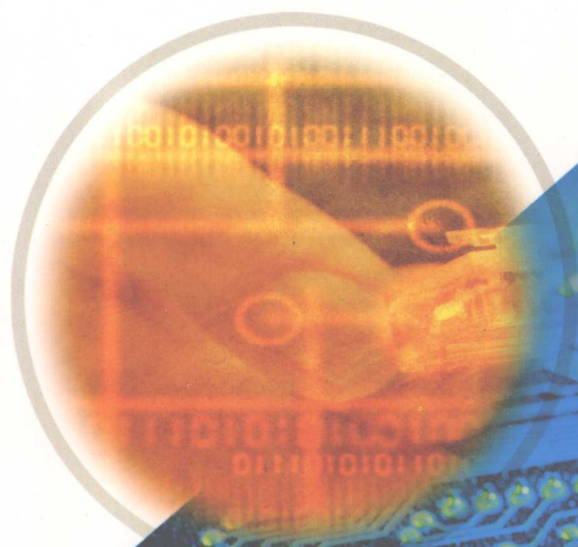


高等职业教育教材

电工电子技术 实验与 实训教程

主 编 汤德荣

副主编 梁 薇 刘苏英



哈尔滨工程大学出版社

高等职业教育教材

电工电子技术实验与实训教程

主 编 汤德荣

副主编 梁 薇 刘苏英

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验与实训教程/汤德荣主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006

ISBN 7-81073-906-9

I. 电... II. 汤... III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材
②电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 112236 号

内容提要

本书是《电工基础》和《电子技术基础》的配套教材。书中实验与实训内容丰富,包含原理性、验证性、综合设计性、EWB 仿真实验与实训。全书分为五篇:第一篇为实验基础知识;第二篇为电工实验;第三、四篇分别为模拟电子技术和数字电子技术实验与实训;第五篇为 EWB 及电子电路实验仿真。附录介绍了一些常用元器件读法等。

本书内容详实,突出了动手能力和创新能力的培养,深浅和繁简程度适当。既可作为高职高专院校电子、电气、机电、计算机、通信等专业的教材,也可作为其他专业学习电工电子技术的参考书。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
安徽省天歌印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 15.625 字数 306 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-3 000 册

定价:22.80 元

前 言

电工电子技术实验与实训是高职高专工科院校实践教学环节中的重要课程。该课程将电工电子技术基础理论与实际操作有机地联系起来,加深学生对所学理论课程的理解,逐步培养和提高学生的实验能力、实际操作能力、独立分析问题和解决问题的能力、创新思维能力以及理论联系实际的能力。本书根据《电工基础》和《电子技术基础》各章节的内容,同时总结了以往的实验教学经验,并按照当前教学改革的要求编写。

本书由实验基础知识、电工实验、模拟电子技术实验与实训、数字电子技术实验与实训、EWB及电子电路实验仿真、附录等部分组成。第一篇介绍了进行电工、电子电路实验的必备知识和基本技能,以便为进行第二篇和第三篇及第四篇的实验做好知识和技能方面的准备。第二、三、四篇是本书的重点,编写了电工、模拟及数字电子技术的实验和实训,其中基本实验的内容覆盖整个电工、电子课程的教学内容,并且遵从循序渐进的原则,使学生掌握电工电子电路的分析与设计、安装与测试的方法和常用电工电子仪器设备的使用方法,以培养学生的基本技能和动手能力;综合设计性的实训,以突出应用性,体现一定的趣味性,培养学生的综合能力和创新能力。第五篇是电子电路的计算机仿真,介绍了用 EWB 软件对电子电路实验进行仿真设计。附录中介绍了一些常用元器件的读法和实验中常见现象的处理方法,以供读者参考。

本书由安徽机电职业技术学院汤德荣主编并编写第二篇和第五篇模拟部分,刘苏英担任副主编并编写第三篇和部分附录,芜湖职业技术学院梁薇担任副主编并编写第一、第四篇和部分附录,杨勇编写第五篇数字部分。本书由芜湖职业技术学院张学亮主审。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

