

应用型人才培养

高等学校“十二五”规划教材

数字电子技术实验教程

(含实验报告书)

王维斌 王庭良◎编

(第2版)

西北工业大学出版社

高等学校“十二五”规划教材

数字电子技术实验教程

(含实验报告书)

(第2版)

王维斌 王庭良 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据高等学校电类专业本科生实验要求而编写的。全书共分三部分内容,第一部分为实验基础知识;第二部分为基础性实验;第三部分为电子技术课程设计;书后有附录。

本书内容循序渐进,由浅入深,通过设计的实验加强对学生实际应用能力的培养。本书适合作为高等学校电子类、通信类、计算机类、自动化类本科生的实验课教材。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实验教程:含实验报告书/王维斌,王庭良编. —西安:西北工业大学出版社,2015.1

ISBN 978-7-5612-4306-0

I. ①数… II. ①王… ②王… III. 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 (2015)第 034206 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西省富平县万象印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:11

字 数:264 千字

版 次:2015 年 4 月第 2 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

定 价:26.00 元(含实验报告书)

前 言

数字电子技术课程是高等学校电子类、通信类、计算机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,还可以培养学生科学严谨、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,结合了多年来从事实验课教学和电子技术课程工作的经验,在原来讲义的基础上编写而成的。

全书共分为三部分。第一部分为实验基础知识,主要介绍了实验的基本过程、实验操作规范、数字集成电路的特点和数字逻辑电路的测试方法。第二部分为基础性实验,结合教学大纲,选编了 17 个基础实验,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。第三部分为电子技术课程设计,整理编写了 14 个具有实际意义的设计内容,并详细介绍了设计原理和调试方法。

本书以实践教学为目的,以设计入门为基础,以综合性和设计性为重点,涵盖了数字系统设计及其相关课程所需求的实验和设计内容。对每个设计题目,都按说明原理、概括方法、提供部分参考设计的思路编撰,力求重点突出,基本概念明确清晰,以求起到抛砖引玉的作用,收到培养学生的独立思考能力和充分发挥学生创造性的效果。

全书由王维斌、王庭良编写,西北工业大学张会生教授对全书进行了审阅。在本书的编写过程中,得到了电子与通信实验教学中心老师的大力支持和帮助。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。

由于水平有限,书中不足和错误之处,恳请读者批评指正,以便继续改进和完善。

编 者

2014 年 5 月

目 录

第一部分 实验基础知识.....	1
第一节 实验的基本过程.....	1
第二节 实验操作规程和常见故障检查方法.....	2
第三节 数字集成电路概述、特点及使用须知	4
第四节 数字逻辑电路的测试方法.....	6
第五节 THD—1 型数字电路实验箱	6
第二部分 基础性实验	9
实验一 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	9
实验二 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	14
实验三 组合逻辑电路的设计与测试	17
实验四 半加器、全加器及其应用.....	22
实验五 译码器及其应用	26
实验六 数据选择器及其应用	30
实验七 数值比较器及其应用	35
实验八 基本触发器的功能测试	39
实验九 触发器的应用	43
实验十 计数器及其应用	45
实验十一 移位寄存器及其应用	50
实验十二 单稳态触发器与施密特触发器	54
实验十三 数字脉冲电路及其应用	60
实验十四 使用门电路产生脉冲信号	63
实验十五 555 定时器及其应用	66
实验十六 D/A 转换器及其应用	71
实验十七 A/D 转换器及其应用	74
第三部分 电子技术课程设计	80
课题一 8 路抢答器电路设计(一)	80
课题二 8 路抢答器电路设计(二)	83
课题三 数字电子钟设计	87
课题四 交通信号灯控制电路设计(一)	93
课题五 交通信号灯控制电路设计(二)	98
课题六 家用电风扇控制电路设计.....	106

课题七	电子拔河游戏机电路设计·····	115
课题八	数字频率计电路设计(一)·····	119
课题九	数字频率计电路设计(二)·····	125
课题十	电子秒表电路设计·····	130
课题十一	出租车计价器控制电路设计·····	133
课题十二	汽车尾灯控制电路设计·····	139
课程十三	篮球竞赛 30s 计时器电路设计·····	142
课程十四	电子密码锁电路设计·····	146
附录	·····	152
附录 I	数字电子电路的一般设计方法·····	152
附录 II	用万用表对常用电子元器件的检测·····	155
附录 III	电阻器的标称值及精度色环标志法·····	158
附录 IV	74LS,CD 系列数字集成电路简介 ·····	159
附录 V	常用逻辑符号对照表·····	164
附录 VI	74LS 系列部分集成电路外引线排列 ·····	165
附录 VII	实验报告书写格式·····	167
参考文献	·····	169

