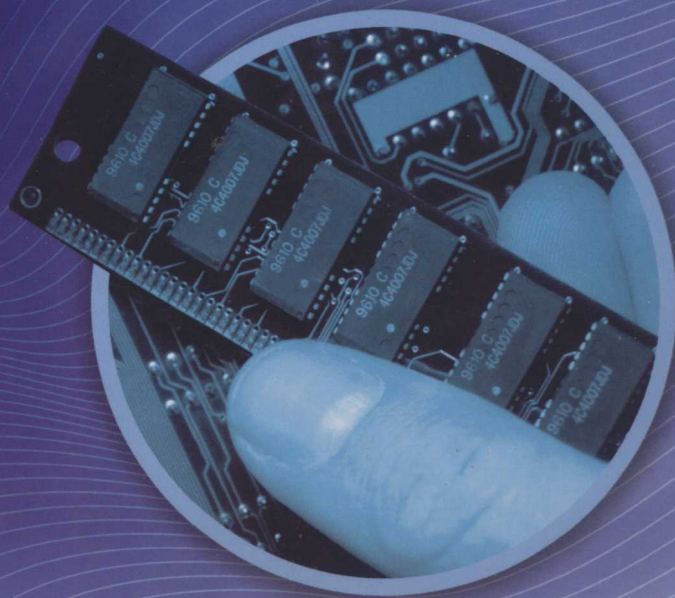


高等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

数字电子技术实验与仿真

SHUZI DIANZI JISHU SHIYAN YU FANGZHEN

主 编 唐明良 张红梅
主 审 潘银松



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

014031910

TN79-33

48

要 录 容 内

本书为中等专业学校《数字电子技术》课程教材，主要介绍数字电子技术基础知识、常用数字逻辑器件、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数字信号处理、数字系统设计与仿真等。全书共分4章：第1章为数字逻辑基础知识，第2章为组合逻辑电路，第3章为时序逻辑电路，第4章为数字系统设计与仿真。本书可作为中等专业学校《数字电子技术》课程教材，也可供从事数字电子技术工作的工程技术人员参考。

数字电子技术 实验与仿真

主 编 唐明良 张红梅
主 审 潘银松



TN79-33
48

重庆大学出版社



北航

C1720105

内 容 提 要

本书是根据高等院校工科专业数字电子技术实验课程的要求,为加强学生实践能力和培养学生综合能力、创新能力而编写的。内容分为4章:第1章是实验基础知识;第2章是Multisim10的使用;第3章是基础实验,每个实验包括:实验目的、实验原理、Multisim10仿真实验预习、实验室操作实验、Multisim10仿真拓展性实验、实验注意事项等;第4章是数字电子技术课程设计,介绍了课程设计基础及方法、设计范例、参考题目等内容。

本书体系新颖、内容实用、可操作性强,适应当前高校实验教学需要。可作为理工科电类与非电类专业数字电子技术实验教材,也可供自学者和相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实验与仿真/唐明良,张红梅主编

—重庆:重庆大学出版社,2014.2

高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-8009-9

I. ①数… II. ①唐…②张… III. ①数字电路—电子技术—实验—高等学校—教材②数字电路—电子技术—计算机仿真—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第023099号

数字电子技术实验与仿真

主 编 唐明良 张红梅

主 审 潘银松

策划编辑:杨粮菊

责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:杨粮菊

责任校对:刘 真 责任印制:赵 晟

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:250千

2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-8009-9 定价:26.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

数字电子技术课程是工科电类专业一门重要的专业基础课,而数字电子技术实验则是该课程的重要教学环节,必须十分重视实验教学。本书是根据数字电子技术课程教学内容,电类专业特点,结合编者多年教学经验而编写的。目的在于通过实验,不仅可以加深对理论的理解,巩固所学的知识,培养学生独立分析问题、解决问题、撰写实验报告的能力,还可以培养学生综合能力和创新设计的能力。

全书分为4章:

第1章是实验基础知识。主要介绍了实验基本过程、实验箱的使用、实验布线与故障排除、集成电路的使用等内容,为学生实验提供基本知识和手段。

第2章是 Multisim 10 的使用。介绍了 Multisim 10 的基本界面、电路的创建、虚拟仪器仪表的使用。

第3章是基础实验。精选了十个实验项目,按理论课的内容顺序进行编排,每个实验包括:实验目的、实验器材、实验原理、Multisim 10 仿真实验预习、实验室操作实验、Multisim 10 仿真拓展性实验、实验注意事项及思考题等项目。