第一篇	实验基础知识	1
一	实验的基本过程	1
二	实验中操作规范和常见故障检查方法	2
三	模拟电路的测试方法	4
四	数字集成电路	6
第二篇	电工实验	11
一	直流电路实验	11
	实验一 基本电工仪表的使用及测量误差的计算	11
	实验二 电路元件伏安特性的测绘	15
	实验三 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	18
	实验四 基尔霍夫定律的验证	20
	实验五 叠加原理的验证	23
	实验六 电压源与电流源的等效变换	25
	实验七 戴维南定理和诺顿定理的验证	29
	实验八 最大功率传输条件的测定	33
	实验九 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	35
二	交流电路实验	41
	实验十 典型电信号的观察与测量	41
	实验十一 用三表法测量交流电路等效参数	44
	实验十二 日光灯实验及负载功率因数的提高	48
	实验十三 三相交流电路电压、电流的测量	51
	实验十四 三相电路功率的测量	54
	实验十五 RC 一阶电路的响应测试	58
	实验十六 二阶动态电路响应的研究	62
	实验十七 R、L、C 串联谐振电路的研究	64
	实验十八 互感电路观测	67
	实验十九 单相电度表的校验	70
第三篇	模拟电子技术实验与实训	74
一	基本实验	74

实验一	常用电子仪器的使用	74
实验二	二极管的特性测试	79
实验三	三极管的特性测试	83
实验四	晶体管共射极单管放大器	85
实验五	射极跟随器	93
实验六	差动放大器	96
实验七	负反馈放大器	100
实验八	集成运算放大器的基本应用(1)——基本运算电路	104
实验九	集成运算放大器的基本应用(2)——电压比较器	109
实验十	RC 正弦波振荡器	113
实验十一	低频功率放大器——OTL 功率放大器	115
实验十二	直流稳压电源——集成稳压器	119
二	综合性实训	124
实训一	压控振荡器	124
实训二	函数信号发生器的组装与调试	126
实训三	直流稳压电源	129
三	设计性实训	131
实训一	温度检测及控制电路	131
实训二	语音放大电路	133
实训三	晶体管收音机的组装与调试	137
第四篇	数字电子技术实验与实训	145
一	基本实验	145
实验一	门电路逻辑功能测试及逻辑变换	145
实验二	TTL 与非门的静态参数测试	148
实验三	组合逻辑电路的分析与设计	152
实验四	组合逻辑电路的应用	154
实验五	触发器及其应用	156
实验六	时序逻辑电路的分析与应用	159
实验七	计数器及其应用	162
实验八	555 定时器的应用	166
实验九	D/A、A/D 转换器	171
二	综合性实训	176
实训一	智力竞赛抢答器	176
实训二	电子秒表	178
实训三	拔河游戏机	183

实训四	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	187
三	设计性实训	193
实训一	简易数字控制电路	193
实训二	简易数字计时电路	194
实训三	电梯楼层显示电路	195
实训四	循环灯电路	196
第五篇	EWB 及电子电路实验仿真	198
一	EWB 的使用方法	198
二	模拟电路实验仿真测试和设计	205
实验一	二极管半波整流电路	205
实验二	单管共射放大电路	208
实验三	差动放大电路	210
实验四	集成运算放大器反比例运算电路	213
实验五	三端可调稳压电源的设计	215
三	数字电路实验仿真测试和设计	216
实验一	半加器设计	216
实验二	四选一数据选择器的设计	218
实验三	触发器设计	221
实验四	计数器设计	225
实验五	计时电路设计	227
实验六	电子抢答器设计	228
附录		230
附录 1	电阻器的色环标志法	230
附录 2	放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	231
附录 3	常用数字集成电路汇编	234
参考文献		241

第一篇 实验基础知识

随着科学技术的发展,电子技术基础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技术基础课,在学习中不仅要掌握基本原理和基本方法,更重要的是学会灵活应用。因此,需要配有一定数量的实验,才能掌握这门课程的基本内容,掌握各单元电路的工作原理,熟悉各种电子元器件和常用电子仪器的使用方法,从而有效地培养学生理论联系实际和解决实际问题的能力 & 创新能力,树立科学的工作作风。