第一部分 实验基础知识

随着科学技术的发展,“数字电子技术”在各个科学领域中都得到了广泛的应用。它是一门实践性很强的专业基础课,在学习中不仅要掌握其基本原理和基本方法,更重要的是要学会灵活应用。因此,需要配合进行一定数量的实验,才能有助于学生掌握这门课程的基本内容,熟悉各单元电路的工作原理及各集成元器件的逻辑功能和使用方法,从而具备理论联系实际和解决实际问题的能力,树立科学的工作作风。

第一节 实验的基本过程

实验的基本过程应包括确定实验内容,选定最佳的实验方法和实验线路,拟出合理的实验步骤,合理选择仪器设备和元器件,再进行连接、安装和调试,最后写出完整的实验报告。

当进行数字电路实验时,要充分掌握和正确利用集成元器件及其构成的数字电路独有的特点和规律,以达到事半功倍的效果。对于完成每一个实验,应做好实验预习、实验记录和实验报告等环节。

1. 实验预习

认真预习是做好实验的关键,预习好坏不仅关系到实验能否顺利进行,而且直接影响实验效果。预习应按实验要求进行,在每次实验前首先要认真复习有关实验的基本原理,掌握有关元器件的使用方法,对如何着手进行实验做到心中有数;通过预习还应做好实验前的准备,写出一份预习报告,其内容包括以下几方面。

(1)绘出设计好的实验电路图。该图应该是逻辑图和连线图的混合,既便于连接线路,又能反映电路原理,应在图上标出元器件型号、使用的引脚号及元器件的参数值,必要时还须用文字说明。

(2)拟定实验方法和步骤。

(3)拟好记录实验数据的表格和波形。

(4)列出元器件清单。

2. 实验记录

实验记录是实验过程中所获得的第一手资料,在测试过程中所测试的数据和波形应与理论上的基本一致,所以记录必须清楚、合理、正确。若不正确,找出原因,并须及时重复测试。实验记录应包括以下内容。

(1)实验任务、名称及内容。

(2)实验数据和波形以及实验中出现的现象,从记录中应能初步判断实验的正确性。

(3)实验中实际使用的仪器型号和编号以及元器件的使用情况。

3. 实验报告

实验报告是培养学生对科学实验的总结能力和分析思维能力的有效手段,也是一项重要

的基本功训练,它能很好地巩固实验成果,加深对基本理论的认识和理解,从而进一步扩大知识面。

实验报告是一份技术总结,要求文字简洁,内容清楚,图表工整。其内容应包括实验目的、实验内容和实验结果,实验使用仪器和元器件以及对实验的分析、讨论等。其中实验内容和实验结果是报告的主要组成部分,它应包括实际完成的全部实验,并且要按实验任务逐个书写报告。每个实验报告应包括以下内容。

(1)实验的方框图、逻辑图(或测试电路)、状态图、真值表以及文字说明等;对于课程设计,还应有整个设计过程和关键的设计技巧说明。

(2)实验记录和经过整理的数据、表格、曲线和波形图,其中表格、曲线和波形图应充分利用专用实验报告简易坐标格,使用三角板、曲线板等工具描绘,力求画得准确,不得随手示意画出。

(3)实验结果分析、讨论及结论。对讨论的范围没有严格要求,一般应对重要的实验现象、结论加以讨论,以进一步加深理解;此外,对实验中的异常现象,可作一些简要说明,结合实验中的收获谈一些心得体会。

第二节 实验操作规程和常见故障检查方法

1. 实验操作规程

实验中操作的正确与否对实验结果影响甚大,因此,实验者须注意应按以下规程进行。

(1)搭接实验电路前,应对仪器设备进行必要的检查校准,对所用集成电路进行功能测试。

(2)搭接电路时,应遵循正确的布线原则和操作步骤(即要按照先接线后通电,做完后,先断电再拆线的步骤)。

(3)掌握科学的调试方法,有效地分析并检查故障,以确保电路工作稳定可靠。

(4)仔细观察实验现象,完整准确地记录实验数据并与理论值进行比较分析。

(5)实验完毕,经指导教师同意后,可关断电源,拆除连线,整理好实验物品并放在实验箱内,将实验台清理干净,物品摆放整齐。

2. 布线原则

布线原则是便于检查,排除故障和更换元器件。布线原则和故障检查是实验操作的重要问题。

在数字电路实验中,由错误布线引起的故障占很大比例。布线错误不仅会导致电路故障,严重时甚至会损坏器件,因此,注意布线的合理性和科学性是十分必要的。正确的布线原则大致有以下几点。

