

电子信息本科系列教材

数字电子技术实验

SHUZI DIANZI JISHU SHIYAN

马楚仪 编

华南理工大学出版社

电子信息本科系列教材

数字电子技术实验

马楚仪 编

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书从培养学生的动手和工程设计能力出发,简单介绍了数字电子技术实验的方法、步骤和过程。主要内容包括数字电子技术的电路基础知识和测试常识、基础实验、综合性实验、EDA 实验、实验室常用仪器的使用方法以及电子电路计算机辅助设计软件 Electronic Workbench 和 Max + plusII 的使用方法等。教材内容由易到难、深入浅出,与理论课结合紧密,内容丰富;实验内容侧重于设计性和应用性,对于某些实验,还要求学生用不同的实验手段来实现和验证电路功能,有利于拓展学生的实验视野。

本教材简明易懂,可操作性强,可作为电子信息类、计算机类、自动化类、电气类等本科专业学生的数字电子技术实验、EDA 实训课题等实践教学教材,也可作为从事电子技术开发的工程人员以及广大电子爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实验/马楚仪编. —广州:华南理工大学出版社,2005.9

(电子信息本科系列教材)

ISBN 7-5623-2281-3

I. 数… II. 马… III. 数字电路-电子技术-实验-高等学校-教材 IV. TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 102303 号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

发行部电话:020-87113487 87111048(传真)

E-mail:scut202@scut.edu.cn

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

责任编辑:张颖

印刷者:广东省阳江市教育印务公司

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:392 千

版次:2005 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

定 价:22.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

数字电子技术课程是工科电类专业一门重要的技术基础课,而数字电子技术实验课则是该课程的重要教学环节,其工程性和实践性很强。通过实验,不仅可以加深对理论的理解,巩固所学的知识,培养学生独立分析、解决问题、撰写实验报告的能力,还可以培养学生严谨科学、实事求是的工作作风,提高学生的工程设计能力和综合能力。

本书是按数字电子技术实验教学大纲,在原来讲义的基础上编写而成的。第一部分实验内容选编了20个基础实验,5个EWB仿真实验,5个PLD实验和2个综合性实验。基础实验部分的内容基本覆盖了数字电子技术课程的各个知识点,有验证性的,也有设计性的,每个实验可以安排2~3个学时来完成。EWB和PLD实验是计算机辅助设计的实验内容,可以安排学生在宿舍先做仿真,再到实验室做器件编程。考虑到学时的限制,部分实验内容与基础实验相同,可以使学生掌握不同的实验手段和工具,每个实验安排1学时完成。综合性实验是在学生即将学完整个理论课程时,用所学的知识进行综合设计的实验,有利于提高学生的逻辑思维和综合应用能力,可以安排3个学时来完成。实验内容和实验学时仅仅是参考,教师可以根据教学和学生的具体情况作出安排。在附录中介绍了EWB和Max + plus II两个EDA软件的使用。第二部分故障检测和诊断、第三部分常用电子器件的使用、第四部分常用仪器的使用作为培养学生动手能力、拓宽知识视野和使实验能顺利展开的必备知识。每部分相对独立,可以根据进度需要有选择地阅读。

全书由马楚仪编写,彭国平副教授审稿。在本书的编写过程中,得到了华南理工大学电子与信息学院领导和电子技术教研组全体教师的大力支持和帮助,特别是电子技术实验室全体老师的关心和无私帮助。吴淑泉教授和彭国平副教授提出了许多宝贵的意见。本书的编写,还得益于兄弟院校编写的实验教材。在此一并表示衷心的感谢!