第4章是数字电子技术课程设计。介绍了数字电子技术课程设计基础及方法、课程设计报告及评分标准、设计范例、数字电子技术课程设计参考题目等内容。每个题目有设计目的、设计任务与要求、电路的基本原理与设计、调试要点及总结报告,读者可根据实际情况参考使用。

本书的特点是体系新颖、内容实用、可操作性强,打破传统实验教学模式,适应当前高校实验教学需要,能创建一个综合性、开放性、设计性和创造性的实验教学环境。具体特点如下:

(1)教学内容层次感强、体系新颖。①在传统实验的基础上引入了先进的电子仿真软件 Multisim 10,可以要求学生课余时间宿舍用计算机进行仿真实验。②每一个实验都分为三部分:首先是用 Multisim 10 对实验内容进行仿真实验预习,

然后是实验室操作实验,最后是用 Multisim 10 进行拓展性仿真实验。这样安排,使学生在进入实验室实验之前就已经对实验内容进行了预习,对实验步骤和结果事先有了大概的了解,操作起来更得心应手,对实验原理会有更深刻的认识。③课后的拓展性仿真实验是对实验内容的综合应用,培养学生解决实际问题能力和创新设计能力。这样做既体现了循序渐进,又有利于能力的培养和因材施教。

(2)可操作性强。本书精选的实验项目和课程设计的编者经过多年的实践教学验证,具有很强的可靠性和操作性,有利于学生顺利完成各项实验和设计。

(3)内容实用。课程设计与实验编在一起,便于教师把实验和课程设计有机地结合起来。在某些课程设计后面还介绍了单元电路的设计方法,供学生设计电路时参考。

本书是基于全面培养学生的实际动手能力和创新应用设计能力而编写的,适用于不同院校、各种层次专业(电类和非电类)的数字电子技术实验课程教学,也可作为自学者和从事电子工程设计人员的参考书。

本书由重庆大学城市科技学院唐明良和张红梅担任主编,重庆大学潘银松担任主审。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些不足和错误,恳请读者给予批评指正,以便改进和完善。

编者

2013 年 12 月

目录

第1章 实验基础知识	1
1.1 实验的基本过程	1
1.2 数字电路实验箱使用介绍	3
1.3 布线与故障排除	5
1.4 数字集成电路使用知识	7
1.5 数字逻辑电路的测试方法	9
第2章 Multisim 10 使用介绍	11
2.1 Multisim 10 系统简介	11
2.2 Multisim 10 的基本界面	12
2.3 Multisim 10 电路创建基础	17
2.4 Multisim 10 常用数字电路实验仪器仪表使用	21
第3章 基础实验	25
3.1 实验1:集成门电路逻辑功能测试	25
3.2 实验2:用小规模集成电路设计组合逻辑电路	35
3.3 实验3:译码器及其应用	42
3.4 实验4:数据选择器及其应用	52
3.5 实验5:触发器	57
3.6 实验6:移位寄存器功能测试及应用	67

3.7	实验7:计数器逻辑功能测试及应用	76
3.8	实验8:555 定时器	83
3.9	实验9:数模转换器测试	91
3.10	实验10:模数转换器测试	96
第4章 数字电子技术课程设计 103		
4.1	数字电子技术课程设计基础及方法	103
4.2	课程设计报告及评分标准	109
4.3	设计范例——四人智力竞赛抢答器的设计	110
4.4	数字电子技术课程设计参考题目	116
4.5	实验报告和课程设计报告	133
附 录 141		
附录1 TTL 集成电路常识		141
附录2 芯片管脚及功能介绍		145
参考文献		151

第 1 章

实验基础知识

[illegible]

四、立 数字电子技术是一门实践性很强的技术基础课,通过实验可以巩固和加深学生对理论及概念的理解,提高实验分析、解决实际问题的能力,培养理论联系实际的作风、严谨求实的科学态度和基本的工程素质。

1.1 实验的基本过程

1.1 实验的基本过程

数字电子技术实验中,通常采用中规模集成电路进行实验,根据逻辑构思选择并灵活运用集成电路和正确连接电路。其实验的主要目的是验证设计思想,测试和调整电路的逻辑关系,完善电路的逻辑功能。因此,实验的基本过程应包括实验预习、实验操作、课后拓展及实验报告4个环节。

