

普通高等院校规划教材·电子信息系列

电工电子实验教程

刘润章 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等院校规划教材·电子信息系列

电工电子实验教程

刘润章 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

北 京

内 容 简 介

本书针对非电类专业本科培养方案和社会对人才的要求而编写。编写目标是适应新形势、新技术、新要求,使学生在获得电工基础、模拟电子技术、数字电子技术和单片机技术的基本概念、基本原理、基本分析方法的基础上,能正确地使用常规仪器仪表,理解电工基础知识,掌握电子技术的设计方法。本书内容包括:电工与电子技术基础知识,电工技术实验(12个)、模拟电子技术实验(9个),数字电子技术实验(9个),电工电子技术综合设计实验(7个)。

本书叙述详略得当,注重能力培养,实用性和层次性强,具有科学性和先进性。

本书适合作为普通高等学校非电类专业本科教材,也可作为高校非电类专业硕士研究生教材,还可供高校师生、科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验教程/刘润章主编. —北京:中国铁道出版社,2009.8

(普通高等院校规划教材·电子信息系列)

ISBN 978-7-113-10440-5

I. 电… II. 刘… III. ①电工技术—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TM-33
TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 143136 号

书 名: 电工电子实验教程

作 者: 刘润章 主编

策划编辑: 李小军

责任编辑: 李小军 徐盼欣

编辑部电话: (010)83550579

特邀编辑: 韩玉彬

封面制作: 李 路

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

开 本: 787mm×960mm 1/16

印张: 12.75

字数: 252千

印 数: 1~4000册

书 号: ISBN 978-7-113-10440-5/TM·86

定 价: 20.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

前 言

随着电子技术的不断发展以及 21 世纪本科院校工科人才培养模式改革的不断完善,根据社会所需人才的要求,针对非电类专业的现行本科培养方案和研究生培养计划的课程设置,兰州交通大学电子与信息工程学院电工电子实验中心全体教师结合天煌教仪设备,经过多年实践教学经验的积累,编写了这本以操作技能训练为主的专业基础课教材。本书具有以下几个特点:

1. 注重能力培养

实践教学是培养学生能力最好、最直接的环节。本书通过增加设计型实验的分量、增设课程设计以及 EDA 技术,以及设置预习思考题、明确实验目的和撰写实验报告等多种途径,全面培养、提高学生能力。

2. 实用性和层次性强

考虑到非电类学生学习电学课时少的特点,本书在内容的安排上由浅入深,循序渐进,区别对待。对某些重点内容,安排了 2~3 个不同层次的实验;特别对学有余力的学生提供了进一步开拓知识面的综合设计型和课程设计型实验。这样,既符合教学规律又给不同专业、不同层次学生提供了充分的选择余地。

3. 具有科学性和先进性

本书既保留了传统的基础知识,又反映了当代电工电子技术的发展趋势以及现代电工电子技术的设计思路与设计方法。本书将生活中的实际电路编入教材,真正做到了理论与实际相结合,同时还将先进的 EDA 技术引入课程实践教学中,使非电类的学生接触到现代化的电子技术设计手段,跟上现代电工电子技术的发展步伐。

4. 叙述详略得当

对一些理论课学过的内容、原理叙述从简,通过预习思考题等,给学生留有充分的余地,让学生主动思考,提高其分析问题、解决问题的能力。对一些课堂上延伸和扩展的内容,本书做了较为详细的分析说明,使教师易教,学生易学。

本书编写目标是适应新形势、新技术、新要求,使学生在获得电工基础、模拟电子技术、数字电子技术和单片机技术的基本概念、基本原理、基本分析方法的基础上,能正确地使用常规仪器仪表,理解电工基础知识,掌握电子技术的设计方法。为达到此目标,本书力求做到内容涵盖面广,且具有一定的深度,使之既能适应高目标、高标准的教学要求,又能适于用做普通的实践教材。在使用本书时,教师可根据实验室的具体条件对其内容进行筛选,