本书是基于全面培养学生在电子电路设计方面的综合素质而编写的。由于编者水平有限,书中不足和错误在所难免,恳请读者给予批评指正,以便继续改进和完善。

编 者

2005年7月

目 录

数字电子技术实验操作规程	1
第一部分 实验	3
1.1 基础实验	3
实验一 脉冲参数测量	3
实验二 门电路的测试	6
实验三 译码器和数据选择器的功能测试及应用	11
实验四 裁判表决电路	14
实验五 格雷码 G 转换为二进制码 B 的电路设计	15
实验六 优先报警电路的设计	17
实验七 循环码转换为 BCD 码的转换电路的设计及其显示电路	18
实验八 发电机控制电路的设计	20
实验九 组合电路中竞争与冒险的研究	22
实验十 触发器的测试及其应用	24
实验十一 四人智力抢答电路	27
实验十二 时序逻辑器件功能测试及其简单应用	29
实验十三 简易交通灯控制电路的设计	33
实验十四 流水彩灯电路的设计	35
实验十五 彩灯系统循环电路	36
实验十六 多谐振荡器和单稳态电路的设计与调试	38
实验十七 时基电路 555 应用电路的设计与测试	40
实验十八 A/D 转换器的测试	42
实验十九 D/A 转换器的测试及应用	45
实验二十 存储器 RAM 和 ROM 的测试	50
1.2 EWB 实验	55
实验一 门电路及应用	55
实验二 编码、译码与显示电路	58
实验三 寄存器和计数器电路	61
实验四 555 时基电路构成的多谐振荡器及单稳态电路	66
实验五 555 时基电路组成的波形发生器及应用	67
附录 1 Electronics workbench 使用介绍	68
1.3 PLD 实验	98
实验一 门电路	98
实验二 发电机控制电路的设计	99
实验三 简易交通灯控制电路的设计	100

实验四 一位二进制加法器的设计	101
实验五 简单十进制计数器的设计	102
附录 2 Max+plus II 使用介绍	103
1.4 综合性实验	156
实验一 加法计数电路的设计	156
实验二 简易直流数字电压表的设计	157
第二部分 故障检测和诊断	160
2.1 数字电路常见故障检测和排除	160
2.2 数字电路系统的故障检测和诊断方法	162
第三部分 常用电子元器件标识及其使用简介	169
3.1 常用电子元器件的标识	169
3.1.1 电阻器	169
3.1.2 电位器	170
3.1.3 电容器	171
3.1.4 显示器件	171
3.1.5 我国集成电路型号命名规则	172
3.1.6 国际数字集成电路	173
3.1.7 其他常用电子器件的主要参数	175
3.1.8 常用数字集成电路的管脚排列图	175
3.2 TTL 器件和 CMOS 器件的使用	182
3.2.1 TTL 器件使用规则	182
3.2.2 CMOS 器件使用规则	183
3.2.3 TTL 器件、CMOS 器件、运算放大器之间的接口电路	184
第四部分 常用电子测量仪器的使用	188
4.1 概述	188
4.1.1 电子测量仪器与被测电路的联接原则	188
4.1.2 使用电子测量仪器的基本要领	188
4.1.3 电压测量仪表的选择原则	190
4.2 TDS-2002 数字存储示波器	191
4.2.1 概述	191
4.2.2 主要技术指标	191
4.2.3 面板结构与说明	194
4.2.4 应用实例	199
4.3 DLBS-1 型数字逻辑箱使用说明	204
4.3.1 DLBS-1 型数字逻辑箱整体布局	204
4.3.2 使用简要说明	204
4.4 EPM7000S 实验系统使用说明	207
4.5 VC9807A 数字万用表使用说明	208
4.5.1 概述	208

4.5.2 操作面板说明	208
4.5.3 使用方法	208
4.6 虚拟仪器 DSO25216 的使用简介	210
4.6.1 技术指标	211
4.6.2 使用简介	212
参考文献	219

数字电子技术实验操作规程

实验教学的目的不仅在于消化、巩固理论教学的知识,更重要的是通过实验来提高实验者分析、解决实际问题的能力,树立诚实的科学工作作风。特别是工科专业的学生,更应该踏踏实实,一步一个脚印地完成本环节的学习任务,为后继课程的学习和以后的工作打牢知识基础。要完成本环节的学习任务,实验前应该如何进行准备,实验操作中要注意什么,实验后如何分析、总结和写出符合要求的实验报告等,下面就这些问题作具体说明。