(1)接插集成电路时,先校准两排引脚,使之与实验底板上的插孔对应,轻轻用力将电路插上,然后在确定引脚与插孔完全吻合后,再稍用力将其插紧,以免引起集成电路的引脚弯曲、折断或者接触不良。

(2)不允许将集成电路方向插反,一般 IC 的方向是缺口(或标记)朝左,引脚序号从左下方的第一个引脚开始,按逆时针方向依次递增至左上方的第一个引脚。

(3)导线应粗细适当,一般选取直径为 0.6~0.8 mm 的单股导线,最好采用各种色线以区别不同用途,如电源线用红色,地线用黑色。

(4)布线应有秩序地进行,随意乱接容易造成漏接、错接。较好的方法是首先接好固定电平点,如电源线、地线、门电路闲置输入端、触发器异步置位复位端等;其次,再按信号源的顺序从输入到输出依次布线。

(5)连线应避免过长,避免从集成元器件上方跨接,避免过多的重叠交错,以利于布线、更换元器件以及检查和排除故障。

(6)当实验电路的规模较大时,应注意集成元器件的合理布局,以便得到最佳布线。布线时,顺便对单个集成元器件进行功能测试。这是一种良好的习惯,实际上这样做不会增加布线工作量。

(7)应当指出,布线和调试工作是不能截然分开的,往往需要交替进行,对于大型实验,元器件很多时,可将总电路按其功能划分为若干相对独立的部分,逐个布线、调试(分调),然后将各部分连接起来(联调)。

3. 故障检查

实验中,如果电路不能完成预定的逻辑功能时,就称电路有故障。产生故障的原因大致可以归纳为以下4个方面:操作不当(如布线错误等);设计不当(如电路出现故障等);元器件使用不当或功能不正常;仪器(主要指数字电路实验箱)和集成元器件本身出现故障。因此,上述4点应作为检查故障的主要线索。以下介绍几种常见的故障检查方法。

(1)查线法。在实验中,大部分故障都是由于布线错误引起的,因此,在故障发生时,复查电路连线为排除故障的有效方法。在检查线路时,应着重注意有无漏线、错线,导线与插孔接触是否可靠,集成电路是否插牢或插反等。

(2)观察法。用万用表直接测量各集成块的 V_{CC} 端是否加上电源电压;输入信号、时钟脉冲等是否加到实验电路上,可观察输出端有无反应。重复测试观察故障现象,然后对某一故障状态,用万用表测试各输入/输出端的直流电平,从而判断出是否是插座板、集成块引脚连接线等原因造成的故障。

(3)信号注入法。在电路的每一级输入端加上特定信号,观察该级输出响应,从而确定该级电路是否有故障。必要时可以切断周围连线,避免相互影响。

(4)信号寻迹法。在电路的输入端加上特定信号,按照信号流向逐线检查响应是否正确,必要时可多次输入不同信号。

(5)替换法。对于多输入端器件,在出现故障时,可通过调换输入端来排除故障。必要时可更换器件,以检查因器件功能不正常引起的故障。

(6)动态逐线跟踪检查法。对于时序电路,可输入时钟信号,按信号流向依次检查各级波形,直到找出故障点为止。

(7)断开反馈线检查法。对于含有反馈线的闭合电路,应该设法断开反馈线进行检查,或进行状态预置后再进行检查。

上述故障检查的方法是指在仪器工作正常的前提下进行的。如果实验时电路功能测不出来,则应首先检查供电情况,若电源电压已加上,便可把有关输出端直接接到0-1显示器上检查;若逻辑开关无输出则是开关接触不好或是内部电路出现故障。

