

高等学校教材

数字电子技术实验

任骏原 腾 香 马敬敏 编著



东北大学出版社
Northeastern University Press

013022688

TN79-33
43

高等学校教材

数字电子技术实验

任骏原 腾香 马敬敏 编著



东北大学出版社

·沈阳·

TN79-33
43



北航

C1631324

280050810

©任骏原 腾香 马敬敏 2010

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术实验 / 任骏原, 腾香, 马敬敏编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2010.8

ISBN 978-7-81102-850-8

I. ①数… II. ①任…②腾…③马… III. ①数字电路—电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 162295 号

内 容 提 要

本书是根据“数字电子技术课程教学大纲及教学基本要求”编写的, 系统地介绍了数字电子技术实验的基本方法, 实验内容按“由浅入深、循序渐进、逐步提高”的原则安排, 按学生能力形成的不同阶段, 分为基础性实验、设计及综合性实验, 并引入 Multisim 仿真技术, 将硬件实验方式向多元化、现代化实验方式转移。

本书在内容组织上, 将实验测试结果与理论分析结果以列表的形式进行对比, 强化理论实践并重、理论指导实践、实践验证理论, 增强了实验过程的可操作性。

本书可作为高等学校物理、教育技术、电子、计算机等专业学生的数字电子技术实验教材, 还可供高等学校教师、研究生及从事数字电子技术研究的科技人员参考。

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路3号巷11号 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com Web: <http://www.neupress.com>

印刷者: 沈阳市市政二公司印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 10.5

字 数: 269千字

出版时间: 2010年8月第1版

印刷时间: 2010年8月第1次印刷

责任编辑: 王兆元

责任校对: 孙 锋

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-850-8

定 价: 27.00元

前 言

数字电子技术实验是数字电子技术课程的重要实践性环节，具有培养学生数字电子电路的测试、分析、设计及综合应用能力的作用。

本书是根据“数字电子技术课程教学大纲及教学基本要求”，为适应当前教学改革的需要而编写的。全书按“由浅入深、循序渐进、逐步提高”的原则安排实验内容，按学生能力形成的不同阶段，分为基础性实验、设计及综合性实验，并与理论教学保持同步。本书有以下特点。

(1) 注重实验方法，硬件实验方法、软件仿真方法相结合。

(2) 理论实践并重，既考虑实验教学与理论教学的相关性，又注意使其具有一定的独立性和实用性；既有实验的理论讲述，又有实验的方法说明。

(3) 可操作性强，实验预习准备、实验测试及结果以列表的形式表示，直观明了。

(4) 注重能力培养，突出“注重动手、加强实践、培养兴趣、激励创新”的教学理念。

本书的内容于2007年作为渤海大学教学改革A类项目《电子技术实验教材建设的实践与研究》进行过专项研究。本书包括2009年辽宁省高等教育教学改革研究A类项目《数字电子技术CAI的体系结构和教学设计的研究与实践》的部分研究内容，还包括2009年辽宁省优秀教学成果二等奖项目《数字电子技术课程教学体系构建的研究与实践》的部分内容。

全书共分三个部分：第一部分为基础实验部分，第二部分为设计及综合实验部分，第三部分为Multisim及其应用。

本书由任骏原，腾香，马敬敏编著。其中，任骏原编写绪论、实验1~实验10、附录；腾香编写Multisim及其应用；马敬敏编写实验

11~实验 18。全书由任骏原组织编写并负责统稿。

在本书编写及出版过程中，渤海大学教务处、物理系、软件工程系的领导给予了大力支持，杨玉强教授审阅了本书初稿并提出了修改意见，在此致以谢意。

本书参考了一些电子技术实践教材，也向有关作者谨致谢意。

由于作者的学识所限，书中疏漏和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

2010年5月

目 录

绪 论	1
-----------	---

• 第一部分 基础实验 •

实验 1 集成门电路逻辑功能测试	5
实验 2 TTL 门电路参数测试	11
实验 3 TS 门和 OC 门及应用	15
实验 4 SSI 组合逻辑电路	20
实验 5 译码器和数据选择器及扩展应用	26
实验 6 MSI 组合逻辑电路	34
实验 7 触发器逻辑功能测试	41
实验 8 SSI 时序逻辑电路	47
实验 9 集成计数器及寄存器	55
实验 10 555 定时器及应用电路	63
实验 11 半导体随机存取存储器	70
实验 12 D/A 与 A/D 转换	77

