中小学校开展的各种科技活动项目进行了细致的分析和梳理,编写了这套《新科学探索丛书》。

这是一套适用于中小学生开展科技活动的新型科普图书,包括神秘的宇宙、航天圆梦、地球探秘、奇妙的生物、电子控制技术、创新设计、生活万花筒、模型总动员等8个系列,每个系列将推出5~10个分册。每个分册约包含12~20个课题,可用于一个学期的中小学科技活动选修课教学。为满足科技活动课教学的需要,每个课题都以教学设计的形式编写,包括引言、阅读与思考、实践与思考、检测与评估、资料与信息五个组成部分。



前言

1. 引言

提供一幅反映本课题内容的图片，并从能激发学生兴趣的实物、现象或事件出发，引出本课题的学习内容和具体任务。

2. 阅读与思考

以图文并茂的方式，提供与本课题有关的事件及相关人物、重要现象、基本概念、基本原理等内容，在确保科学性的前提下力求做到语言生动、通俗易懂。为了引导学生在阅读过程中积极思考，通常结合阅读内容设置一些思考性问题。

3. 实践与思考

提供若干个活动方案，指导学生独立或在教师指导下开展各种实践活动，主要包括科学探究、社会调查、设计制作、多元表达（言语、绘画、音乐、模型等）、角色扮演等类型的活动。活动方案一般包括任务、材料与工具、过程与方法、实施建议等组成部分。为了引导学生在活动过程中积极思考，通常结合活动过程设置一些思考性的问题。

4. 检测与评估

一方面，利用名词解释、选择题、简答题、计算题等试题类型，对学生学习本课题知识性内容的结果进行检测。另一方面，对学生在“实践与思考”部分开展的活动提供评估标准和评估建议。

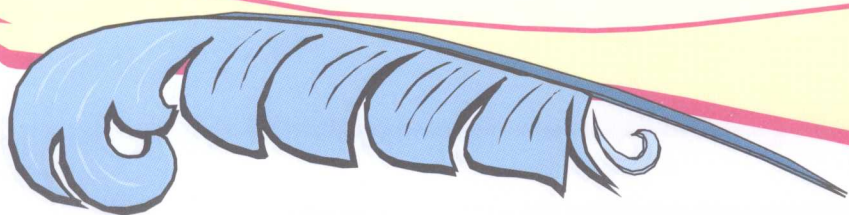
5. 资料与信息

一方面，提供可供学生阅读的书籍、杂志、网站等资料的索引；另一方面，提供购买或获得在“实践与思考”部分开展的活动所需的材料和工具的信息。

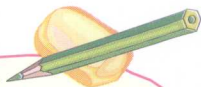
虽然这套教材的编写既有基于理论指导的宏观策划与构思，又有源于实践积淀的微观设计与操作，但由于编写规模庞大、参与编写的人员众多，呈现在广大读者面前的各个分册出现不能令人满意的情况是难免的。在此真诚地希望使用本套丛书的教师和学生能对各个分册中出现的问题提出批评，也欢迎从事科技活动的优秀教师参与到本套丛书的编写和修改中来，让我们共同为提高我国中小学科技活动的水平，提高我国中小学生的科学素养做出贡献。◀

李亦菲

2007 年 6 月 30 日



序言



《新科学探索丛书》是由北京市教育委员会和北京师范大学科学传播与教育研究中心组织北京市一百多所科技教育示范学校和校外科技教育机构的优秀科技教师开发的一套中小学科技活动教材，与现有的各类科普图书相比，本套丛书具有以下三个方面的特点。

首先，在传统的科普图书中，知识学习和动手操作往往是脱节的，要么是大量知识性内容的堆积，要么是操作性活动的罗列。这种做法不利于学生获得对科学知识全面、深入的理解。在本套丛书的每个课题中，“阅读与思考”部分提供图文并茂的阅读材料，使学生了解有关的知识，“实践与思考”部分提供简明实用的科技活动方案，引导学生有序地开展科技活动。这种设计实现了知识学习与动手操作的有机结合。