一、实验预习

1. 认真做好实验前的预习,可以使实验者心中有数,高效、有目的地进行实验操作。通过预习,认真阅读指定实验的内容、相关的理论知识、所用仪器及操作方法,还要准备一份具有自我指导作用的预习报告,包括实验名称、实验目的、实验日期、所用仪器名称及其型号,并列有关数据记录表格,画出有关波形记录等。预习报告要简洁明了,有条理。

2. 预习报告不是简单地抄写书上的内容,而是要理解与实验内容相关的原理,明确实验目的,理顺将要进行的实验的来龙去脉,也就是预先做好自我安排。只有这样,才能达到事半功倍的效果。

3. 对于设计性实验,要写出详细的设计过程,画出实验原理图和接线图,准备好实验原始记录单,对于关键的实验,其操作步骤亦应简要列出。

4. 实验原始记录单很重要,是重复验证该实验的依据。因为实际的工程和科学实验具有可重复性,当怀疑实验结果的准确性时,可以按照所记录仪器的型号、编号及相同的实验条件再次进行实验,查明是仪器还是人为造成的原因。实验原始记录单在做完实验检查无误后保留在实验室。当然,写总结报告所需的数据或图表要记得备份带回,以免影响写总结报告时的数据处理。

二、实验操作

实验者应该对整个实验过程有通盘的考虑,切忌忙乱、顾此失彼。应该做到以下几点:

1. 检查本次实验所需的器材,如仪器、元器件等是否满足要求,并记录其型号、编号。

2. 接线时应该关闭电源,看清楚器件的型号、管脚排列,接线完成并检查无误后才能通电测试。对于比较大型的实验,应该遵循先调试前级、后调试后级,先调试子系统、后调试整机电路的原则,切忌一口气把所有的线都接完,这样会增加检查故障的难度。

3. 在实验过程中,指导教师除在实验开始前作必要的讲解和指导外,一般只处理仪器设备和元件的故障问题。对于实验者碰到的其它问题,要靠自己认真分析解决,指导教师仅作提示。

4. 出现故障时,应该有目的、有方法地排除,可参考本书第二部分内容。千万不要立即拔掉线重新接,这样做可能使原来的故障没有排除,还增加了新的故障点。

5. 要认真记录实验结果,包括数据、波形、波形参数和实验现象,判断其正确性。如有怀疑,应该立即查找原因,不能编造实验数据或实验结果,或没有记录完整就拆线离开实验室,

应检查无误,经老师确认后才能拆线。

三、实验报告

实验报告是对实验结果的总结与提高,缺乏一份科学的实验报告,只能说是“玩了一次实验”而已,意义和收获不大。在工程、科学实践中,实验报告是鉴定、改进产品和进行科学论证的重要依据,应予以高度重视。

实验报告既不是实验原始记录单,也不是原始记录的简单复制。它应该源于实验而又高于实验,也就是说,实验报告既要忠实、科学地反映实验结果,又要通过对实验结果的分析讨论,得出相应的结论,并提出必要的改进建议。故实验报告应有以下内容和要求:

1. 实验的名称、日期及目的,实验器材记录,实验原理推导。
2. 实验者的姓名、单位及所坐的台号。
3. 实验任务的逻辑电路及其数据、图表、曲线的整理,要注意物理量的单位,坐标要标好刻度。
4. 实验结果与技术理论的比较及对异常现象的分析讨论。
5. 实验结果的评价及对实验的体会与建议。
6. 报告要条理清晰,数据记录分明。
7. 每项实验报告均要对页码进行编号,每页要注明“共×页,第×页”。