• 第二部分 设计及综合实验 •

实验 13 顺序脉冲发生器电路	86
实验 14 移位寄存器型彩灯控制电路	90
实验 15 汽车尾灯控制电路	94

实验 16 多路竞赛抢答器电路 98

实验 17 交通灯控制电路 105

实验 18 数字电子钟电路 111

• 第三部分 Multisim 及其应用 •

一、Multisim 2001 概况 117

二、Multisim 仿真实验 131

三、Multisim 仿真实验示例 131

附录 常用集成电路引脚图 158

参考文献 162

绪 论

1. 数字电子技术实验的意义、目的与要求

(1) 意义

数字电子技术实验,就是根据教学的具体要求进行设计、安装与调试电子电路的过程。显然,它是将理论转化为实用电路、验证理论正确性的过程。

目前,电子技术的发展日新月异,要认识和应用门类繁多的新器件、新电路,最为有效的途径就是进行实验。通过实验,可以分析器件和电路的工作原理,完成性能指标的检测;可以验证器件、电路的性能或功能;可以设计并制作出各种实用电路。

(2) 目的

就教学而言,数字电子技术实验,是使学生掌握基本实验技能的重要手段。通过它可以巩固和深化应用技术的基础理论和基本概念,培养理论联系实际的学风、严谨求实的科学态度及动手操作能力。

(3) 要求

- ① 能读懂基本逻辑电路图,有分析逻辑电路功能的能力。
- ② 有设计、组装和调试基本逻辑电路的能力。
- ③ 会查阅和利用技术资料,有合理选用元器件(含中规模集成电路 MSI)的能力。
- ④ 有分析和排除基本逻辑电路一般故障的能力。
- ⑤ 掌握常用电子测量仪器的选择与使用方法和各类电路功能的基本测试方法。
- ⑥ 能独立拟定基本逻辑电路的实验步骤,写出严谨、有理论分析、实事求是、文字通顺和字迹端正的实验报告。

2. 数字电子技术实验的类别和特点

(1) 数字电子技术实验的分类

按实验目的与要求,数字电子技术实验可分为以下两类。

- ① 验证性和检测性的基础实验。其目的是验证数字逻辑电路的基本原理,通过实验检测器件或电路的逻辑功能,探索提高电路性能或扩展功能的途径或措施。
- ② 设计性和综合性实验。其目的是综合运用有关知识,设计、安装、调试逻辑电路。

(2) 数字电子技术实验的特点

① 理论性强。主要表现在:没有正确的理论指导,就不能拟定出正确的实验步骤,就不能分析判断及排除出现的故障,就不能设计出性能稳定、符合技术要求的实验电路。

因此,要做好实验,首先应学好数字电子技术课程。

② 测试技术要求高。主要表现在:实验电路类型多,不同的逻辑电路有不同的功能或性能指标,有不同的测试方法,使用不同的测试仪器。

因此,应熟练掌握基本电子测量技术和各种测量仪器的使用方法。

总之,进行数字电子技术实验,需要具备本课程的理论知识和实践技能,否则,实验效果将受到不同程度的影响。

3. 实验程序

实验一般分为三个阶段,即实验准备、实验操作和撰写实验报告。

(1) 实验准备

实验前,应按实验要求写出实验预习报告。具体要求如下。

- ① 认真阅读理论教材中与本实验有关的内容及其他参考资料。
- ② 根据实验目的与要求,设计或选用实验电路。
- ③ 熟悉本次实验所需元器件、仪器设备和器材及测试仪器的使用方法。
- ④ 完成实验电路的理论分析、设计,进行实验仿真,拟出详细的实验步骤,设计好实验数据记录表格。

(2) 实验操作

正确的操作方法和操作程序是提高实验效果的可靠保障。因此,要求在每一操作步骤之前都要做到心中有数,即目的要明确。操作时,既要迅速又要认真。

注意事项:

- ① 应调整好直流电压源,使其极性及电压大小符合实验要求。
- ② 在通电状态下,不得拔、插元器件,必须关闭电源后进行操作。
- ③ 实验中,观察无异常情况时再读取数据。

(3) 撰写实验报告

- ① 写实验报告的目的。

实验报告,是按照一定的格式和要求,表达实验过程和结果的文字材料,它是实验工作的全面总结和系统概括。

撰写实验报告的过程,就是对实验电路的设计方法和实验方法加以总结,对实验数据加以处理,对所观察的现象加以分析,并从中找出客观规律和内在联系的过程。

撰写实验报告是一种基本技能训练。通过撰写实验报告,能够深化对基础理论的认识,提高基础理论的应用能力,掌握电子测量的基本方法和电子仪器的使用方法,提高记录、处理实验数据和分析、判断实验结果的能力,培养严谨的学风和实事求是的科学态度,锻炼科技文章写作能力等。

此外,实验报告也是实验成绩考核的重要依据之一。

② 实验报告的内容。

• 实验名称。列在实验报告的最前面,应简练、鲜明、准确,恰当地反映实验的性质和内容。

• 实验目的。指明为什么要进行本次实验,要求简明扼要,常常列出几条,一般写出掌握、熟悉、了解三个层次的内容。

• 实验电路及实验仪器。画出实验电路、列出实验器件和实验仪器的名称和型号,其目的是让人了解实验设备状况,以便对实验结果的可信度作出恰当的评价。

• 数据记录。实验数据是实验过程中从仪器、仪表上所读取的数值,写入所设计的记录表格中。

- 实验结论。将实验测试结果和理论分析结果对比,说明逻辑电路功能是否符合要求。

- 讨论。包括回答思考题及对实验方法、实验装置等提出的改进建议。

③ 撰写实验报告应注意的几个问题。

- 要写好实验报告,首先要做好实验。

- 写实验报告必须要有严肃认真、实事求是的科学态度。不经重复实验不得任意修改数据,更不得伪造数据。分析问题和得出的结论既要从实际出发,又要有理论依据。

- 图与表是表达实验结果的有效手段,比文字叙述直观、简捷,应充分利用。实验电路图的画法要规范,电路中图形符号和元器件数值标注要符合现行国家标准。

- 实验报告是一种说明文体,不要求艺术性和形象性,而要求用简练和确切的文字、专业术语,恰当地表达实验过程和实验结果。

4. 数字逻辑电路的实验测试

(1) 组合逻辑电路的实验测试

组合逻辑电路实验测试的目的,是验证其输出信号和输入信号之间的逻辑关系是否符合要求,即是否与真值表相符。

① 开关量组合输入测试。将组合逻辑电路的输入端分别接到逻辑开关上,按真值表中输入变量的取值组合关系改变开关状态,用 LED 发光二极管分别显示各输入和输出端的状态,或用万用表测试输入、输出状态,与真值表比较,从而判断组合逻辑电路逻辑功能是否正常。

② 在组合逻辑电路的输入端加上周期性信号,用示波器观测输入信号、输出信号波形,从而判断组合逻辑电路的逻辑功能是否正常或测试有关时间参数。

(2) 时序逻辑电路的实验测试

时序逻辑电路实验测试的目的,是验证其状态转换关系是否符合要求,即是否与状态图相符。

① 单脉冲时钟输入测试。以单脉冲作为时钟脉冲信号,逐个输入时钟信号进行观测,用 LED 发光二极管、数码管等观察输出状态的变化,判断状态转换关系是否符合要求。

② 连续脉冲时钟输入测试。以连续脉冲作为时钟脉冲信号,连续输入时钟信号进行观测,用示波器观察有关信号的波形,判断状态转换关系是否符合要求。

第一部分 基础实验

基础性实验，是为了使学生掌握基本实验操作技能、数据处理方法而开设的对理论进行验证的验证性实验。

基础实验的主要目的是使学生掌握基本电子仪器的使用方法、电子器件的基本功能和基本应用方法、数字电子技术实验的基本技能和基本方法，着重培养学生的实验意识、基本实验操作技能和动手能力，为学生进行后续数字电子技术实验起到示范作用。