需要强调指出,实验经验对于故障检查是大有帮助的,但只要充分预习,掌握基本理论和实验原理,就不难用逻辑思维的方法较好地判断和排除故障。

第三节 数字集成电路概述、特点及使用须知

1. 概述

当今,数字电子电路几乎已完全集成化了。因此,充分掌握和正确使用数字集成电路,用以构成数字逻辑系统,就成为数字电子技术的核心内容之一。

集成电路按集成度可分为小规模、中规模、大规模和超大规模等。小规模集成电路(SSI)是在一块硅片上集成约1~10个门,通常为逻辑单元电路,如逻辑门、触发器等。中规模集成电路(MSI)的集成度为10~100门/片,通常是逻辑功能电路,如译码器、数据选择器、计数器、寄存器等。大规模集成电路(LSI)的集成度为100门/片以上,超大规模集成电路(VLSI)的集成度为1000门/片以上,通常是一个小的数字逻辑系统。现已制成规模更大的极大规模集成电路。

数字集成电路还可分为双极型电路和单极型电路两种。双极型电路中有代表性的是TTL电路;单极型电路中有代表性的是CMOS电路。国产TTL集成电路的标准系列为CT54/74系列或CT0000系列,其功能和外引线排列与国际54/74系列相同。国产CMOS集成电路主要为CC(CH)4000系列,其功能和外引线排列与国际CD4000系列相对应。高速CMOS系列中,74HC和74HCT系列与TTL74系列相对应,74HC4000系列与CC4000系列相对应。

逻辑表达式或功能表描述了集成电路的功能以及输出与输入之间的逻辑关系。为了正确使用集成电路,应该对它们进行认真研究,深入理解,充分掌握,还应对使能端的功能和连接方法给以充分的注意。

必须正确了解集成电路参数的意义和数值,并按规定使用。在实验中要严格遵守极限参数的限定,因为即使瞬间超出极限参数,也会使器件遭受损坏。

下面具体说明集成电路的特点和使用须知。

2. TTL 器件

(1)TTL 器件的特点。

- 1)输入端一般有钳位二极管,减少了反射干扰的影响;
- 2)输出电阻低,增强了带容性负载的能力;
- 3)有较大的噪声容限;
- 4)采用+5 V 的电源供电。

为了正常发挥器件的功能,应使器件在推荐的条件下工作,对CT0000系列(74LS系列)器件,主要有以下极限参数:①电源电压应在4.75~5.25 V的范围内;②环境温度在0~70℃之间;③高电平输入电压 $V_{IH} > 2.7\text{V}$,低电平输入电压 $V_{SL} < 0.35\text{V}$;④输出电流应小于最大推荐值(查手册);⑤工作频率不能高,一般的门和触发器的最高工作频率约为30 MHz。

(2)TTL 器件使用须知。

1)电源电压应严格保持在 $(5 \pm 10\%)\text{V}$ 的范围内,过高易损坏器件,过低则不能正常工作。在实验中一般采用稳定性好、内阻小的直流稳压电源。使用时,应特别注意电源与地线不能错接,否则会因电流过大而造成器件损坏。

2)多余输入端最好不要悬空,虽然悬空相当于高电平,并不能影响与门(与非门)的逻辑功

能,但悬空时易受干扰,为此,与门、与非门多余输入端可直接接到 V_{CC} 上,或通过一个公用电阻(几千欧)接到 V_{CC} 上。若前级驱动能力强,则可将多余输入端与使用端并接,不用的或门、或非门输入端直接接地,带有扩展端的门电路,其扩展端不允许直接接电源。

3)输出端不允许直接接电源或接地(但可以通过电阻与电源相连);不允许直接并联使用(集电极开路门和三态门除外)。

4)设计电路时,应考虑电路的负载能力(即扇出系数),要留有余地,以免影响电路的正常工作,扇出系数可通过查阅器件手册或计算获得。

5)在高频工作时,应通过缩短引线、屏蔽干扰源等措施,抑制电流的尖峰干扰。

3. CMOS 数字集成电路

(1)特点。

1)静态功耗低:电源电压 V_{DD} 为 5 V 的中规模电路的静态功耗小于 $100\ \mu\text{W}$,从而有利于提高集成度和封装密度,降低成本,减小电源功耗。

2)电源电压范围宽:4000 系列 CMOS 电路的电源电压范围为 $3\sim 18\text{ V}$,从而使选择电源的余地大,电源设计要求低。

3)输入阻抗高:正常工作的 CMOS 集成电路,其输入端保护二极管处于反偏状态,直流输入阻抗可大于 $100\text{ M}\Omega$,在工作频率较高时,应考虑输入电容的影响。