一 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,拟出较好的实验步骤,合理选择仪器设备和元器件,进行连接、安装和调试,最后写出完整的实验报告。

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。

(一) 实验预习

为了避免盲目性,实验前一定要认真预习。预习时可按本教材所提供的实验预习进行。在每次做实验前要认真复习实验的基本原理,掌握有关仪器的使用方法,对如何进行实验做到心中有数,然后写出一份预习报告。报告的内容包括:

(1) 写明实验目的。

(2) 绘出实验电路图。

(3) 对要测量的量进行理论估算。

(4) 写明所测量的物理量以及这些量的测量方法、所用仪器的使用方法。

(5) 拟定实验数据表格和波形图坐标。

(6) 列出预习中有疑问的问题。

(二) 实验记录

实验记录是实验中获得的第一手资料。准确的数据、波形可以为正确的实验分析、研究提供保障。因此,数据、波形记录必须准确。记录中应该注意以下问题:

(1) 测量每个物理量之前必须明确测量的目的,估算理论值,估计测量中可能会出现什么样的现象。

(2)如实地准确记录数据和波形以及实验中出现的现象,注意数据的有效数字,波形的幅值、频率、相位等参数。观察波形时最好两个波形同时观测,绘在坐标中上下对齐,以便比较。

(3)初步估算数据的正确性,如果有明显的错误,则要分析原因、重新测量。

(4)记录实验中实际用到的仪器型号以及使用情况。

(三) 实验报告

实验报告是整个实验过程的总结,要求文字简洁,内容清楚,图表工整。通过书写实验报告可以巩固实验成果,加深对理论知识的认识和理解,提高总结能力和思维能力。因此,做完实验后应该每人书写一份实验报告,实验报告应包括以下几部分:

(1)实验目的、实验使用仪器和元器件。

(2)实验电路图以及简明的实验原理介绍。

(3)实验内容及步骤,包括记录得到的数据和波形、实验中出现的现象、数据和波形的处理、误差分析、实验总结等。

(4)报告预习中的疑问在实验中是怎样解决的。重点报告实验中体会较深、收获较大的一两个问题(如果实验中出现了故障,应将分析故障、查找故障作为重点报告内容),详细报告是如何分析问题、解决问题的,有什么样的收获,吸取了什么样的教训。

二 实验中操作规范和常见故障检查方法

(一) 实验操作规范

实验中操作的正确与否对实验结果影响甚大。因此,实验者需要注意按以下规程进行:

(1)搭接实验电路前,应对仪器设备、电子元器件进行必要的校准检查和测试。

(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,整理好放在实验箱内,并将实验台清理干净、摆放整齐。

(二) 布线原则

布线是实验操作的重要问题。布线的原则是:便于检查、排除故障,便于更换器件。

在电子电路实验中,由错误布线引起的故障,常占很大比例。布线错误不仅会引起电路故障,严重时甚至会损坏元器件。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)布线应有次序地进行,随意乱接容易造成漏接错接。应该首先接好固定电平点,如电源线、地线等,其次再按信号源的顺序从输入到输出依次布线。

(2)导线应粗细适当,并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。

(3)连线应避免过长、过多的重叠交错,以利于布线、更换元器件以及故障检查和排除。

(4)当实验电路的规模较大时,应注意元器件的合理布局,以便得到最佳布线。

(5)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。对大型实验元器件较多的,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)。

(三) 故障检查

故障是我们不希望出现但又不可避免的电路异常工作状态。模拟电子电路常见的故障一般有:放大电路没有输入信号而有输出信号;放大电路有输入信号而没有输出波形或输出波形异常;稳压电源无电压输出,或输出电压过高不能调整,或输出电压稳定性差;振荡电路不产生振荡等。数字电子电路常见的故障是不能完成预定的逻辑功能等。这些故障产生的原因一般是:电路设计不当(例如元件参数选择不当、布线不合理等);设计正确而实际接线时出现错误;元器件或电路板出现问题;仪器使用不当或不正确等。