实验 1 集成门电路逻辑功能测试

一、实验目的

- (1) 掌握集成门电路逻辑功能的测试方法及功能扩展应用方法。
- (2) 熟悉几种典型 TTL 集成门电路的逻辑功能。
- (3) 熟悉集成门电路的引脚排列特点。

二、实验仪器及器件

1. 实验仪器

- (1) TPE-D6Ⅲ型数字电路学习机
- (2) V-252 型双踪示波器
- (3) VC9801A 型数字万用表

2. 器件

- | | | |
|------------|------------------|-----|
| (1) 74LS00 | 四 2 输入与非门 | 1 片 |
| (2) 74LS02 | 四 2 输入或非门 | 1 片 |
| (3) 74LS51 | 二 2-2、3-3 输入与或非门 | 1 片 |
| (4) 74LS86 | 四 2 输入异或门 | 1 片 |

三、实验器件的逻辑功能

表 1-0 给出了本实验所用逻辑门的逻辑符号、逻辑表达式、真值表和逻辑功能的改变扩展情况等相关知识。

四、实验原理

逻辑门是实现逻辑运算的电路。

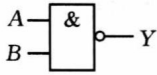
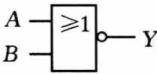
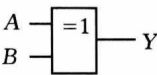
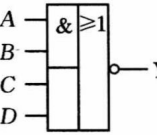
各种逻辑门都有确定的逻辑运算功能，可用逻辑表达式、真值表等方式描述其功能。限定门某个输入端的输入条件，可以改变、扩展其逻辑功能。

本实验选用与非门、或非门、与或非门、异或门测试功能及功能扩展应用。

逻辑门用输出信号、输入信号之间的电平关系实现逻辑运算。采用正逻辑时，电平和逻辑取值的对应关系是：用高电平表示逻辑 1，用低电平表示逻辑 0。

实验测试门逻辑功能的原理及方法是，将逻辑门的各输入端分别接到逻辑电平开关上，输入高、低电平的全部组合状态并测出相应的输出电平状态，得到输出信号、输入信号之间的电平关系表，按高、低电平与逻辑值的对应关系转换成真值表，再与正确的真值表对比，从而验证逻辑关系是否符合要求。

表 1-0 逻辑门的逻辑符号、逻辑表达式、真值表和逻辑功能的改变扩展

	逻辑符号	逻辑表达式	真值表			功能扩展							
			A	B	Y								
与非门	 A, B——输入; Y——输出	$Y = \overline{AB}$	A	B	Y	$Y = \begin{cases} 1 & _{B=0, \text{ 禁止}} \\ \overline{A} & _{B=1, \text{ 逻辑非}} \end{cases}$							
			0	0	1								
			0	1	1								
			1	0	1								
			1	1	0								
或非门	 A, B——输入; Y——输出	$Y = \overline{A+B}$	A	B	Y	$Y = \begin{cases} \overline{A} & _{B=0, \text{ 逻辑非}} \\ 0 & _{B=1, \text{ 禁止}} \end{cases}$							
			0	0	1								
			0	1	0								
			1	0	0								
			1	1	0								
异或门	 A, B——输入; Y——输出	$Y = A \oplus B$	A	B	Y	$Y = \begin{cases} A & _{B=0, \text{ 传输}} \\ \overline{A} & _{B=1, \text{ 逻辑非}} \end{cases}$							
			0	0	0								
			0	1	1								
			1	0	1								
			1	1	0								
与或非门	 A, B, C, D——输入; Y——输出	$Y = \overline{AB+CD}$	A	B	C	D	Y	A	B	C	D	Y	$Y = \overline{A+C} \big _{B=D=1, \text{ 或非}}$
			0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
			0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	
			0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	
			0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	
			0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
			0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	
			0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	
			0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	
			0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	