以上只是对实验时需要注意的事项和要求作简单的介绍,关于实时要求或通知,可登陆实验室网站 <http://218.192.167.149> 查询。

第一部分 实验

1.1 基础实验

实验一 脉冲参数测量

一、实验目的

1. 了解数字示波器的特点和基本工作原理,初步掌握 TDS-2002 双踪数字示波器的功能和使用方法。
2. 了解 DLBS-1 型逻辑实验器的使用方法。
3. 掌握脉冲参数的测试方法。
4. 理解器件延时的概念。

二、预习要求

1. 认真阅读本书前面的“数字电子技术实验操作规程”。
2. 阅读本书第四部分 TDS-2002 数字示波器和 DLBS-1 型数字逻辑箱的使用说明。
3. 明确本次实验的目的和内容,拟定记录的表格和坐标,写好预习报告。
4. 熟悉 CD4011 等集成电路芯片的管脚排法及功能。

三、实验器材

1. TDS-2002 双踪数字示波器。
2. DLBS-1 型数字逻辑箱。
3. VC9807A 数字万用表。
4. CMOS 四 2 输入与非门 CD4011, TTL 四 2 输入与非门 74LS00。

四、TDS-2002 数字示波器的简单设置步骤

1. 语言设置

按 UTILITY(辅助功能)按钮,在菜单显示区“Language”设置为“中文(简)”(按右边菜单选择按钮)。

2. 通道设置

按 CH1 或 CH2 按钮,在菜单显示区“耦合”设置为“直流”,“带宽限制”设置为“关”,

“伏/格”根据需要设置为“粗调”或“细调”，“探头”设置为“1×”，“反相”设置为“关闭”。

3. 触发源和触发电平的设置

先按一下 TRIG MENU(触发菜单)按钮,然后在菜单显示区中,“类型”设置为“边沿”(按右边菜单选择按钮),“信源”设置为被测信号输入的通道“CH1”或“CH2”,“触发方式”设置为“自动”,“耦合”设置为“交流”,再调节 LEVEL(触发电平)旋钮使波形显示稳定。

4. 按 AUTOSET(自动设置)按钮,上面设置生效。

五、实验内容和方法

1. 用 TDS-2002 数字示波器测量 DLBS-1 型数字逻辑箱上的 1kHz 方波信号的脉冲参数。将逻辑实验器上的 1kHz 方波信号接到示波器的其中一个通道,打开示波器和逻辑实验器的电源。

(1) 幅度 V (峰—峰值)、周期 T 、频率 f 的测量

按 AUTOSET(自动设置)按钮,此时若波形显示稳定,就可以直接读出并记录信息显示区的峰—峰值 V 、周期 T 、频率 f 。

(2) 脉冲宽度 D (正频宽)的测量

在自动设置菜单显示区,选择正频宽测量(按右边菜单选择按钮),直接读出并记录信息显示区的正频宽数值。

(3) 上升时间 T_r 和下降时间 T_f 的测量

在自动设置菜单显示区,选择上升时间测量(按右边菜单选择按钮),直接读出并记录信息显示区的上升时间数值。同理,在自动设置菜单显示区,选择下降时间测量(按右边菜单选择按钮),直接读出并记录信息显示区的下降时间数值。

(4) 高电平 V_{OH} 、低电平 V_{OL} 的测量

按 MEASURE(测量)按钮,在菜单显示区“类型”中选择最大值,则“值”中显示的数值就是高电平 V_{OH} ;同理,选择最小值,则“值”中显示的数值就是低电平 V_{OL} ,读出并记录高电平 V_{OH} 、低电平 V_{OL} 。

2. 用 TDS-2002 数字示波器测量 DLBS-1 型数字逻辑箱上的 100kHz 方波信号的脉冲参数。

仿照本实验内容中对 100kHz 方波信号的脉冲参数进行测量,并作记录。

3. 平均传输时间 t_{pd} 的测试

(1) 原理分析

信号通过任何一个系统都需要时间,即传输时间,它的大小与系统的结构和构成电路的器件等因素有关。本次实验的电路可以看做一个小系统,如图 1-1(a)所示。通过测量 V_i 与 V_o 的前沿延迟 t_{pd1} 和后沿延迟 t_{pd2} 就可以算得信号通过该系统总的时间为 $(t_{pd1} + t_{pd2})/2$,因示波器的两个通道是对称的,其延迟时间抵消,而该系统由 4 个门构成,故通过每个门的时间平均值为 $[(t_{pd1} + t_{pd2})/2] \times (1/4)$ 。