对参数做适当调整,还可对内容进行不同的安排,例如同样的题目可以用计算机仿真,也可以用搭接实际电路来实现。本书还为开放实验室提供了丰富的选题,例如第5章中的内容。

本书由兰州交通大学电子与信息工程学院刘润章主编。刘润章负责编写实验综述、第1章、第5章,官玉芳负责编写第2章、第4章及附录,化晓茜负责编写第3章。本书各个实验中,参数的确定、元件的选取都经过了编者反复的实验。

本书的出版得到了兰州交通大学电工电子实验中心全体同仁的大力支持,在此深表感谢。

由于时间紧、编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,恳请广大师生批评和指正。

编 者

2009年7月

目 录

实验综述	1
第1章 电工与电子技术基础知识	4
1.1 常用电工电子仪器仪表工作原理及使用方法	4
1.2 常用电气测量技术	23
1.3 测量误差分析	27
1.4 安全用电常识	28
第2章 电工技术实验	31
实验一 电位、电压的基尔霍夫定律的验证	31
实验二 叠加原理、戴维南定理和诺顿定理	34
实验三 正弦稳态交流电路相量的研究	39
实验四 交流电路中的互感	43
实验五 串联谐振电路	47
实验六 一阶电路暂态响应的研究	51
实验七 三相交流电路电压、电流的测量及矢量分析	55
实验八 负阻抗变换器实验	60
实验九 三相鼠笼式异步电动机	64
实验十 异步电动机正反转控制电路设计	69
实验十一 异步电动机延时顺序控制电路设计	72
实验十二 用可编程控制器控制电动机星/三角降压启动电路设计	76
第3章 模拟电子技术实验	80
实验一 晶体二极管的特性及应用	80
实验二 晶体管单管放大电路	83
实验三 场效应晶体管放大电路	88
实验四 差分放大电路	92
实验五 OTL 功率放大电路	96
实验六 集成运算放大电路应用设计之一——模拟运算电路	100
实验七 集成运算放大电路应用设计之二——波形发生器	106
实验八 并联型晶体管稳压电路	110

实验九 集成稳压电源设计	114
第4章 数字电子技术实验	119
实验一 常用基本逻辑门电路功能测试及功能转换	119
实验二 组合逻辑电路设计一——表决、全加器、集成门电路	123
实验三 组合逻辑电路设计二——译码器，数据选择器的逻辑功能测试 及其应用	126
实验四 触发器电路功能测试及功能转换	130
实验五 时序逻辑电路设计一——计数器及其应用	135
实验六 时序逻辑电路设计二——移位寄存器及其应用	140
实验七 集成逻辑门构成的脉冲电路设计	143
实验八 集成单稳态触发器电路设计	146
实验九 集成定时器电路设计	150
第5章 电工电子技术综合设计实验	157
题目一 多路智力竞赛抢答器电路设计	158
题目二 数控直流稳压电源电路设计	163
题目三 交通灯控制逻辑电路设计	168
题目四 八路移存型彩灯控制电路设计	172
题目五 简易数字电压表电路设计	176
题目六 拔河游戏电路设计	178
题目七 多功能数字钟电路设计	181
附录 A 实验用芯片型号与引脚特性图	189

实验综述

《电工电子实验教程》是专门为非电类专业所编写的教材,该课程是与电工技术、电子技术课程相配套的一门实验课,是整个教学环节中的一个重要组成部分,它具有很强的实践性。然而理论课教学与实验课教学是相辅相成的,前者强调理论性,后者强调实践性,两者缺一不可。本教程也介绍了一些理性知识,如电工仪表的构成原理及使用方法,电子仪器的工作原理及使用方法等。

本教程是培养学生理论联系实际,训练学生实际操作技能的一门课程。通过对本课程的学习与实践,可使学生掌握电工电子技术的基本实验技能,增强其实践意识,加深其对理论知识的理解,提高其分析问题和解决问题的能力,培养其实事求是的工作作风,使其树立严谨的科学态度。

本课程中的实验由两部分组成:电工技术实验与电子技术实验。

1. 电工技术实验

电工技术实验涉及电路理论方面的知识,主要包含直流电路、单相交流电路、三相交流电路及电动机控制等实验。通过学习,学生应掌握正确使用电工仪表测量电压、电流、功率的方法。通过三相异步电动机及继电器控制实验,学生应初步掌握电动机的使用方法和一般控制电路的设计方法。同时学生应掌握电路中一般故障分析与处理方法。