五、实验内容

1. 与非门逻辑功能分析、测试

(1) 分析与非门的逻辑功能。写出图 1-1 所示与非门的输出逻辑表达式，列出真值表，填入表 1-1。

(2) 选用四 2 输入与非门 74LS00 一片，在数字电路学习机上合适的位置选取一个 14P 插座，按定位标记插好集成块。

(3) 对照附录中 74LS00 的引脚图，选用 74LS00 中的一个与非门，按图 1-1 接线，与非门的两个输入端 A、B 分别接逻辑电平开关。

(4) 接通电源，改变逻辑电平开关分别为 4 组高、低电平组合状态，用万用表分别测试输出、输入电平，填入表 1-1 中的电平关系表，并按正逻辑关系转换成真值表。

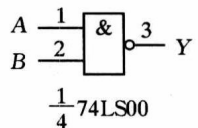


图 1-1 与非门逻辑功能测试电路

表 1-1

与非门逻辑功能分析、测试表

功 能 分 析			实 验 测 试 及 转 换				
逻辑表达式	真 值 表		电 平 关 系 表		真 值 表		
	输 入	输 出	输 入	输 出	输 入	输 出	
	A	B	A/V	B/V	A	B	Y
	0	0					
	0	1					
	1	0					
	1	1					
实验结论							

2. 或非门逻辑功能分析、测试

(1) 分析或非门的逻辑功能。写出图 1-2 所示或非门的输出逻辑表达式，列出真值表，填入表 1-2。

(2) 选用四 2 输入或非门 74LS02 一片，在数字电路学习机上合适的位置选取一个 14P 插座，按定位标记插好集成块。

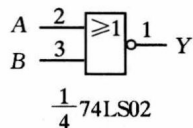


图 1-2 或非门逻辑功能测试电路

表 1-2

或非门逻辑功能分析、测试表

功 能 分 析			实 验 测 试 及 转 换				
逻辑表达式	真 值 表		电 平 关 系 表		真 值 表		
	输 入	输 出	输 入	输 出	输 入	输 出	
	A	B	A/V	B/V	A	B	Y
	0	0					
	0	1					
	1	0					
	1	1					
实验结论							

(3) 对照附录中 74LS02 的引脚图，选用 74LS02 中的一个或非门，按图 1-2 接线，或非门的两个输入端 A、B 分别接逻辑电平开关。

(4) 接通电源，改变逻辑电平开关分别为 4 组高、低电平组合状态，用万用表分别测试输出、输入电平，填入表 1-2 中的电平关系表，并按正逻辑关系转换成真值表。

3. 异或门逻辑功能分析、测试

(1) 分析异或门的逻辑功能。写出图 1-3 所示异或门的输出逻辑表达式，列出真值表，填入表 1-3。

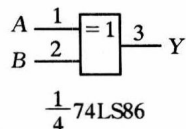


图 1-3 异或门逻辑功能测试电路

表 1-3 异或门逻辑功能分析、测试表

功能分析			实验测试及转换			
逻辑表达式	真值表		电平关系表			真值表
	输入	输出	输入	输出	输入	输出
	A	B	A/V	B/V	Y/V	Y
	0	0				
	0	1				
	1	0				
	1	1				
实验结论						

(2) 选用四 2 输入异或门 74LS86 一片，在数字电路学习机上合适的位置选取一个 14P 插座，按定位标记插好集成块。

(3) 对照附录中 74LS86 的引脚图，选用 74LS86 中的一个异或门，按图 1-3 接线，异或门的两个输入端 A、B 分别接逻辑电平开关。

(4) 接通电源，改变逻辑电平开关分别为 4 组高、低电平组合状态，用万用表分别测试输出、输入电平，填入表 1-3 中的电平关系表，并按正逻辑关系转换成真值表。

4. 与或非门逻辑功能分析、测试

(1) 分析与或非门的逻辑功能。写出图 1-4 所示与或非门的输出逻辑表达式，列出真值表，填入表 1-4。

(2) 选用二 2-2、3-3 输入与或非门 74LS51 一片，在数字电路学习机上合适的位置选取一个 14P 插座，按定位标记插好集成块。

(3) 对照附录中 74LS51 的引脚图，选用 74LS51 中的一个 2-2 输入与或非门，按图 1-4 接线，与或非门的 4 个输入端 A、B、C、D 分别接逻辑电平开关。

(4) 接通电源，改变逻辑电平开关分别为 16 组高、低电平组合状态，用万用表分别测试输出、输入电平，填入表 1-4 中的电平关系表，并按正逻辑关系转换成真值表。