(2) 将 100kHz 的方波信号输入到由四个与非门(CD4011)串联的电路中,如图 1-1(a)所示,用示波器观察并测量 V_i 波形前沿幅值的 50% 与 V_o 波形前沿幅值的 50% 两个点之

间的时间差值 t_{pd1} 和 V_i 波形后沿幅度的 50% 与 V_o 波形后沿幅值 50% 两个点之间的时间差值 t_{pd2} , 如图 1-1(b) 所示, 那么算得每个门的平均延迟时间为 $[(t_{pd1} + t_{pd2})/2] \times (1/4)$ 。

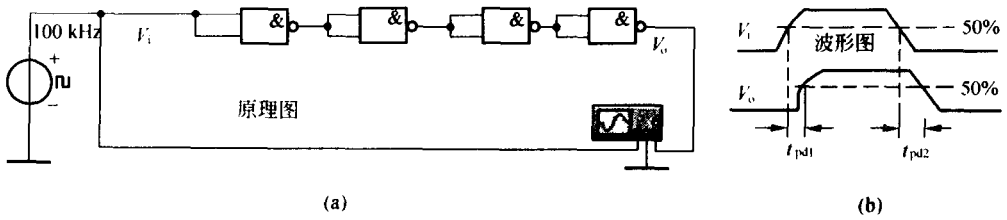


图 1-1

要测量 t_{pd1} 和 t_{pd2} , 可以调出示波器的光标来测量。方法是: 按 CURSOR 按钮, 在菜单显示区中, “类型” 选择 “时间”, 调节 CH1 垂直位移旋钮 (光标 1), 使光标线与 V_i 波形前沿相交于其幅值 50% 的点, 调节 CH2 垂直位移旋钮 (光标 2), 使光标线与 V_o 波形前沿相交于其幅值 50% 的点, 则在菜单显示区中, “增量” 可读出 t_{pd1} ; t_{pd2} 用相同方法测量, 记录 t_{pd2} 和 t_{pd2} 。

(3) 将 100kHz 的方波信号输入到由四个与非门(74LS00)串联的电路中, 如图 1-1(a) 所示, 方法同上。

4. 启动 DSO25216 虚拟仪器的示波器功能, 对上述实验 “1” 和 “2” 进行测量, 比较它们的结果。

六、思考题

1. 数字示波器与模拟示波器比较, 在功能上有何异同? 读数的方法又有何异同?
2. 用 TDS-2002 数字示波器测量脉冲信号时, 测量 “值” 后出现 “?” 时, 应该如何调节示波器? 被测信号在显示区显示不稳定, 又应该如何调节示波器?
3. 讲述用 TDS-2002 数字示波器测量脉冲信号波形上某两个点的电平值和时间差的方法。
4. 简述为什么不能用万用表准确测量脉冲信号的幅值的理由。
5. 比较 CD4011 和 74LS00 的传输时间的大小, 说明对电路会产生什么影响。它主要与什么因素有关?

七、实验报告要求

1. 记录并整理实验数据, 将观察到的波形画在坐标平面上, 注意坐标的刻度。
2. 回答思考题。
3. 写出实验过程中出现的问题、解决办法及体会。
4. 简单叙述 DSO25216 虚拟仪器的优点。

实验二 门电路的测试

一、实验目的

1. 熟悉集成门电路的逻辑功能和测试方法。
2. 掌握 TTL 和 CMOS 与非门的电压传输特性和部分参数的测试方法。

二、预习要求

1. 复习各种门电路的逻辑功能及各参数的意义,了解其使用和测试方法。
2. 复习 TDS-2002 数字示波器及 DLBS-1 型数字逻辑箱的使用方明。
3. 按实验内容的要求,做好预习报告,画好记录表格和坐标。