2. 电子技术实验

通过电子技术实验,学生应掌握常用电子仪器的基本原理,学会利用常用电子仪器测量某些电量参数的方法,如电压、频率、周期、振幅、相位等。电子技术实验包括两方面内容:模拟电子技术实验和数字电子技术实验。通过实验,学生应知道各种常见电子元件:电阻器、电容器、晶体管、集成电路,掌握其型号、参数及意义,并初步掌握判断其质量好坏的方法。

3. 教学目标与要求

通过对本课程的学习,每个学生都应掌握最必要、最基本的实验技能与操作技能,并逐步培养和树立严谨的科学作风。以下是最基本的教学要求,希望同学们在实验课中自觉地加以训练。

(1) 通过对本课程的学习,应能正确连接电路,进行相应的实验操作,并能做到安全用电(包括人身安全用电与设备安全用电)。

(2) 学会常用电气测量仪表正确的使用方法,尤其是万用表,必须熟练掌握。

(3) 学会常用电子仪器的正确使用方法,如示波器、低频信号发生器、晶体管毫伏表、

直流稳压电源、功率表以及其他仪器。

(4) 掌握交流电压、电流的频率、周期、振幅、相位的测量方法。初步掌握电动机、变压器及其他常用电器的使用方法。

(5) 通过实验训练,学生应具备初步的分析问题、解决问题的能力。学生应能根据实验现象分析实验原理的正确性,特别是应能根据实验出现的故障现象,进而分析、判断出故障原因,正确找出故障点,并将其排除。

(6) 通过对本课程的学习,学生应逐渐具备独立完成电工电子实验的能力,即学生应会根据实际要求设计出正确、合理的实验电路,选择合适的仪表或仪器,正确测量、选取数据,并对实验现象和实验结果进行科学分析,写出实验总结报告。

(7) 通过本课程学习,逐步培养和树立严谨的科学态度。

4. 实验课要求

“电工电子实验”课程是一门专业技术基础课,具有很强的实践性。通过对本课程的学习,可培养学生具备一定的电工技术实验与电子技术实验的技能。因此,学生必须以严肃、认真的态度对待本课程学习的每一个环节。

在上课前,学生必须做好充分的预习工作。在指导教师讲课时,学生一定要认真听讲,尤其要注意指导教师提出的实验操作要点,以防损坏设备或发生人身安全事故。

在做实验时,学生要正确使用电工电子设备(或仪器)。不清楚其性能和使用方法的,应向指导教师请教。在实验完成后,学生要认真写出总结报告,对实验数据或实验波形,如实记录,不得修改数据,不得搪塞,对实验中出现的与理论不符的数据(或波形)应进行实事求是的讨论,以此培养学生严谨的科学态度。

鉴于以上目的,特制定《学生实验守则》,详细内容见本章后的附件1。同学们应经常阅读学生实验守则,熟记于心,以上好每一节实验课。

为使实验报告形式统一,特制定实验报告要求,详细内容见本章后的附件2。写预习报告时,应先写好“实验名称、实验目的、主要实验设备、实验原理、实验步骤、注意事项和预习中须计算的理论数据(应有简单计算过程)、所需数据表格”。实验完毕后,应整理实验数据,并绘制图形或实验波形,按照每个实验教程所规定的“实验报告要求”回答问题。

附件1: 学生实验守则

1. 在实验室内不许大声喧哗,不许随地吐痰,不许乱扔纸屑,不许吸烟,不许乱动与本次实验无关的仪器设备。

2. 学生实验前必须认真做好预习报告,明确实验目的,熟悉实验步骤。对指导教师检查提问回答不合格者或不做预习报告者须重新预习,方可做实验。

3. 因病或其他原因不能做实验者,必须事先与实验课指导教师联系,按规定时间补做实验。

4. 学生在实验中,电路接好后,须检查无误后,方可通电。若发生事故,应立即断电,分析原因,并向指导教师报告。待查明原因后,方可继续做实验。

5. 若有仪器设备损坏,当事人必须向指导教师报告,指导教师视具体情况处理,可对当事人进行批评教育,或要求当事人写书面检查,或要求当事人赔偿。

6. 实验完成后,必须将仪器设备复位,整理好导线,交还工具或元件,并在打扫场地后方可离开实验室。

7. 实验课后,按照《电工电子实验教程》和指导教师的要求,撰写、整理好实验报告,并按时上交给指导教师。

附件 2: 实验报告要求

1. 实验报告封面格式

实验名称:

班级: 姓名:

实验日期: 年 月 日

2. 实验报告

(1) 实验内容(题目)

(2) 实验目的

(3) 实验设备

(4) 实验电路

(5) 实验步骤

(6) 课前预习内容

包括预习中须计算的理论数据(要有计算过程),仪器选择,仪表量程选择,波形分析等。

(7) 实验结果

包括实验过程,实测的数据、计算结果、图形等。

(8) 实验总结

包括本次实验的收获、体会和对本次实验的建议等。

第 1 章 电工与电子技术基础知识

1.1 常用电工电子仪器仪表工作原理及使用方法

为了确定一个量的大小,必须先确定出其单位量。将未知量和其单位量进行比较的过程称为测量。应用电磁的基本规律进行的测量称为电气测量。能直接指示被测的量的大小的仪表称为指示仪表。测量电流、电压、电功率、电阻、功率因数等物理量的指示仪表,称为电工测量指示仪表(通常简称为电工仪表)。电工仪表之所以在测量技术中占有非常重要的地位,并能在生产实践和教学科研中得到非常广泛的应用,是因为它具有结构简单,使用方便,稳定可靠,价格低廉,维修方便,并能够做远距离的测量等一系列优点。下面介绍几种常用的电工仪表和相关设备。

1.1.1 直流稳压电源

直流稳压电源是一种为电路提供能源的设备。对其输入交流电压,即可输出可以调控的稳定直流电压。当电源电压波动和负载变化时仍可保证输出电压基本不变。实验室中使用的直流稳压电源通常是双路直流稳压电源,可同时输出两路可调的直流电压。

1. 直流稳压电源的工作原理

直流稳压电源是一种在电网电压或负载变化时能够自动调整并保证输出电压基本不变的装置。直流稳压电源的基本结构如图 1.1.1 所示。首先由变压器将电网供给的 220V,50Hz 的交流电压变换为幅度合适的交流电压,然后经整流电路将交流电压变换成直流脉动电压,再经滤波电路将脉动电压中的纹波分量滤掉,最后经稳压电路输出稳定的直流电压。

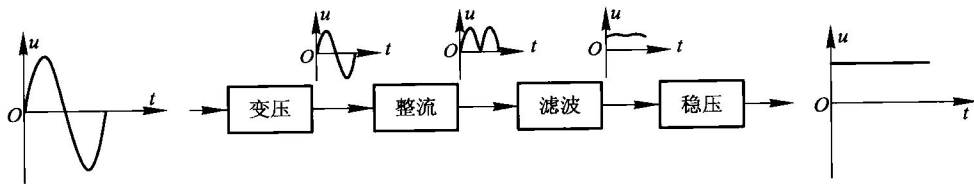


图 1.1.1 半导体直流稳压电源的原理框图

直流稳压电源中常用的整流、滤波电路分别为桥式整流和电容滤波电路。稳压电路通常为串联型晶体管稳压电路或集成稳压电路。

2. 直流稳压电源的使用方法

双路直流稳压电源的主要功能是稳压、稳流。其稳压—稳流两种工作状态可随负载的变化自动切换,还可实现主、从两路电源的串联、并联、主从跟踪等功能。因而双路直流稳压电路有独立、跟踪、串联和并联四种工作方式。

(1) 面板控制键(或旋钮、按钮开关)的功能

各种品牌和型号的稳压电源面板结构大同小异,主要有:

① 电源开关。

② 两路输出接线端子及各自的调节旋钮。

③ 电压/电流表:指示输出电压/输出电流及表头功能。选择键置“V”时,表头为电压指示,置“I”时,表头为电流指示。

④ “跟踪/独立”工作方式:选择按钮置“独立”位置时,两路输出各自独立,置“跟踪”位置时,两路为串联跟踪工作方式(或两路对称输出工作状态)。

⑤ 接地端子:机器外壳接地端。

(2) 输出工作方式

① 独立工作方式:将“跟踪/独立”工作方式选择开关置于“独立”位置即可得到两路输出相互独立的电源,连接方式如图 1.1.2 所示。

② 串联工作方式:将跟踪/独立工作方式选择开关置于“跟踪”位置,并将主路负接线端子与从路正接线端子用导线连接,连接方式如图 1.1.3 所示。此时两路预置电流应略大于使用电流。

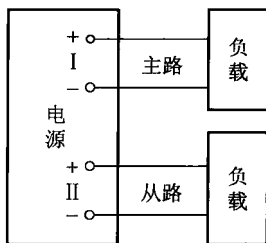


图 1.1.2 电源的独立工作状态

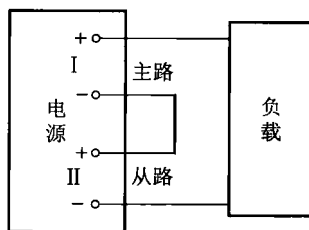


图 1.1.3 电源的串联工作状态

③ 跟踪工作方式:将“跟踪/独立”工作方式选择开关置于“跟踪”位置,将主路负接线端子与从路正接线端子连接,连接方式如图 1.1.4 所示,即可得到一组电压相同,极性相反的电源输出。此时两路预置电流应略大于使用电流,电压由主路控制。

④ 并联工作方式:将“跟踪/独立”工作方式选择开关都置于“独立”位置,两路电压都调至使用电压,分别将两正负接线端子连接,连接方式如图 1.1.5 所示,便可得到一组电流,其大小为两路电流之和。

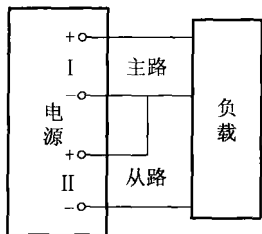


图 1.1.4 电源的跟踪工作状态

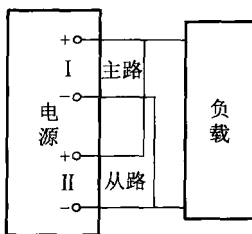


图 1.1.5 电源的并联工作状态

⑤ 调节输出幅度调节旋钮,可改变输出电压的幅度。首先选择适当的衰减倍数按键,再通过调整微调旋钮,通过 LEI 屏上显示的输出大小观察,使幅度符合要求为止。

(3) 使用直流稳压电源的注意事项

① 使用前须阅读技术说明书,了解使用方法。

② 仪器通电前,必须保证供电电压置于仪器的规定值,保护导体必须与保护端子连接。

③ 电源插头必须插入接有保护接地点的电源插座中。

④ 更换熔丝时,只能使用规定类型及额定电流的熔丝。不允许使用临时代用熔丝,也不允许将熔断器(俗称保险丝管)短接。

⑤ 仪器维修时,必须将仪器电源断开。

1.1.2 万用表

万用表在电工电子测量中是应用最广泛的一种测量仪表。可以用它方便地进行交、直流电压、电流、电阻的测量,也可以测量半导体器件及电容元件等。万用表根据其结构不同有指针式、数字式,也有台式、便携式的区别。不同类型的万用表的功能及用法基本上都是相同的。

1. 面板控制键功能

(1) 指针式万用表的面板主要包括表头、量程转换开关、欧姆调零电位器(即调零旋钮)和机械零位调节螺钉,晶体管静态直流放大系数插座和表笔插座等。表头是一只高灵敏度的磁电式整流系仪表。选择表盘上的“ Ω ”挡可以测量电阻;“ V ”、“ mA ”和“ V ”分别表示测量直流电压、直流电流和交流电压;“ hFE ”表示测量锗或硅晶体管静态直流放大系数;“ C 、 L 、 dB ”分别表示测量电容、电感及音频;机械零位调节螺钉是用来调整指针,使其处在零点位置的;量程转换开关是用来转变各种测量电路、选择测量项目和量程的。测量电阻时,为保证被测电阻阻值的准确,测量时必须先进行欧姆调零工作,即先把两支表笔短路(此时电阻阻值为零),此时指针应在“0”位上。若偏离“0”位,可调节欧姆调零旋钮,使指针指在“0”处。面板上有两组插座:一组是表笔插座;另一组晶体管静态放大系数测试插座,