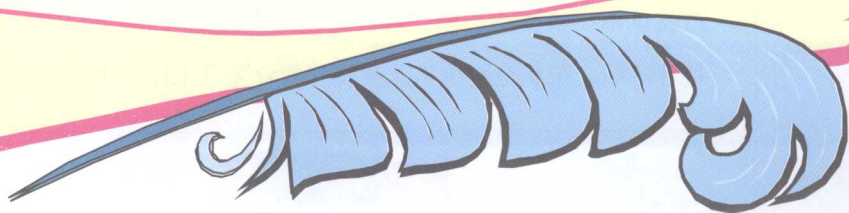
其次，在我国的教育体系中，课内学习和课外学习一直是两个界线分明的领域。在课内，是以教师为中心的对学科知识的学习；在课外，是以学生为中心的对个性特长的培养。在新的教育理念影响下，课内学习和课外学习日益融合起来，极大地提高了学生的学习兴趣，扩展了学生的学习视野。本套丛书从以下三个方面实现了课内学习与课外拓展的有机结合：在知识性学习内容中，“阅读与思考”部分主要适合于课内讲解或阅读，“资料与信息”部分则主要适合于学生在课外阅读；在“实践与思考”部分所提供的活动方案中，既有适合于课内完成的，也有适合于课外完成的；在“检测与评估”提供的内容中，检测部分主要适合于在课内进行测试，评估部分主要适合于在课外进行评估。

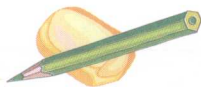
第三，长期以来，我国科普图书和教材的内容是以文字为主体的，并且在呈现形式上缺乏生动的版面设计。近年来，在“视觉第一”思潮的影响下，我国图书又出现以图为主体的风格。这两种风格都不适合于科技活动课的教学材料。本套丛书采用了图文并茂的设计风格，对文字和图片的数量进行合理的调配，对图片进行精心的挑选，对版面进行精心的设计，有效地实现了科学学习和艺术欣赏的有机结合。

相信本套图书对丰富中小学生学习科普知识，提高中小学生的动手实践能力将大有帮助。愿本套图书成为广大中小学生的良师益友。◀

杜新

2007年9月





《电子控制技术入门》是参照中华人民共和国教育部制定的普通高中《技术标准》(实验)(通用技术选修1)中电子控制技术的“(二)数字电路”内容标准编写的。《数字集成电路基本实验》分为上、下两册,是《电子控制技术入门》中的第一、第二分册,适用于高中通用技术选修课、中专职高专业课、课外校外活动课的教材,也适用于初中以上学历者自学或通用技术岗位培训使用。

数字集成电路是微电子学的产物和精华,60年前人们无论如何也想象不到能把庞大的电子管计算机缩小成微机放到膝头上。数字集成电路是信息技术的支柱,广泛地应用于国民经济中的各个领域。

上册内容主要介绍了面包板的使用方法,并通过基本的电路实验,知道表征基本门电路的方法,搭建自激多谐振荡器及有趣的模拟昆虫叫声等实验电路。下册介绍了触发器的存储记忆功能,搭建抢答器、简易电子节拍器等实用电路。还介绍了数字电路的主流CMOS数字集成电路,搭建计数器、译码器和数码显示器实验电路,掌握这些知识你将步入数字集成电路的最高殿堂,为高层次的小制作、小发明奠定电子技术基础。

上册是数字电路的初级内容,下册是提高内容。门电路是学习的重点和关键的内容,为后面学习触发器、专用集成电路作好准备。由于下册内容涉及数字集成电路在电子控制技术中的应用,涉及传感器的内容,所以需要把《传感器基本电路实验》穿插在这上下两册活动内容之间。在活动中要重视基本实验操作,培养学生独立探索、实验操作能力并增强对科学研究的兴趣。《数字集成电路基本实验》“精简版”是一种快节奏的数字电路普及活动方案。

本书作者孙心若,中学特级教师,曾任北京师范大学附属中学物理教师,宣武区青少年科技馆电子教师,北京市无线电运动协会副主席,北京市第八届、第九届政协委员。孙心若老师辅导学生获国际和全国发明奖100余项,造就了不少科技特长生。被评为北京市有突出贡献的专家、享受国务院政府特殊津贴、荣获全国少年儿童校外教育先进工作者等荣誉称号。◀