在实际应用中,电路出现的故障和产生故障的原因多种多样,在此,我们只列举了常见的几种。遇到实际问题还需要读者针对具体问题具体分析,灵活解决。

这里针对查找故障的方法略举一二:

1. 查线法

由于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,复查电路连线是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,元器件是否插牢、插反等。

2. 直接观察法

直接观察法就是不利用任何仪器、仪表,只靠人的视觉、听觉、嗅觉、触觉来发现问题,寻找和分析故障的方法。直接观察法有不通电观察和通电观察。通常检查电源的数值、极性,电解电容的极性,二极管、三极管的管脚,集成块的管脚,布线的合理性,PCB板有无损坏,元件有无发烫、冒烟、焦味等。这种方法简单,但对一些比较隐蔽的故障很难发现。

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

信号寻迹法就是在电路输入端加入适当幅值、频率的信号,用示波器由前级到后级逐级观察波形及其性能指标,如果哪一级异常,则故障就在哪一级。必要时可多次输入不同信号。

5. 部件替换法

有时故障很隐蔽,不容易发现,而我们手头正好有同型号的产品,这时我们可以用其替换电路中相应的元器件、部件、插件等以缩小故障范围。

6. 对比法

如果怀疑电路的某部分有故障时,而身边又有相同的电路,可将此电路的参数与正常工作的电路对比,从中找出电路中故障点。

7. 旁路法

当有寄生振荡时,可以利用适当的电容器,找到适当的检查点,将电容跨接在检查点与接地点之间,如果振荡消失,则说明故障就在附近,否则,再移动检查点寻找。

8. 短路法

采用临时短接一部分电路来查找故障的方法。

9. 断路法

采用临时断开一部分电路来查找故障的方法,对短路故障比较有效。

10. 顺其自然法

有时故障不明显或时有时无,这时,可以顺其自然,让电路长时间工作一段时间,比如几小时,这时处于临界状态的元器件经不住长时间的工作,故障将会自动暴露出来。

电路在实际运行中,出现的故障和产生故障的原因多种多样,因此,解决的方法也相应地有很多种,在此,我们只列举了常见的几种。遇到实际问题还需要读者针对具体问题具体分析,灵活地使用有效的方法进行解决。

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。

三 模拟电路的测试方法

电路的测试包括测量与调整,因此,整个测试过程即是测量—判断—调整—再测量的反复进行的过程。调试方法通常采用先分调后联调的调试方法。具体

调试时可按如下步骤进行:

1. 通电观察

连接电路,初步检查没有明显故障后再通电观察,看是否有异常现象,如元件发烫、冒烟、有异味等。如有,应立即断电检查,排除故障后方可通电。在初步认定无故障后,才进行正常调试。

这里要注意电路电源、实验板、测量仪器一定要共地。

2. 静态调试

电子电路中往往交直流并存,一般情况下,直流为交流服务,直流是电路工作的基础。因此,在调试中要先进行静态调试,看静态工作点是否合适,静态调试时应注意:

(1) 输入端接地。即: $u_i = 0$ 。

(2) 测量时选用直流电压、电流表进行测量。测量电压时最好采用测量电位计算电位差的方法进行,因为如果采用低端接机壳的仪器进行测量,而仪器的接地端又没有和放大器的接地端连在一起时,仪器机壳将会带来很大的干扰使测量出现误差,有时还会使放大器的工作状态发生改变。测量电流时最好采用测量电压计算电流的方法进行,因为测量电流还需要断开原电路进行,比较麻烦。

(3) 需要调零的电路要在静态时进行调零。即输入 $u_i = 0$ 时,调节输出 $u_o = 0$ 。调零要注意精确,例如,差动放大器、集成运放等。

(4) 在必要时还要接上示波器进行观察。例如运放调零电位器不能调零时,除了可能是内部电路对称性不好外,还可能是运放处于振荡状态。

(5) 测试时要选择正确的测试点。

3. 动态调试

动态调试是在电路输入端加上幅值、频率都合适的信号,用示波器逐级观察有关点的波形和性能指标,以发现问题、解决问题。发现故障时,应采用不同的方法缩小范围,查出故障并排除。如果没有故障则应认真记录数据和波形,计算电路性能指标(增益、输入阻抗、输出阻抗、幅频特性等)看是否符合要求,若不符合则要调整电路参数。动态调试时应注意:

(1) 加入的输入信号幅值、频率要合适。

(2) 因为动态时电路中的信号往往是交直流的叠加信号,因此,测量时要注意示波器的耦合方式设置(只观察交流信号时选“AC”,交直流信号都观察时选“DC”)、测量仪表的选用等。

(3) 观察波形时最好两个波形同时显示,基准线调节一致,这样便于比较。

(4) 在信号比较弱的输入端,尽可能用屏蔽线连接,屏蔽线的外屏蔽层要接到公共接地端。在频率比较高时,要设法隔离连接线分布电容的影响。例如,示波器测量时应使用有探头的测量线,以减小分布电容的影响。

(5) 测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测电路的等效阻抗,否则,电压表分流会带来误差。

(6) 测量电路的带宽必须大于被测电路的带宽,以便反映放大电路的真实情况。

(7) 测试时要选择正确的测试点。

四 数字集成电路

(一) 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)是在一块硅片上制成约 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)的集成度约为 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)的集成度约为 100 门/片以上,超大规模(VLSI)约为 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。

部分数字集成电路的逻辑表达式、外引线排列图列于附录中。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。另外,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。特别是必须严格遵守极限参数的限定,因为即使是瞬间超出,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 +5V 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:电源电压应在 $4.75\text{V} \sim 5.25\text{V}$ 的范围内;环境温度在 $0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ 之间;高电平输入电压 $U_{\text{IH}} > 2\text{V}$,低电平输入电压 $U_{\text{SL}} < 0.8\text{V}$;输出电流应小于最大推荐值(查手册);工作频率不能高,一般的门和触发器的最高工作频率约 30MHz 左右。

3. TTL 器件使用须知

(1) 电源电压应严格保持在 $5\text{V} \pm 10\%$ 的范围内,过高易损坏器件,过低则不能正常工作,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)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,与或非门中不用的与门输入端要直接接地,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) 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。

4. CMOS 器件的特点

(1) 静态功耗低:电源电压 $V_{\text{DD}} = 5\text{V}$ 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 $3\text{V} \sim 18\text{V}$,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 $U_{\text{OH}} > (V_{\text{DD}} - 0.05\text{V})$,输出低电平 $U_{\text{OL}} < (V_{\text{SS}} + 0.05\text{V})$ 。

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 $(V_{SS} - 0.5V)$,除某些接口电路外,输入信号的高电平不得高于 $(V_{DD} + 0.5V)$,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。

5. CMOS 器件使用须知

(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),绝对不许接错,否则器件因电流过大而损坏。对于电源电压范围为 $3V \sim 18V$ 系列器件,如 CC4000 系列,实验中 V_{DD} 通常接 $+5V$ 电源。 V_{DD} 电压选择电源变化范围的中间值,例如电源电压在 $8V \sim 12V$ 之间变化,则选择 $V_{DD} = 10V$ 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。

(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 $V_{DD} = +5V$ 时, R_P 取 $5.1k\Omega$, R 一般取 $100k\Omega \sim 1M\Omega$ 。

(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 U_I 的要求: U_I 的高电平 $U_{IH} < V_{DD}$, U_I 的低电平 U_{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。

料器(二) 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,也就是验证其输出与输入的关系是否与真值表相符。

平串(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电平开关上,用电平显示灯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,并与真值表相比较,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。

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或时序图相符合。可用电平显示灯、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,来判断输出状态的转换是否与状态图相符。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,来判断输出波形是否与时序图相符。

(三) 数字电路实验箱(Dais-2B型)简介

数字电路实验箱广泛用于以集成电路为主要器件的数字电子电路实验中,也用于数字电路的设计中。

1. 组成

(1)箱内设有 8P、14P、16P、20P、24P、28P、40P 等共 24 个 IC 插座,装有两只可调电位器 $1\text{k}\Omega$ 和 $10\text{k}\Omega$,还有一些大、小圆孔插座,供插电阻、电容及实验接线等使用,实验接线时,只要用锁紧的插头线相互连接即可。