三、实验器材

1. TDS-2002 数字示波器。
2. DLBS-1 型数字逻辑箱。
3. VC9807A 数字万用表。

四、实验内容

(一)门电路的逻辑功能测量

1. 静态逻辑测试

(1)与非门的逻辑测试

与非门的逻辑测试要求分别对 TTL 集成电路芯片 74LS00 和 CMOS 集成电路芯片 CD4011 进行测试,方法是在 74LS00 中选择一个与非门,将其两个输入端接电平开关(注意芯片要接工作电源),输出端接指示灯,拨动电平开关,输入不同的组合电平(4 种),如图 1-2 所示,观察并记录到其真值如表 1-1 中;同样在 CD4011 中选择一个与非门进行测试,记录其结果。

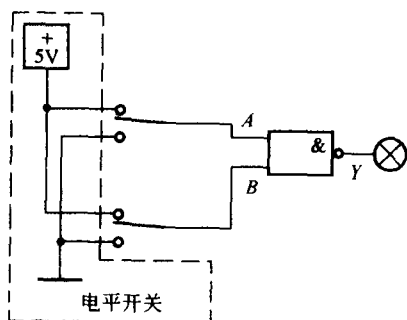


图 1-2

表 1-1

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(2)异或门的逻辑测试

在 TTL 集成电路芯片 74LS86 中选择一个异或门进行测试,记录其结果,方法与与非门的逻辑测试相仿,如图 1-3 所示,结果记录到表 1-2 中。

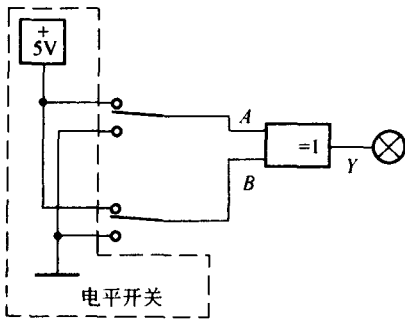


图 1-3

表 1-2

A	B	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(3)非门的逻辑测试

在 74LS00 或 CD4011 中选择一个门(注意芯片要接工作电源),将它连接成一个非门,然后对其进行测试。方法是先把与非门的两个输入端短接,当做一个输入端,再把这个输入端接一个电平开关,输出端接指示灯,通过拨动电平开关,就可测出输入与输出的关系,如图 1-4 所示,结果记录到表 1-3 中。