目录

第九单元	触发器 (一)	1
第十单元	触发器 (二)	15
第十一单元	触发器 (三)	25
第十二单元	触发器 (四)	39
第十三单元	CMOS数字集成电路 (一)	51
第十四单元	CMOS数字集成电路 (二)	66
第十五单元	自制教具、学具	82
第十六单元	活动建议及方案	95
附录		124

触发器(一)

CHUFAQI(一)

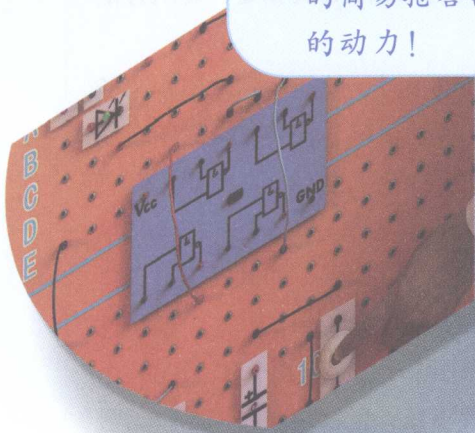
9

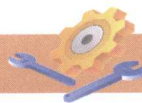
R-S触发器

数

字集成电路分为门电路和触发器两大部分。

我们已经学习完门电路，其输出状态取决于输入端实时信号电平，没有记忆功能。触发器是一种具有记忆功能的基本逻辑单元，在下一个输入信号到来之前，能保持前一信号作用的结果，这就是电路的存储记忆功能。正是这些具有存储记忆功能的单元电路，才有可能导致“电脑”的诞生，引发当代信息技术革命。本单元中，你将了解触发器为什么具有神奇的存贮功能，随后进行的简易抢答器实验也定会提升你深入学习数字集成电路的动力！





阅读与思考

一. 基本R-S触发器

基本R-S触发器有两个输入端，一个称作复位（Reset）端，用“R”表示；另一个称作置位（Set）端，用“S”表示，故R-S触发器又称作复位—置位触发器，是一种最简单、最基本的触发器。

1. 用或非门构成基本R-S触发器

图1为用或非门构成的基本R-S触发器。图中a为正脉冲触发的基本R-S触发器逻辑图，由或非门IC-1、IC-2输入端与输出端相互交叉连接而成，余下的两个输入端为置位端Sd和复位端Rd，两个或非门的输出端为触发器的输出端Q和反相输出端 $\bar{Q}$ ，触发器状态由Q电平高低来标定。图中b为正脉冲触发的基本R-S触发器逻辑符号，它有两个输入端Sd和Rd和对应的输出端Q和 $\bar{Q}$ ， $\bar{Q}$ 从方框的小圆圈处引出，说明输出的信号被反相了。

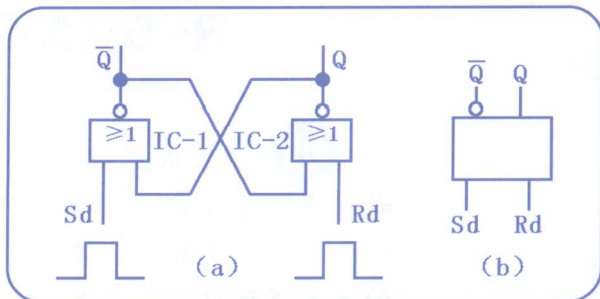


图 1

根据或非门逻辑功能，只要满足一个输入端为高电平时，就能达到输出端为低电平的结果，据此就可以分析两个或非门相互交叉、相互依赖、较为复杂的逻辑功能了。当IC-1置位端Sd有正脉冲信号输入（IC-2复位端Rd为低电平）时，不管IC-1另一个输入端电平高低如何，其结果是IC-1输出端 $\bar{Q}$ 为低电平，和 $\bar{Q}$ 相连的IC-2输入端为低电平，此时Rd为低电平，或非门IC-2输出端Q为高电平，即触发器被置位为1的状态。在触发器Sd端施加正脉冲信号，使得触发器输出端Q为1的状态，这个过程称为置位过程，Sd端称之为置位端。去掉Sd施加的正脉冲信号，由于IC-1另一个输入端和Q端相连为1高电平，因此触发器的状态保持不变，也就是说去掉置位信号后，触发器仍保持已经被置位为1时的状态，这便是触发器的存储和记忆功能。同样，当Sd为低电平，Rd施加正脉冲信号时，由于触发器电路是对称的，同上述分析过程，IC-2输出端Q由高电平变为低电平，IC-1输出端 $\bar{Q}$ 为高电平。由于Rd施加正