有NPN“c, b, e”和PNP“c, b, e”六个插孔,用于测量晶体管的参数。

(2) 数字万用表面板有:液晶显示屏、量程开关、输入插孔、hFE插座和电源开关五个部分。万用表的液晶显示屏最大显示1999或-1999。当测量直流电压和直流电流时,仪表有自动显示极性的功能,若测量值为负,显示的数字前面将带“-”号。在允许范围内减小量程时,显示屏上小数点的位置左移,小数部分的位数增多,可使测量精度提高。此外,显示屏还具有超量显示功能,当输入超量时,显示屏的左端将出现“1”或“-1”。量程开关、输入插孔、hFE插座同指针式表,但使用数字式表时,要注意电源开关的开与闭。

2. 使用方法

(1) 在使用万用表之前,要熟悉量程转换开关、旋钮、按钮、插座、插孔的作用及使用方法。

(2) 测量前要明确测量项目和测量方法,然后将量程转换开关置于相应的测量项目和量程挡位。若事先无法估计被测的量的大小,应先把量程转换开关置于最高挡,然后再逐渐减小量程至合适挡位。在测量高电压(220V、380V)或大电流(0.5A以上)时,若须改变量程,一定要将表笔脱离电路,以免损坏万用表。每一次测量之前,都应该对一下测量项目及量程转换开关是否置于对应位置。

(3) 测量电流时,若电源内阻和负载电阻都很小,则应尽量选择较大的电流量程,以降低万用表的内阻,减小对被测电路工作状态的影响。测量电压时,若电源内阻较高,则应尽量选择较大的电压量程,因为量程越大,内阻越高。测直流电流时,应特别注意被测电路的正负极性。

(4) 测量电压时,要准确判断被测电路两端电压的极性,若误用交流电压挡测量直流电压,则测量结果可能比实际直流电压要高或为零。若误用直流电压挡去测量交流电压,则表针不动,或微微抖动。被测电路两端电压大于36V时,应注意人身安全。要预先把一支表笔固定在被测电路的公共接地端,用另一支表笔去碰触测试点;要养成单手操作的习惯,在测量高压时,必须使用带颚鱼夹的高绝缘的表笔,以便固定,确保安全。

(5) 在测量电阻时,要选择合适的量程挡位,并一定要进行欧姆调零工作。要特别注意的是,每更换一次欧姆量程挡,都要重新调零一次。若连续使用 $R \times 1$ 挡时间较长,则应随时重新调零。若欧姆调零电位器向右旋至最大,表针仍达不到零,即说明电池电压不足,应更换电池。数字万用表使用时,无须调零。切忌带电测量线路内元器件的电阻,这样不但测量不出电阻阻值,还会烧坏万用表。正确做法是先关掉电源,至少使元件一端与电路断开(对于晶体管,至少焊开两个电极)再进行测量。

测量电阻、电容时,切忌用两手去捏住表笔两端金属部分和电阻或电容两引线部分,这样会使人体电阻与检测电阻或电容并联引起测量误差,尤其是高阻值电阻或小容量电容时。在测量大容量电解电容之前,应使正、负两极引线短路放电,以防止内存电荷放电打弯表针。

(6) 在测量晶体管、电解电容等有极性的元器件等效电阻时,必须注意两表笔的极性。在欧姆挡,对于指针式万用表一般红表笔接表内电池负极,而黑表笔接表内电池正极。而数字式万用表则相反,表笔接反,测量结果就不正确。