1.1.1 实验预习

1.1.1.1 实验预习

认真预习是做好实验的关键,预习的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。在每次实验前,要认真复习有关实验的基本原理,掌握有关器件使用方法,对如何着手实验做到心中有数。本书的每个实验都有计算机仿真实验内容,在个人计算机上用 Multisim 10 软件对实验内容进行虚拟仿真,这样在进入实验室实验之前就可以对实验的内容和结果有个大概的了解,可达到预习的目的。

1.1.2 实验操作

实验操作是在实验室进行实际仪器设备的操作。实验者在实验过程中切忌手忙脚乱、顾此失彼。

①检查本次实验所需仪器和器件是否满足要求。

②接线时应该关闭电源,看清器件的型号、管脚顺序,接线完成并检查无误后方能通电测试。电路复杂的综合性实验,按电路功能分级接线并调试,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在实验过程中要认真分析数据,碰到除设备和器件故障外的其他问题,应自己认真分析解决,培养自己分析问题、解决问题的能力。

④出现故障,应该有目的、有方法地排除,可参考本章第1.3节内容。

⑤认真记录实验结果,包括实验数据、波形和实验现象,判断其正确性。如有怀疑应立即查找原因,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。

1.1.3 课后拓展性仿真实验

课后总结提高是学习必不可少的环节,课堂实验受到时间和设备的限制,不能方便地进行拓展性实验。本书在每个实验后面都设置了计算机仿真拓展性实验,旨在帮助学生课后在计算机上用 Multisim 10 进行仿真拓展性实验,达到总结提高相关内容的目的。

1.1.4 实验报告

实验报告是对实验结果的总结与提高,是培养学生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。实验报告是一份技术总结,不是单纯地记录实验数据。实验报告要求文字简洁,内容清楚,图表工整,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。实验报告应有以下内容:

①实验的名称、日期及实验者姓名。

②实验目的,实验器材记录,实验原理。

③实验课题的方框图、逻辑图(或测试电路)、状态图,真值表以及文字说明等,对于设计性课题,还应有整个设计过程和关键的设计技巧说明。

④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,并且三角板、曲线板等工具描绘,力求画得准确,不得随手示意

画出。(9)可变电阻区

(2)实验板 +5 V 电源区

⑤实验结果与技术理论的比较及对异常现象的分析讨论。

⑥实验结果的评价及对实验的体会与建议。

实验板 +5 V 电源区、12 位拨码开关区、12 位 LED 电平显示灯区、数码管显示区、脉冲信号区、集成块插座区、针管座区、可变电阻区及扩展板区。下面分别对不同区域进行说明。

扩展板区如图 1.2 所示。

40 脚实验插座,可用导线

上并,平电

1.2 数字电路实验箱使用介绍

SAC-DMS2 型模拟数字电子技术实验箱是由沈阳沈飞电子科技有限公司和重庆大学合作开发的产品。如图 1.1 所示为实验箱面板的照片。在图 1.1 中,根据功能的不同用实线将面板大致划分了 10 个区域,它们分别为电源及信号源区、实验板 +5 V 电源区、12 位拨码开关区、12 位 LED 电平显示灯区、数码管显示区、脉冲信号区、集成块插座区、针管座区、可变电阻区及扩展板区。下面分别对不同区域进行说明。