脉冲信号能够使触发器Q端为低电平状态，因此Rd被称为复位端。R-S触发器通过Sd和Rd端置位或复位，使触发器处于1或0的状态，说明触发器有两个稳态。触发器从一种稳态急剧翻转到另一稳态，叫做触发器的翻转。施加信号引起触发器翻转的过程叫做触发，这是触发器具有的独特功能，触发器名称便由此得来。当触发器Rd端和Sd端去掉施加的复位、置位信号后，触发器仍然保持着原先的状态，即为保持状态，体现了触发器的记忆功能。

表1 用或非门组成R-S触发器逻辑功能表

输 入 端		输 出 端	
Sd	Rd	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0*	0*
0	0	Q_0	$\bar{Q}_0$

表1为用或非门组成R-S触发器逻辑功能表。当R-S触发器输入端Sd为1、Rd为0，输出端Q为1（ $\bar{Q}$ 为0），触发器被置位。当Sd为0、Rd为1，触发器被复位，Q为0。当触发器Sd和Rd端都为1时，触发器既被置位又被复位，从逻辑上来讲是矛盾的。从电路上来讲，通常触发器输出端Q为1，或反向输出端 $\bar{Q}$ 为0，认为触发器处在置位的状态，此时触发器Q和 $\bar{Q}$ 端都处于0的状态，因而触发器状态不能确定，称之为不定态，用0*、0*来表示。当Rd和Sd端都为0时，触发器输出端Q和 $\bar{Q}$ 既能为1、0，又能为0、1，能够保持原来的状态，用互为反相的 Q_0 、 $\bar{Q}_0$ 来表示。

图2为用或非门组成基本R-S触发器波形图。当置位端Sd为高电平，复位端Rd为低电平，则触发器输出端Q为高电平， $\bar{Q}$ 为低电平，触发器处于置位状态；同样，从波形图上可以看到触发器处于复位状态和保持态时，Q和 $\bar{Q}$ 输出

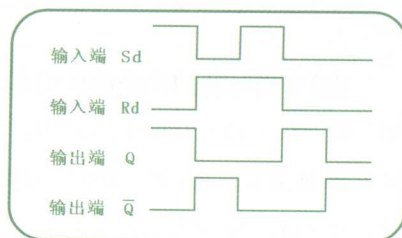


图2

电平是反相的，只有当 $\bar{S}_d$ 、 $\bar{R}_d$ 同时为高电平时， Q 和 $\bar{Q}$ 端都输出为低电平，触发器处于不定态。

2. 用与非门构成基本R-S触发器

图3为用与非门构成的基本R-S触发器。图中a为负脉冲触发的基本R-S触发器逻辑图，b为其逻辑符号。在逻辑符号中，反相复位端 $\bar{R}_d$ 和反相置位端 $\bar{S}_d$ 信号从方框小圆圈处输入，标示复位和置位信号低电平触发有效。

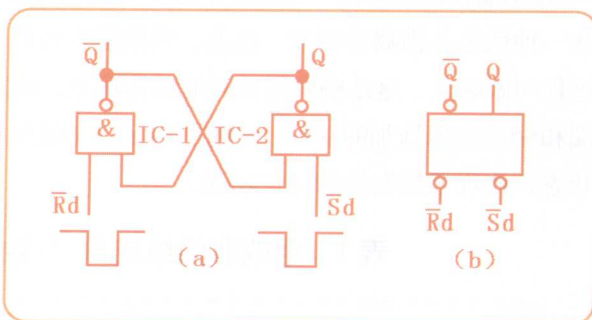


图 3

由于与非门在两个输入端都为高电平时，输出端才为低电平，因此只要有一个输入端为低电平，不管另一个输入端电平高低如何，输出端总是高电平，据此来分析用与非门构成基本R-S触发器逻辑功能。