(7) 测量有感抗的电路中的电压时,应在关掉电源之前先把万用表断开,以防止由于自感现象产生的高压损坏万用表。

(8) 万用表暂时不用时,应把量程转换开关置于交流电压最高挡,以防下次使用时不慎损坏万用表。千万不能置于欧姆挡,以防止两表笔短路,使表内电池消耗过快。万用表长期不用应取出电池以防止电池存放过久,泄漏电解液腐蚀表内电路板及元器件。

(9) 用指针式万用表判别晶体管引脚及性能的具体方法:

① 二极管在使用前,一定要进行性能指标的测试。测试性能指标可以用专门的测试仪器,但最常见的是用万用表。根据二极管的单向导电性能,用万用表欧姆挡可判别二极管的极性和性能。将万用表置 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡位上,两表笔分别接二极管两电极,再将两表笔对调测量一次,若两次测量的电阻值一次很大,一次很小,则二极管是好的;若两次测量的阻值均为无穷大,表明二极管断路;若两次测量的阻值均为零,表明二极管短路;若两次测量的阻值相差不大,则说明二极管的性能不佳。

由于二极管的单向导电性决定了其正、反向电阻不同,通过测量二极管的极间电阻可判别其电极的极性,具体方法如下:

将万用表欧姆挡的量程拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡,用万用表红、黑表笔各接二极管的两个电极,若测量电阻较低,即小于几千欧,说明红表笔所接为二极管的阴极(负极),而黑表笔所接为二极管阳极(正极),二极管属于正向偏置。反之二极管属于反向偏置,反向电阻可达几百千欧。

② 晶体管在使用前,一定要进行性能指标的测试。测试性能标可以用专门的测试仪器,也可以用万用表。晶体管在安装时,首先要正确地判断三个引脚,注意电源的极性,NPN管的发射极对其他的极是负电位,而PNP管则应是正电位。晶体管的型号和引脚排列可从有关手册和管壳的标志来确定。但有时管壳上的标志磨损掉了,就需要用万用表来判别晶体管的类型和区分三个电极,方法如下:

将指针式万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡位,红表笔任意接触一个电极,黑表笔依次接另外两个电极,分别测量它们之间的电阻值。当红表笔接触某一电极,其余两电极与该电极间均为几百欧姆,则该管为PNP型晶体管,红表笔所接触的为b极。若以黑表笔为基准,即将两只表笔对调后,重复上述测量方法。若同时出现低电阻的情况,则该管为NPN型晶体管,黑表笔所接触的为b极。若不能出现上述测量结果,或者电极之间正反向测量均为无穷大或很小,则说明晶体管电极之间断路或短路。

在判别出类型和基极b之后,再任意假定一个电极为e极,另一个为c极。对于PNP型晶体管,用红表笔接c极,黑表笔接e极,同时用手捏住晶体管的b,c极,观察万用表指针

摆动的幅度。按此法对调红、黑表笔,比较两次测量表针摆动的幅度。摆动较大的那一次,红表笔接的是c极,黑表笔接的是e极。对于NPN型管,摆动较大那一次,黑表笔接的是c极,而红表笔接的是e极。用这种方法也能初步判断晶体管电流放大系数 β 值的大小,摆动越大,晶体管的 β 值也越大。特殊类型晶体管如阻尼管、达林顿管不能按上述方法来判断类型及引脚,必须根据其内部结构特点去判断。

(10) 万用表排除故障的方法。万用表不但可以用来测量各种参数,而且可以用来对电路出现的故障进行排查处理。故障方法有电压排除法和阻抗排除法两种。

① 电压排除法。无论交直流电路中出现何种故障,要在电路不断电的情况下检查故障,都可用万用表交直流电压挡进行检查,电压表的量程可选择高于电源电压的量程。具体方法是从电源开始逐级排查,若有电压说明该电路良好,否则就是电路的故障源,确定故障原因,并将故障排除。

② 阻抗排除法。在电路无源的情况下可以选择欧姆挡分段排查。检查的电路阻抗和实际阻抗基本相同,说明电路无故障,否则就是故障源,查出故障原因,并将故障排除。

1.1.3 交流毫伏表

当被测交流电压信号频率范围很宽,且数值变化很大时,可以用交流毫伏表测量。交流毫伏表是一种交流电压测量仪器,采用磁电式表头作为指示器,属于指针式仪表,是模拟式电子电压表。交流毫伏表与普通电压表比较有以下优点:输入阻抗高;一般输入电阻至少为500k Ω ,当接入被测电路后,对电路的影响小,频率范围宽约为几赫至几十兆赫;电压测量范围广,量程从几毫伏至几百伏;灵敏度高,可测量微伏(μV)级电压信号。