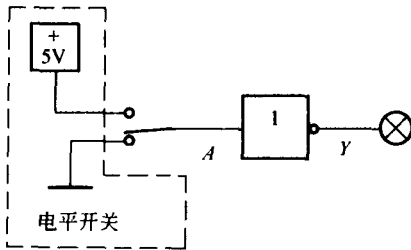


图 1-4

表 1-3

A	Y
0	
1	

(4)或门的逻辑测试

在 74LS32 中选择一个或非门,按图 1-5 所示接线,拨动电平开关,结果记录到表 1-4 中。

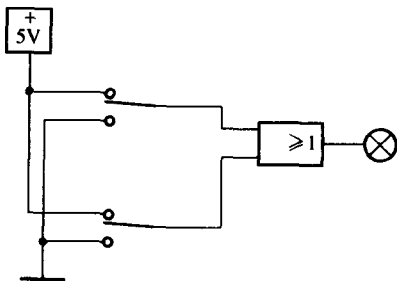


图 1-5

表 1-4

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(5)或非门的逻辑测试

在 74LS02 中选择一个或门,按图 1-6 接线,拨动电平开关,结果记录到表 1-5 中。

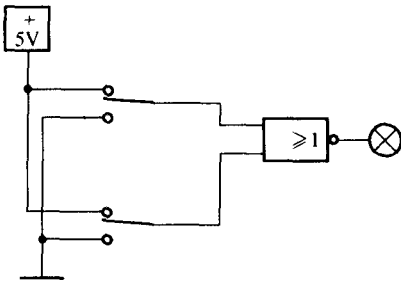


表 1-5

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

图 1-6

2. 动态逻辑测试

(1)与非门的动态测试

在 74LS00 中选择一个与非门,将其中一个输入端 A 接电平开关,另外一个输入端接方波信号,输入 1000Hz 的方波信号,用示波器同时观察并描绘 B 端和 Y 端在 A = “1”和 A = “0”两种情况下的波形(注意芯片要接工作电源),如图 1-7(a)所示。

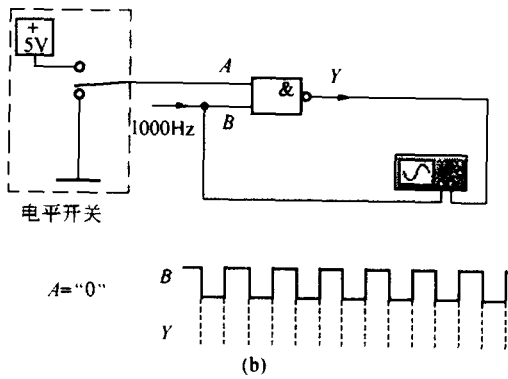
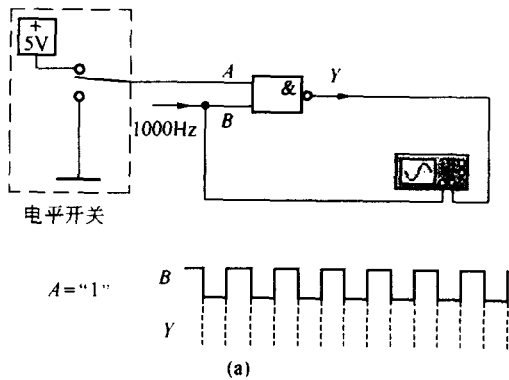


图 1-7

(二)电压传输特性的测量

1. 逐点测试法

按图 1-8 所示接线,两输入端的与非门分别选用 TTL 器件 74LS00 和 CMOS 器件 CD4011 中的与非门,通过调节电位器触头 P 可以得到不同的输入电压 V_i ,对应读出不同的输出电压 V_o ,填入表 1-6 中。根据表中的数值,在坐标平面上画出其对应的电压传输特性曲线,并在曲线上读出并记录其 V_{OH} 、 V_{OL} 、 V_{OT} 的数值。

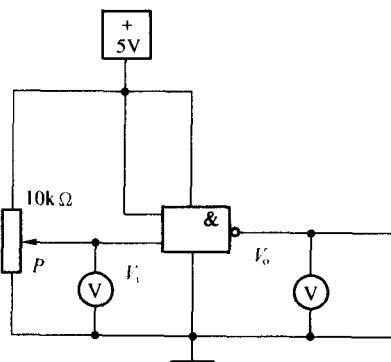


图 1-8

表 1-6

TTL 门		COM 门	
V_i (V)	V_o (V)	V_i (V)	V_o (V)

2. 扫描测试法

按图 1-9 所示接线,两输入端的与非门分别选用 TTL 器件 74LS00 和 CMOS 器件 CD4011 中的与非门, V_i 由锯齿波发生器提供锯齿波。当示波器调节好以后, x 轴为电压轴,它随时间而变化,由 CH1 输入的 V_i 决定;同时 y 轴也为电压轴,大小由 CH2 输入的 V_o 决定。这样,锯齿波变化一个周期,电压传输特性曲线就完整地显示一次,当锯齿波的频率达到 1kHz 时,每秒钟就有 1000 条传输曲线在示波器中重复显示,故在示波器刻度板上就能看到稳定而完整的传输特性曲线,在曲线上分别读出并记录其 V_{OH} 、 V_{OL} 、 V_{OT} 的数值。