表2 用与非门构成R-S触发器逻辑功能表

输入端		输出端	
$\bar{S}_d$	$\bar{R}_d$	Q	$\bar{Q}$
0	1	1	0
1	0	0	1
0	0	1*	1*
1	1	Q_0	$\bar{Q}_0$

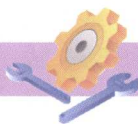
表2为用与非门构成的R-S基本触发器逻辑功能表。输入端低电平控制有效，当 $\bar{S}_d=0$ ， $\bar{R}_d=1$ 时， $Q=1$ ， $\bar{Q}=0$ ，触发器被置位；当 $\bar{S}_d=1$ ， $\bar{R}_d=0$ 时， $Q=0$ ， $\bar{Q}=1$ ，触发器被复位；当 $\bar{S}_d=\bar{R}_d=0$ 时， $Q=\bar{Q}=1^*$ ，触发器处于不定态。当 $\bar{S}_d=\bar{R}_d=1$ 时， $Q=Q_0$ ， $\bar{Q}=\bar{Q}_0$ ，触发器处于保持状态。



用正脉冲触发的基本R-S触发器为什么要选用2输入端或非门电路? 用2输入端或门能否组成基本R-S触发器? 为什么?



根据用或非门构成基本R-S触发器的工作原理, 试分析用与非门构成基本R-S触发器的工作过程, 并绘制出波形图。为什么构成负脉冲触发的R-S触发器要用2输入端非门?



实践与思考

在了解用或非门、与非门组成基本触发器后, 通过实验来验证触发器的逻辑功能, 体验触发器的存储记忆作用。

一、数字集成电路基本实验



实验 11 R-S触发器

实验目的

1. 用或非门、与非门组成基本R-S触发器电路;
2. 了解基本R-S触发器的工作原理;
3. 实验R-S触发器的触发翻转与记忆作用。

活动 1

用或非门构成R-S触发器

实验电路

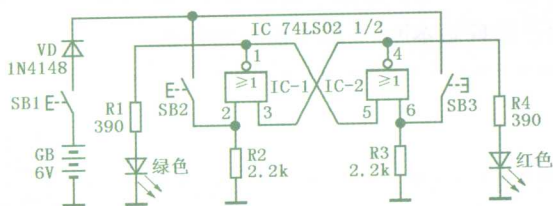


图 4

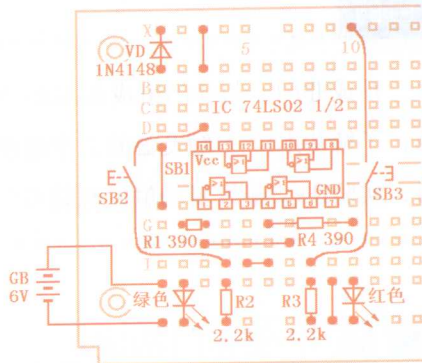
图4为用或非门构成的基本R-S触发器实验电路，用来验证正脉冲触发的R-S触发器的逻辑功能。它由或非门IC-1、IC-2构成基本R-S触发器，R2、R3为或非门输入端

的下拉电阻器，其电阻取值较小，当触发开关SB2、SB3断开时，相连的输入端为低电平。由绿色、红色发光二极管及电阻器R1、R4组成电平显示器，或非门输出端为高电平时发光二极管点亮。接通电源开关SB1，总有一只发光二极管点亮，比如绿色发光二极管点亮，这时按下触发开关SB2，或非门IC-1输入端第2脚为高电平，输出端第1脚为低电平，绿色发光二极管熄灭。与此同时，IC-2的两个输入端都是低电平，输出端第4脚为高电平，红色发光二极管点亮。再松开SB2，触发器处于保持状态，维持绿色发光二极管熄灭、红色发光二极管点亮的稳态。按下SB3，红色发光二极管熄灭，同时绿色发光二极管点亮，说明触发器发生了翻转，松开SB3，维持红色发光二极管熄灭，绿色发光二极管点亮的另一个稳态。同时按下SB2、SB3，红色、绿色发光二极管都熄灭，说明触发器处在不定态。