1. 交流毫伏表的工作原理

交流毫伏表通常由衰减器、检波电路、放大电路和指示电路四部分组成。被测电压先经衰减器衰减到适宜交流放大器输入的数值,再经交流电压放大器放大,最后经检波器检波,得到直流电压,由表头指示出其数值的大小。需要注意的是,交流毫伏表的面板是按交流电压有效值进行刻度的,因此只能测量正弦交流电压的有效值,当测量非正弦电压时,其读数没有直接的意义。

2. 交流毫伏表的使用方法

(1) 面板控制键功能:

- ① 电源开关。
- ② 输入接线端子:待测信号由此端输入,最好通过屏蔽线接至待测信号。
- ③ 量程选择旋钮:该旋钮用以选择仪表的满刻度值。
- ④ 机械调零螺钉(有时带一个旋钮):用于机械调零。
- ⑤ 电源指示灯。

(2) 使用方法及注意事项:

① 准备工作:将毫伏表垂直放置在水平工作台上,在未接通电源的情况下,检查一下电表的指针是否在零位,若有偏差,则调节机械调节旋钮使指针指示为零。

② 接通电源,进行调零。将输入线的两个接线端短接,并使量程开关处于合适挡位上,再调节调零旋钮使表头指引指示为零,然后断开两接线端进行测量。在使用中,每改变一次量程都应重新进行电气调零。有的毫伏表具有自校零功能,可以不进行电气调零。

③ 根据被测信号的大小选择合适的量程。无法预知被测量的大小时先用大量程挡,再逐渐减小量程至合适挡位。

④ 凡量程为 1×10^n 的读数时,从上往下数的第一根刻度线读,凡量程为 3×10^n 的读第二根刻度线。

⑤ 毫伏表是不平衡式仪表,测试端的两个夹子是不同的,黑夹子必须接被测电路的公共接地端,红夹子接被测试点。接拆电路时注意顺序,测量时先接黑夹子,后接红夹子,测试完毕,先拆红夹子,后拆黑夹子。

⑥ 由于毫伏表的灵敏度很高,输入端感应的信号就能使指针满偏,因此不用时应将量程置于 3V 以上的挡位上。测试过程中需要改换测试点时,应先将量程置于 3V 以上的挡位上,然后移动红夹子,红夹子接好后再选择合适量程。使用完毕将量程置于 3V 以上挡位后再断开电源。

1.1.4 函数信号发生器

函数信号发生器实际上是一种多波形信号源,能产生正弦波、方波、三角波、锯齿波以及各种脉冲信号,输出电压的大小和频率都能方便地进行调节。由于其输出波形均可以用数学函数描述,因而被称为函数信号发生器。

目前,函数信号发生器的输出频率范围达到 $0.0005\text{Hz} \sim 50\text{MHz}$,除了作为信号源使用外,一般的函数信号发生器都具有频率计数和显示功能,既能显示自身输出信号的频率,也能测量外来信号的频率。有些函数信号发生器还具备调制和扫频等功能。

1. 函数信号发生器的工作原理

图 1.1.6 所示为函数信号发生器常用电路的原理框图。虽然图中所示的方波是由三角波通过方波变换电路变换而成的,但在实际电路中,三角波和方波的产生是难以分开的。方波形成电路通常是三角波发生器的组成部分,而正弦波是三角波通过正弦波形成电路变换而来的。所需波形经过选取、放大后经衰减器输出。

直流偏置电路提供一个直流补偿调整,使函数信号发生器输出的直流成分可以进行调节,图 1.1.7 所示为具有不同直流成分的方波。

图 1.1.6 是函数信号发生器的主要结构原理图。此外,有些函数信号发生器为了将其输出的方波用作数字电路的时钟而设置了固定的 TTL 和 CMOS 输出电路。