(2)箱内配有直流电源: $+5\text{V}/2.5\text{A}$ 、 $\pm 12\text{V}/0.5\text{A}$;信号源:提供三组方波信号,一组单脉冲 $P_1 \sim P_3$;一组频率可选 1Hz 、 10Hz 、 100Hz 、 1kHz 、 10kHz 、 1MHz 的连续方波;一组 $T_1 \sim T_4$ 的时序信号。

(3)提供一组 6 位 LED 显示器、16 位逻辑电平输入开关、16 位二进制电平显示灯。

2. 面板图

Dais-2B 型数字电路实验箱由 Dais-A 和 Dais-B 两部分组成。Dais-A 为通用电路区,Dais-B 为实验区。如图 1-1 所示。

六位 LED 显示器		电源	
十六位电平显示灯	3 个 IC 插座实验区	...	面包板
十六位逻辑电平开关		-12V、+5V	
电位器			
◎ ◎ 时序发生器			
1kΩ 10kΩ			
单脉冲源		连续脉冲源	

(a) Dais-A 通用电路区(箱座)

IC 插座(8P~40P)24 个	
模拟电路设定区	直流电源插孔

(b) Dais-B 实验区(箱盖)

图 1-1 Dais-2B 型数字电路实验箱

3. 通用电路区简介

(1) 六位二十进制七段译码显示器

由七段译码器(CD4511)与数码管组成。当向 CD4511 输入端 DCBA(8421) 输入 4 位二进制数码时(D 为最高位,A 为最低位),数码管相应显示 0、1、2、3……

(2) 十六位二进制 0-1 电平显示灯

由发光二极管及其驱动电路(74LS04)组成。接高电平时,发光二极管红灯泡亮,表示逻辑“1”;接低电平时绿灯泡亮,表示逻辑“0”。

(3) 十六位逻辑电平开关

当开关往上打时,产生逻辑高电平“1”;当开关往下打时,产生逻辑低电平“0”。

(4) 单脉冲源 P_1 、 P_2 、 P_3

由控制按钮和基本 RS 触发器(74LS00 构成的触发器)组成。每按一次按钮,一个输出端输出一个正脉冲 P ,另一个输出一个负脉冲 $\bar{P}$ 。

(5) 连续脉冲源

由 16MHz 晶振、74LS04、74LS74、74LS390 等元件组成多谐振荡器和分频器,产生 1MHz、100kHz、10kHz、1kHz、100Hz、10Hz、1Hz 的方波信号,作为时钟脉冲、计数脉冲使用。

(6) 时序发生器及启停电路

由 74LS08、74LS20、74LS00、74LS04、74LS175、74LS74 等元件组成。MF 为时钟输入端,出厂时已接在 1MHz 位置。 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 为时序信号输出端,TJ 开关为单拍和连续输出时序信号选择开关,当开关往下打时, $T_1 \sim T_4$ 输出单拍信号;当开关往上打时, $T_1 \sim T_4$ 输出连续信号, $\overline{CLR}$ 为清零输入端。 QD 和 $\overline{QD}$ 端为单拍输入控制端。

4. 实验区简介

实验区分布在 Dais-A、Dais-B 两块板上,共有 24 个集成电路(8P~40P) IC 插座,大部分 IC 插座电源线地线已连接好,有几个插座电源线地线未接,是供电源地线不在对角线位置的集成电路使用。另有电阻、电容、二极管、三极管插孔及电位器等模拟电路设定区,供脉冲电路、模拟电路实验使用。实验时用专用锁紧式叠插针,插入时顺时针转 $20^\circ \sim 30^\circ$,不要太用力。拆除时,逆时针转 $20^\circ \sim 30^\circ$,不要直接拉导线,以免损坏导线。导线长度的选择要合理,不要太长,同时尽量多用几种颜色。