4)扇出能力强:在低频工作时,一个输出端可驱动 50 个以上的 CMOS 器件的输入端,这主要是因为 CMOS 器件的输入电阻高的缘故。

5)抗干扰能力强:CMOS 集成电路的电压噪声容限可达电源电压的 45%,而且高电平和低电平的噪声容限值基本相等。

6)逻辑摆幅大:空载时,输出高电平 $V_{OH} > (V_{DD} - 0.05\text{ V})$,输出低电平 $V_{OL} < (V_{SS} + 0.05\text{ V})$ 。

CMOS 集成电路还有较好的温度稳定性和较强的抗辐射能力。不足之处是,一般 CMOS 器件的工作速度比 TTL 集成电路低,功耗随工作频率的升高而显著增大。

CMOS 器件的输入端和 V_{SS} 之间接有保护二极管,除了电平变换器等一些接口电路外,输入端和正电源 V_{DD} 之间也接有保护二极管,因此,在正常运转和焊接 CMOS 器件时,一般不会因感应电荷而损坏器件。但是,在使用 CMOS 数字集成电路时,输入信号的低电平不能低于 $(V_{SS} - 0.5\text{ V})$,除某些接口电路外,输入信号的高电平不得高于 $(V_{DD} + 0.5\text{ V})$,否则可能引起保护二极管导通甚至损坏,进而可能使输入级损坏。

(2)使用须知。

1)电源连接和选择: V_{DD} 端接电源正极, V_{SS} 端接电源负极(地)。绝对不允许接错,否则器件会因电流过大而损坏。对于电源电压范围为 $3\sim 18\text{ V}$ 的系列器件,如 CC4000 系列,实验中 V_{DD} 通常接 +5 V 电源, V_{DD} 电压选择电源变化范围的中间值。

CMOS 器件在不同的 V_{DD} 值下工作时,其输出阻抗、工作速度和功耗等参数都有所变化,设计中须考虑。

2)输入端处理:多余输入端不能悬空,应按逻辑要求接 V_{DD} 或接 V_{SS} ,以免受干扰造成逻辑混乱,甚至损坏器件。对于工作速度要求不高,而要求增加带负载能力时,可把输入端并联使用。

对于安装在印刷电路板上的 CMOS 器件,为了避免输入端悬空,在电路板的输入端应接

入限流电阻 R_P 和保护电阻 R 。当 $V_{DD}=+5\text{ V}$ 时, R_P 取 $5.1\text{ k}\Omega$, R 一般取 $100\text{ k}\Omega\sim 1\text{ M}\Omega$ 。

3) 输出端处理: 输出端不允许直接接 V_{DD} 或 V_{SS} , 否则将导致器件损坏, 除三态(TS)器件外, 不允许两个不同芯片输出端并联使用, 但有时为了增加驱动能力, 同一芯片上的输出端可以并联。

4) 对输入信号 V_I 的要求: V_I 的高电平 $V_{IH}<V_{DD}$, V_I 的低电平 V_{IL} 小于电路系统允许的低电压; 当器件 V_{DD} 端未接通电源时, 不允许信号输入, 否则将使输入端保护电路中的二极管损坏。

第四节 数字逻辑电路的测试方法

1. 组合逻辑电路的测试

组合逻辑电路测试的目的是验证其逻辑功能是否符合设计要求, 验证其输出与输入的关系是否与真值表相符。

(1) 静态测试。静态测试是在电路静止状态下测试输出与输入的关系。将输入端分别接到逻辑开关上, 用发光二极管分别显示各输入和输出端的状态。按真值表将输入信号一组一组地依次送入被测电路, 测出相应的输出状态, 与真值表相比较, 借以判断此组合逻辑电路静态工作是否正常。

(2) 动态测试。动态测试是测试组合逻辑电路的频率响应。在输入端加上周期性信号, 用示波器观察输入、输出波形, 并测出与真值表相符的最高输入脉冲频率。

2. 时序逻辑电路的测试

时序逻辑电路测试的目的是验证其状态的转换是否与状态图相符合。可用发光二极管、数码管或示波器等观察输出状态的变化。常用的测试方法有两种: 一种是单拍工作方式, 以单脉冲源作为时钟脉冲, 逐拍进行观测; 另一种是连续工作方式, 以连续脉冲源作为时钟脉冲, 用示波器观察波形, 来判断输出状态的转换是否与状态图相符。

第五节 THD—1 型数字电路实验箱

THD—1 型数字电路实验箱是浙江天煌科技实业有限公司研制的数字电路基本实验教学仪器。本实验箱主要由一大块单面线路板制成, 板上设有管脚集成块插座等, 板上还装有信号源、三态逻辑笔、直流稳压电源以及控制、显示等部件。