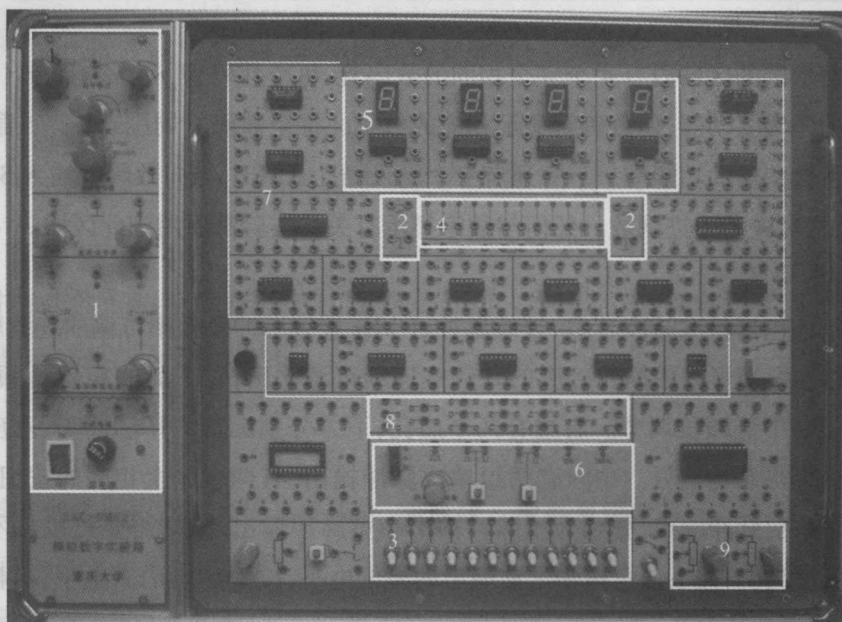


图 1.1 数字电路实验箱面板图

(1) 电源及信号源区

电源及信号源区包括实验箱的总电源、交流电源、+5 V 电源、±12 V 电源以及 ±2 ~ ±15 V 可调电源,中间两个黑色插孔是接地。在该区的上方是交直流信号源。本实验箱有电源短路报警功能,实验中一旦听到蜂鸣器响,应立即关闭电源开关,排除短路故障后方可重新开启电源进行实验。

以及其他

(2) 实验板 +5 V 电源区

如上图所示在实验板中间标“2”的区域分别有两个 +5 V 电源区。实验时,需用导线将电源及信号源区的 +5 V 和地线与这里的 +5 V 和地线连接起来,给拨码开关区和脉冲信号区供电。此外,在 LED 电平显示灯区的下方还有一些标有“+5 V”和“ $\perp$ ”的插孔,与实验板 +5 V 电源区的 +5 V 和地线连通,可就近选择任一处连接。

(3) 12 位拨码开关区

拨码开关区的 12 个拨码开关是相同的,往下拨到“0”位置则对应插孔输出低电平,往上拨到“1”位置则对应插孔输出高电平,用于电路的输入信号及控制信号。

(4) 12 位 LED 电平显示灯区

LED 电平显示灯区的区域内有 12 个 LED 灯,每个灯下方都对应一个插孔,作为控制 LED 灯亮灭的输入信号,输入高电平时灯亮,输入低电平时灯灭。它可用来监测电路输出电平的高低。

(5) 数码管显示区

数码管显示区的区域内有 4 个完全相同的数码管,每个数码管下方都有一个 16 脚插座,用于插配套的译码驱动器,使数码管显示相应的数字。每个数码管周围有 11 个插孔,分别对应数码管的各段和辅助功能端。下方还有 4 个输入插孔 ABCD,当向数码管输入 8421BCD 码时,它就会显示对应的十进制数。任何与数字显示有关的实验都要用到此区域。

(6) 脉冲信号区

脉冲信号区包括单次脉冲、1 Hz 连续脉冲、1 kHz 连续脉冲及频率可调的连续脉冲 4 种信号源。左边标连续矩形波的插孔对应的是频率连续可调输出,它下面的旋钮是频率微调钮,黑色的开关是高中低频段调节。右边有两个插孔,下方分别标着 1 Hz、1 kHz,对应输出的是 1 Hz、1 kHz 的矩形脉冲信号。中间有两组单次脉冲输出,有两个完全相同的按钮,每个按钮上方对应两个单次脉冲输出,分别为正脉冲输出和负脉冲输出,根据需要可以从不同的插孔引线。以正脉冲为例,按下蓝色按钮之前输出的是低电平,按下后输出高电平,再松开后又回到低电平。

(7) 集成块插座区

集成块插座区提供了 19 个芯片插槽,分别有 8 个 14 脚的,5 个 16 脚的,2 个 8 脚的,2 个 20 脚的,1 个 24 脚的和 1 个 28 脚的。不同引脚数的集成块应对应插入不同的插座中,每一个插座的周围都有与引脚数相同的导线插孔,以便实验时进行必要的连线。