连接建议

图5为或非门R-S触发器实验电路连接示意图，图中电源开关SB1换成导线把电源接通。

图 5



活动2 用与非门构成R-S触发器

图6为用与非门构成R-S触发器，可以作为简易R-S触发器抢答器实验电路。接通电源开关SB1，绿色或红色发光二极管点亮，比如绿色发光二极管点

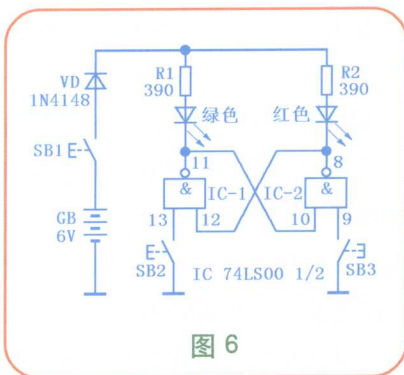


图 6

亮，抢答二人同时按下自己的抢答按钮开关SB2或 SB3，此时绿色、红色发光二极管都不亮，触发器为不定态，抢答器处于待机状态。听到抢答开始信号（比如击掌声），抢答者谁最先松开SB2和 SB3，比如SB2先松开，由于SB3还在闭合，与非门IC-2输入端第9脚为低电平，输出端第8脚为高电平，红色发光二极管保持熄灭状态，IC-1输入端第12脚为高电平，输出端

第11脚为低电平，绿色发光二极管点亮，显示抢答开关SB2最先断开。尽管SB3随后断开，但是对触发器控制无效，触发器处于保持状态，这就是两人抢答器的工作原理。别看抢答器电路简单，R-S触发器翻转速度极其迅速，可以区分出两只抢答开关断开哪怕只有百万分之一秒的时间差，远远超过人的判定能力。抢答器的评判不存在误判，不徇私情，是公正的。

活动3 同步R-S触发器

在图6抢答器中，再添加2个与非门作为反相器，实现抢答者谁最先按下开关判定的电路。与此同时，余下的两个输入端也派上用途，利用门电路选通与禁止的作用，抢答器必须等到裁判员发出指令信号触发器才能工作，否则抢先输入触发信号也无用，这便是一种带有时钟信号控制的同步R-S触发器。

实验电路

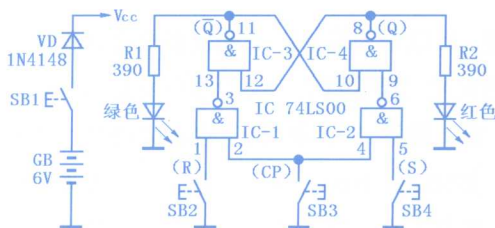


图 7

图 7 为同步 R-S 触发器逻辑功能实验电路，由与非门 IC-3、IC-4 组成低电平触发的基本 R-S 触发器，由与非门 IC-1、IC-2 组成门控电路和反相器，按钮开关 SB2 相当于复位端 R 开关，SB3 相当于时钟端 CP，SB4 相当于置位端 S，IC-3 输出端第 11 脚

相当于触发器反向输出端 $\bar{Q}$ ，IC-4 第 8 脚相当于 Q。接通电源开关 SB1，当 SB2、SB3 和 SB4 都断开时，绿色和红色发光二极管都点亮，触发器处于不定态，这时按下 SB2，绿色发光二极管熄灭，红色发光二极管仍然点亮，触发器处于置位状态，反之松开 SB2，按下 SB4，绿色发光二极管点亮，触发器处于复位状态。同时按下 SB2、SB4，再反复通断 SB1，发光二极管总是保持一个点亮、一个熄灭的状态，触发器处于保持状态。按下 SB3，CP 端为低电平，触发器处于保持状态，这时不管 SB2、SB4 按下与松开，都不改变 SB3 按下时发光二极管一个点亮、一个熄灭的状态。



实验 12 自动复位抢答器

阅读同步 R-S 触发器补充资料，就能着手设计一种功能较为齐全的抢答器。

实验目的

1. 用与非门组成自动复位抢答器实验电路；
2. 了解自动复位抢答器的工作原理；
3. 了解同步 R-S 触发器各控制端的作用。