(1) 实验箱的供电。实验箱的后方设有带保险丝管(0.5A)的 220V 单相电源三芯插座(配有三芯插头电源线一根)。箱内设两只降压变压器, 供四路直流稳压电源用。

(2) 一块大型(435mm×325mm)单面敷铜印制线路板; 正面印有各部件、元器件的图形、线条和字符; 反面是其相应的印制线路板图。该板上包括以下各部分内容:

- 1) 电源总开关(POWER ON/OFF)。
- 2) 双排直插式集成电路插座 17 个。
- 3) 400 多个锁紧式、防转、叠插式插孔。

它们与集成电路插座镀银针管以及其他固定器件、线路等已在印刷板面连接好。正面上有黑线连接的地方, 表示反面(即印制线路板面)接好。这类插头与插座的导电接触面很大, 在

插入时略加旋转后,即可获得极大的轴向锁紧力,拔出时只要反向略加旋转即可拔出,而且插头与插头之间可以叠插,从而可形成一个立方体布线空间,使用方便。

4) 200 多根镀银长(15mm)紫铜针管插座。供实验时接插小型电位器、电阻、电容等分立元件之用(它们与相应的锁紧插座已在印刷线路板面连通)。

5) 6 组 BCD 码二进制七段译码器 74LS74 与相应的共阴 LED 数码显示管,它们在印刷线路板面已连接好。只要接通+5V 直流电源,并在每一位译码器的 4 个输入端 A,B,C,D 处加入 4 位 0000~1001 之间的代码,数码管即显示出 0~9 的十进制数字。

6) 16 个逻辑开关及相应的开关电平输出插口在接通+5V 电源后,当开关向上拨时,指向“H”,则输出口呈高电平,相应的 LED 发光二极管点亮;当开关向下拨时,指向“L”,则输出口呈低电平,相应 LED 发光二极管熄灭。

7) 16 个 LED 发光二极管显示器及其电平输入插口在连通+5V 电源后,当输入口接高电平时,所对应的 LED 发光二极管点亮,输入口接低电平时,则熄灭。

8) 脉冲信号源。在连通+5V 电源后,在输出口将输出幅度为 3.5V 的方波脉冲信号,其输出频率由调节频率范围波段开关的位置(1Hz,1kHz,10kHz)决定,并通过频率细调电位器输出频率进行细调,并有 LED 发光二极管指示有否脉冲信号输出,当频率范围开关置于 1Hz 挡时,LED 发光指示灯按 1Hz 左右的频率闪亮。

9) 单次脉冲源。在连通+5V 电源后,每按一次单次脉冲按键,在输出口分别送出一个负、正单次脉冲信号,并有 LED 发光二极管 L 和 H 用以指示。

10) 三态逻辑笔。将逻辑笔的电源 V_{CC} 接+5V 电源,将被测的逻辑电平信号通过连接线插在输入口,3 个 LED 发光二极管即告知被测信号的逻辑电平的高低。“H”亮表示为高电平($>2.4V$),“L”亮表示为低电平($<0.6V$),“R”亮表示为高阻态或电平处+0.6~2.4V 之间的不高不低的电平值。

11) 直流稳压电源。提供+5V,0.5A 和 $\pm 5V$,0.5A 四路直流稳压电源,有相应的电源输出插座及其相应的 LED 发光二极管指示。四路输出均装有熔断器作短路保护之用。只要开启电源分开关 ON/OFF,就是相应的+5V 或 $\pm 5V$ 输出。

12) 其他。设有实验用的报警指示电路(LED 发光二极管指示与声响电路指示各一路),继电器 1 只,100 k Ω 碳膜电位器 1 只,32 768Hz 晶振 1 只,按键 2 个。

实验箱使用注意事项:

(1)使用时应先检查各电源是否正常,检查步骤:

1)先关闭实验箱的所有电源开关,然后用随箱的三芯电源线接通实验箱的 220V 交流电源。

2)开启实验箱的电源总开关。

3)开启两组直流电源开关,则与 $\pm 5V$ 或 $\pm 15V$ 相对应的 4 只 LED 发光二极管应点亮。

4)接通脉冲信号源的+5V 电源,此时与连续脉冲信号输出口相接的 LED 发光二极管点亮,并输出连续脉冲信号。单次脉冲源部分的“L”发光二极管应点亮,按下按键,则“L”发光二极管灭,“H”亮,至此,表明实验箱的电源及信号输出均属正常,可以进入实验。