5. 门的逻辑功能扩展分析、测试

(1) 用与非门控制输出。写出图 1-5 所示与非门控制输出电路在不同控制条件下的逻辑表达式，填入表 1-5。

选用四 2 输入与非门 74LS00 中的一个与非门，按图 1-5 连接，与非门的输入端 A 接脉冲信号源及示波器，输入端 B 接逻辑电平开关，输出端 Y 接示波器。

接通电源，改变逻辑电平开关分别为高、低电平状态，用双踪示波器观测输出信号、输入信号波形，画在表 1-5 中。

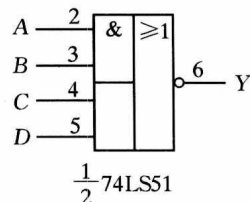


图 1-4 与或非门逻辑功能测试电路

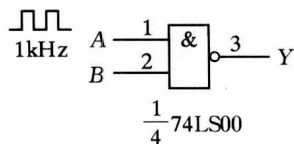



图 1-5 与非门控制输出

表 1-4 与或非门逻辑功能分析、测试表

功 能 分 析					实 验 测 试 及 转 换														
逻辑表达式	真 值 表				电 平 关 系 表					真 值 表									
	输 入				输 出	输 入				输 出	输 入				输 出				
	A	B	C	D		A/V	B/V	C/V	D/V		Y/V	A	B	C		D	Y		
	0	0	0	0															
	0	0	0	1															
	0	0	1	0															
	0	0	1	1															
	0	1	0	0															
	0	1	0	1															
	0	1	1	0															
	0	1	1	1															
	1	0	0	0															
	1	0	0	1															
	1	0	1	0															
	1	0	1	1															
	1	1	0	0															
	1	1	0	1															
	1	1	1	0															
	1	1	1	1															
实验结论																			

表 1-5 与非门控制输出分析、测试表

不同控制条件下逻辑表达式	实 验 测 试 波 形
	输入波形 
	输出波形 (开关为低电平)
	输出波形 (开关为高电平)
实验结论	

(2) 用异或门控制输出。写出图 1-6 所示异或门控制输出电路在不同控制条件下的逻辑表达式，填入表 1-6。

选用四 2 输入异或门 74LS86 中的一个异或门，按图 1-6 连接，异或门的输入端 A 接脉冲信号源及示波器，输入端 B 接逻辑电平开关，输出端 Y 接示波器。

接通电源，改变逻辑电平开关分别为高、低电平状态，用双踪示波器观测输出信号、输入信号波形，画在表 1-6

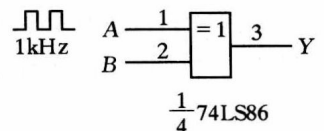



图 1-6 异或门控制输出

中。

表 1-6 异或门控制输出分析、测试表

不同控制条件下逻辑表达式	实验测试波形
	输入波形  输出波形 (开关为低电平) 输出波形 (开关为高电平)
实验结论	

六、注意事项

- (1) 按定位标记将集成块插入插座时, 先将引脚对准相应插孔然后再插牢, 以防止器件的引脚弯曲或折断。
- (2) 实验测试电路中, 未画出芯片的电源引脚、接地引脚。
- (3) 接线及改变接线时, 必须关闭电源。
- (4) 门的输出端不允许直接与电源或地连接, 否则将导致器件损坏。
- (5) 集成芯片中不使用的门, 其输入端、输出端悬空, 作开路处理。

七、思考题

- (1) 怎样判断门电路逻辑功能是否正常?
- (2) TTL 门电路的多余输入端应如何处理?
- (3) 与非门一个输入接连续脉冲, 其余输入端为什么状态时允许脉冲通过? 什么状态时禁止脉冲通过?
- (4) 异或门又称可控反相门, 为什么?
- (5) 各门的输出端是否可以并联, 以实现“线与”?

八、实验报告要求

- (1) 简述实验原理, 画出各实验测试电路, 按实验内容填写各数据表格。
- (2) 整理实验数据, 分析实验结果与理论值是否相符合。

九、预习要求

- (1) TTL 门电路的功能和特点。
- (2) 所用器件的逻辑符号、功能表、逻辑表达式和逻辑功能的改变扩展方法。
- (3) 所用器件的引脚排列。
- (4) 在 Multisim 中用 TTL 门分别组成前述各实验电路, 仿真测试, 记录数据。