(8) 针管座区

针管座可插接电阻、电容、晶体管等针状引线的元件,供综合性实验或课程设计性实验用。

(9) 可变电阻区

可变电阻区的区域有3个旋钮,每个旋钮对应一个可变电阻,转动旋钮可改变输出电阻的阻值。

(10) 扩展板区

扩展板区如图1.2所示。该区在实验箱盖子里,有6个16脚插座,4个14脚插座,1个40脚实验插座,可用导线与主实验板连接。

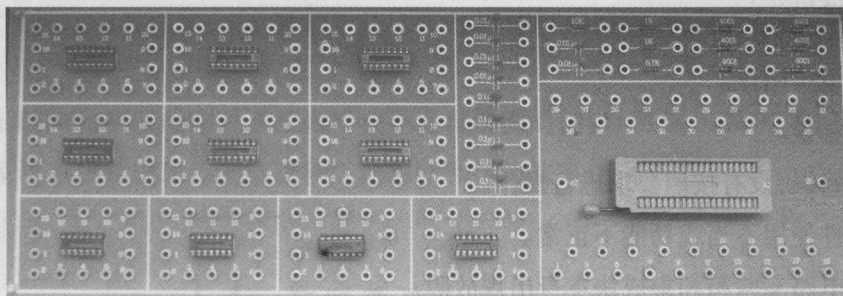


图1.2 扩展板

1.3 布线与故障排除

1.3.1 TTL 数字集成电路

实验中操作的正确与否直接影响实验结果,因此,实验者在搭接电路时必须遵循“先接线后通电,先断电再拆线”的原则进行。

1.3.1 布线原则

①实验室通常使用双列直插式集成块,集成块一般都有定位标记(缺口或圆点),使用时要认清方向,一般是将定位标记朝左,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,不允许插反。

②布线前先检查两排引脚是否与实验板上集成块插座的插孔对应,如不能对应则用镊子轻轻校准,然后将集成块轻轻地插在插座上,观察是否所有引脚都插在了插座里后,再稍用力将其插紧,避免集成块引脚弯曲、折断或接触不良。

③导线尽可能做到长短适当,最好采用不同颜色的导线以区别不同用途,如电源线用红色线,地线用黑色线。

④布线应有序地进行,不要乱接以免造成漏接错接,可以先接好电源线(+5V)和地线,以及其他不改变电平的输入端,如门电路多余的输入端,置位复位端等。上述线布好后,再按

信号流向的顺序从前往后依次布线。

⑤当实验电路的规模较大、器材很多时,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)。

1.3.2 故障检查

实验中,当电路不能完成预期的逻辑功能时,就称电路有故障,产生故障的原因大致有以下5个方面:

- ①电路设计错误。
- ②布线错误。
- ③操作错误,没有按照要求进行操作。
- ④元器件使用不当或功能不正常。
- ⑤数字电路实验箱和集成块本身出现故障。

在保证电路设计正确的前提下,按照上述原因作为检查故障的主要线索,介绍8种常见的故障检查方法。

(1) 测量法

用万用表直流电压挡测量各集成块的 V_{CC} 端与 GND 端是否有 +5 V 电压;测量各输入/输出端的直流电平;用电阻挡测量各连接导线的通断。

(2) 查线法

由于在实验中大部分故障都是由布线错误引起的。因此,在故障发生时,复查电路连线为排除故障的有效方法。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,集成电路是否插反,等等。

(3) 观察法

输入信号、时钟脉冲等是否加到实验电路上,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。

(4) 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,从而确定该级是否有故障,必要时可以切断周围连线,避免相互影响。

(5) 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是否有响应和是否正确。必要时,可多次输入不同信号。

(6) 替换法

对于多输入端器件,如有多余端则可调换另一输入端试用。必要时,可更换器件,以检查器件功能不正常所引起的故障。

(7) 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。

(8) 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。

需要强调指出,实践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。

1.4 数字集成电路使用知识

数字集成电路里最常用的有 TTL 电路和 COMS 集成电路。下面介绍这两种电路的分类及使用注意事项。

1.4.1 TTL 数字集成电路

(1) TTL 集成电路的分类

TTL 集成电路内部输入级和输出级都是晶体管结构,属于双极型数字集成电路。其特点是速度高、集成度低。其主要系列如下:

①74 系列是早期的产品,现仍在使用,但正逐渐被淘汰。

②74H 系列是 74 系列的改进型,属于高速 TTL 产品。其“与非门”的平均传输时间达 10 ns 左右,但电路的静态功耗较大,目前该系列产品使用越来越少,逐渐被淘汰。