(2)接线前务必熟悉实验板上各组件、元器件的功能及其接位置,特别要熟知各集成块引脚引线的排列方式及接线位置。

(3)实验接线前必须先断开总电源与各分电源开关,严禁带电接线。

(4)接线完毕,检查无误后,再插入相应的集成电路芯片后方可通电;只有在断电后方可拔下集成芯片,严禁带电插、拔集成芯片。

(5)实验过程中,板上要保持整洁,不可随意放置杂物,特别是导电的工具和导线等,以免发生短路等故障。

(6)本实验箱上的各挡直流电源及脉冲信号源仅供实验使用,一般不外接其他负载或电路,如作他用,则注意使用的负载不能超出本电源的使用范围。

(7)实验板上标有+5V处,是指实验时须用导线将+5V的直流电源引入该处,是电源+5V的输入插头。

第二部分 基础性实验

实验一 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试

一、实验目的

- (1) 掌握 TTL 集成与非门的逻辑功能和主要参数的测试方法。
- (2) 熟悉数字电路实验装置的结构、基本功能和使用方法。

二、实验原理

在数字电路设计时,经常用到门电路,而门电路性能参数会影响到整体电路工作的可靠性。本实验选用 TTL 集成逻辑 2 输入四与非门 74LS00 进行逻辑功能及主要参数的测试。同时,也可以选用 TTL 集成逻辑 4 输入二与非门 74LS20 进行逻辑功能及主要参数的测试。其逻辑符号及引脚排列图如图 2.1 至图 2.3 所示。

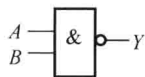


图 2.1 2 输入与非门逻辑符号

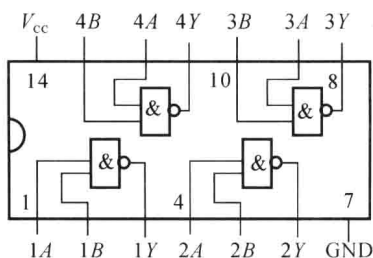


图 2.2 74LS00 引脚排列图

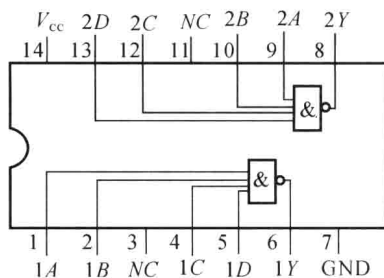


图 2.3 74LS20 引脚排列图

1. 与非门的逻辑功能

当输入端有一个或一个以上是低电平时,输出端为高电平;当输入端全部为高电平时,输出端为低电平。其逻辑表达式为

$$Y = \overline{AB}$$

2. TTL 与非门的主要参数

(1) 空载导通功耗 P_{ON} 。空载导通功耗 P_{ON} 是指输入端全为高电平、输出为低电平且接负载时的功率损耗,即

$$P_{ON} = I_{CCL} V_{CC}$$

式中, V_{CC} 为电源电压; I_{CCL} 为导通电源电流。

(2) 空载截止功耗 P_{OFF} 。空载截止功耗 P_{OFF} 是指与非门输入端电压至少有一个为低电平,输出为高电平且接负载时的电源功率损耗,即

$$P_{OFF} = I_{CCH} V_{CC}$$

式中, V_{CC} 为电源电压; I_{CCH} 为截止电源电流。

(3) 低电平输入电流 I_{IL} 。低电平输入电流 I_{IL} 是指与非门的一个输入端接地、其他输入端悬空时,流过该接地输入端的电流。其值直接影响前级电路带动的负载个数,因此,它越小越好。

(4) 高电平输入电流 I_{IH} 。高电平输入电流 I_{IH} 是指与非门的一个输入端接高电平、其他输入端接地时,流过高电平输入端的电流。它越小越好。

(5) 电压传输特性。输出电压随输入电压变化的关系曲线如图 2.4 所示。当输入为低电平时,输出为高电平;当输入为高电平时,输出为低电平。使输出电压 V_O 刚刚达到低电平 V_{OL} (取 0.35V) 时的最低输入电压称为开门电平 V_{ON} 。使输出电压 V_O 刚刚达到高电平 V_{OH} (取 2.7V) 时的最高输入电压称为关门电平 V_{OFF} 。