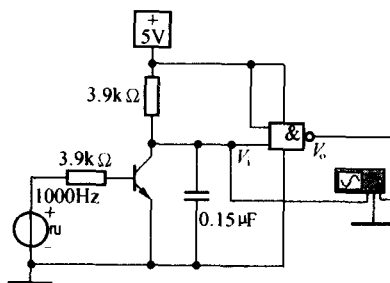


图 1-9

示波器的调节方法:首先,把刻度板平面定为 xOy 平面,即 x 轴、 y 轴都为电压轴;按下 DISPLAY 按钮,在其菜单中,“类型”设置为“点”,“持续”设置为“关闭”,“格式”设置为“ xy ”。其次,设定坐标原点:按下“CH1”通道设置按钮,在其菜单中,“耦合”设置为“接地”,“带宽限制”设置为“关”;按下“CH2”通道设置按钮,在其菜单中,“耦合”设置为“接地”,“带宽限制”设置为“关”,此时显示屏上可以看到一个“亮点”,调节 CH1 和 CH2 的位移旋钮,将该“亮点”移到刻度线的交叉点上,该交叉点就定为坐标原点,交叉的两条刻度线就是坐标轴,接着,把 CH1 和 CH2 的通道设置菜单中“耦合”设置为“直流”。

读数方法:在 xy 格式下,示波器的光标功能失效,只能用“格数(被测信号波形中的点与坐标轴之间的格数)×伏/格(灵敏度指示值)”方法来读数。

(三) TTL 与非门的输入、输出电流测量

1. TTL 与非门通导电流 I_{CC} 接线方法如图 1-10 所示。

将稳压电源输出调节为直流 5V，按上边接好线就可以测得通导电流 I_{CC} 。注意电流表量程应从大量程开始，慢慢调到合适量程，记录 I_{CC} 的值。

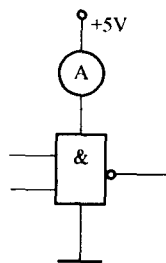


图 1-10

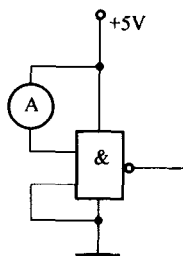


图 1-11

2. 高电平输入电流 I_{IH}

选择集成芯片 74LS00 中的一个门，按图 1-11 所示接好线就可以测出 I_{IH} 。注意电源为 5V，电流表量程开始为大量程，再根据测量值调到合适量程，如图 1-11 所示，记录 I_{IH} 的值。

3. 低电平输入电流(拉电流) I_{IL}

选择芯片 74LS00 中的一个门，按图 1-12 所示接线。注意电源为 5V，电流表的量程应从大到合适，被选用的门的另一输入端为悬空，如图 1-12 所示，记录 I_{IL} 的值。

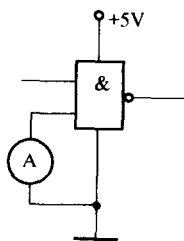


图 1-12

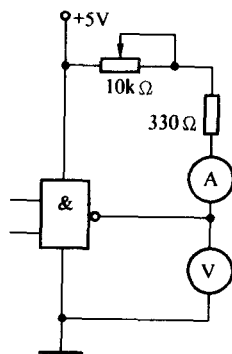


图 1-13

4. 低电压输出电流(灌电流) I_{OL} 的测量及扇出系数的计算

选择芯片 74LS00 中的一个门，其两个输入端悬空，电源输出调为 5V，如图 1-13 所示连好线，调节电位器的触头，使电压表的读数为 0.4V。此时电流表的读数就是 I_{OL} ，记录 I_{OL} 的值，算出该门的扇出系数 $N = I_{OL} / I_{IL}$ 。

五、思考题

1. TTL 与非门的输出端能否“线与”(输出端短接)? 什么类型的门可以? 请说明理由。
2. I_{IL} 、 I_{OL} 太大, 对电路有什么影响? 为什么?