③74S 系列是 TTL 的高速型肖特基系列。在该系列中,采用了抗饱和肖特基二极管,速度较高,但品种较少。

④74LS 系列是当前 TTL 类型中的主要产品系列。品种和生产厂家都非常多。性价比较高,目前在中小规模电路中应用非常普遍。

⑤74ALS 系列是“先进的低功耗肖特基”系列。属于 74LS 系列的后继产品,速度(典型值为 4 ns)、功耗(典型值为 1 mW)等方面都有较大的改进,但价格比较高。

⑥74AS 系列是 74S 系列的后继产品,尤其速度(典型值为 1.5 ns)有显著的提高,又称“先进超高速肖特基”系列。

(2) TTL 集成电路使用注意事项

①电源电压应严格保持在 $5\text{ V} \pm 10\%$ 的范围内,过高则易损坏器件,过低则不能正常工作。使用时,应特别注意电源与地线不能错接,否则会因过大电流而造成器件损坏。

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)连到 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,与或非门不用的与门输入端至少有一个要直接接地,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。

1.4.2 CMOS 集成电路

(1) CMOS 集成电路分类

CMOS 数字集成电路是利用 NMOS 管和 PMOS 管巧妙组合成的电路,属于一种低功耗的数字集成电路。其主要系列如下:

1) 标准型 4000B/4500B 系列

该系列是以美国 RCA 公司的 CD4000B 系列和 CD4500B 系列制订的,与美国 Motorola 公司的 MC14000B 系列和 MC14500B 系列产品完全兼容。该系列产品的最大特点是工作电源电压范围宽($3 \sim 18\text{ V}$)、功耗最小、速度较低、品种多、价格低廉,是目前 CMOS 集成电路的主要应用产品。

2) 74HC 系列

54/74HC 系列是高速 CMOS 标准逻辑电路系列,具有与 74LS 系列等同的工作速度和 CMOS 集成电路固有的低功耗及电源电压范围宽等特点。74HC $\times \times \times$ 是 74LS $\times \times \times$ 同序号的翻版,型号最后几位数字相同,表示电路的逻辑功能、管脚排列完全兼容,为用 74HC 替代 74LS 提供了方便。

3) 74AC 系列

该系列又称“先进的 CMOS 集成电路”,54/74AC 系列具有与 74AS 系列等同的工作速度和 CMOS 集成电路固有的低功耗及电源电压范围宽等特点。

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。

(2) CMOS 集成电路使用注意事项

CMOS 集成电路由于输入电阻很高,因此极易接受静电电荷。为了防止产生静电击穿,生产 CMOS 时,在输入端都要加上标准保护电路,但这并不能保证绝对安全。因此,使用 CMOS 集成电路时,必须采取以下预防措施:

- ①存放 CMOS 集成电路时要屏蔽,一般放在金属容器中,也可用金属箔将引脚短路。
- ②电源连接和选择。 V_{DD} 端接电源正极, V_{SS} 端接电源负极(地)。绝对不许接错,否则器件因电流过大而损坏。对于电源电压范围为 3~18 V 系列器件,如 CC4000 系列,实验中 V_{DD} 通常接 +5 V 电源, V_{DD} 电压选在电源变化范围的中间值,如电源电压在 8~12 V 变化,则选择 $V_{DD}=10$ V 较恰当。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。
- ③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,甚至还会损坏器件。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 $V_{DD}=+5$ V 时, R_p 取 5.1 k Ω , R 一般取 100 k Ω ~1 M Ω 。
- ④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。

⑤对输入信号 V_i 的要求。为了防止输入端保护二极管因正向偏置而引起损坏,输入电压必须处在 V_{DD} 和 V_{SS} 之间,即 $V_{SS} < u_i < V_{DD}$ 。没有接通电源的情况下,不允许有输入信号输入。

⑥焊接 CMOS 集成电路时,一般用 20 W 内热式电烙铁,而且烙铁要有良好的接地线。也可利用电烙铁断电后的余热快速焊接。禁止在电路通电的情况下焊接。

1.5 数字逻辑电路的测试方法

1.5.1 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,也就是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

动态测试是测量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。测出与真值表相符的最高输入脉冲频率。

1.5.2 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。

常用的测试方法有以下两种:

(1) 单拍工作方式

以单脉冲源作为时钟脉冲,逐拍进行观测。

(2) 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。