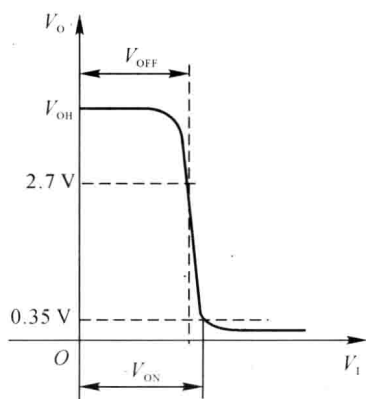


图 2.4 电压传输特性曲线图

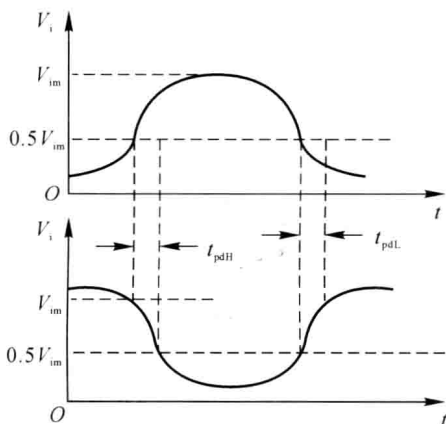


图 2.5 平均传输延迟时间 t_{pd}

(6) 扇出系数 N_O 。电路正常工作时,输出端最多能带动同类门的数目称为扇出系数 N_O ,则

$$N_O = I_{Omax} / I_{IL}$$

式中, I_{Omax} 为当 $V_{OL} = 0.35V$ 时,准许灌入的最大负载电流。

(7) 平均传输延迟时间 t_{pd} 。它是一个交流参数。由于晶体管开关状态的转换和负载电容、寄生电容的充放电都需要时间,从而使输出电压波形总比输入电压的波形滞后一定的时间,因此产生传输延迟,如图 2.5 所示,有

$$t_{pd} = \frac{1}{2}(t_{pdH} + t_{pdL})$$

式中, t_{pdH} 为导通延迟时间; t_{pdL} 为截止延迟时间。

3. TTL 集成电路使用规则

(1) 插集成块时,要认清定位标记,不得插反。

(2) 使用电源电压范围为 $+4.5 \sim +5.5V$ 。实验中要求使用 $V_{CC} = +5V$ 。电源极性绝对不允许接错。

(3) 闲置输入端处理方法:

1) 悬空,相当于正逻辑“1”,对于一般小规模集成电路的数据输入端,实验时允许悬空处理。但悬空易受外界干扰,导致电路的逻辑功能不正常。因此,对于接有长线的输入端,中规模以上的集成电路和使用集成电路较多的复杂电路,所有控制输入端必须按逻辑要求接入电路,不允许悬空。

2) 直接接电源电压 V_C 。(也可以串入 1 只 $100k\Omega$ 的固定电阻)或接至某一固定电压($+2.4V \leq V \leq 4.5V$)的电源上,或与输入端为接地的多余与非门的输出端相接。

(4) 若前级驱动能力允许,可以与使用的输入端并联。

(5) 输入端通过电阻接地,电阻值的大小将直接影响电路所处的状态。当 $R \leq 680\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“0”;当 $R \geq 4.7k\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“1”。对于不同系列的器件,要求的阻值不同。

(6) 输出端不允许并联使用(集电极开路门(OC)和三态输出门电路(3S)除外),否则不仅会使电路逻辑功能混乱,并会导致器件损坏。

(7) 输出端不允许直接接地或直接接 $+5V$ 电源,否则将损坏器件。有时为了使后级电路获得较高的输出电平,允许输出端通过电阻 R 接至 V_{CC} ,一般取 $R = 3 \sim 5.1k\Omega$ 。

三、实验设备与元器件

(1) 数字电子技术实验箱。

(2) 74LS20 型双踪示波器。

(3) 集成门电路: 74LS00。

(4) VC97 型数字多用表。

四、实验内容

1. TTL 与非门的逻辑功能测试

按图 2.6 在实验箱上连接电路。输入端与逻辑开关相连,输出端与发光二极管输入插口相连,将测试结果填入表 2.1 中,并写出与非门的逻辑表达式。

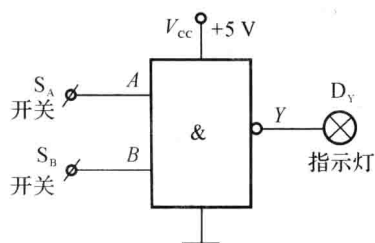


图 2.6 二输入与非门逻辑功能测试图

表 2.1 数据记录表

输 入		输 出
A	B	Y