



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电 工 学 III

电工电子学实验

■ 侯世英 周 静 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电 工 学 III

电工电子学实验

Diangongxue III
Diangongdianzixue Shiyan

■ 侯世英 周 静 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是为高等院校非电类专业开设电工学实验课而编写的实验教学用书,是重庆大学侯世英教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材——《电工学Ⅰ(电路与电子技术)》、《电工学Ⅱ(电机与电气控制)》和《电工学Ⅲ(电工电子学实验)》的第三本。

本书首先较全面地介绍了电工学实验的基础知识和电工电子测量方法及测量设备,便于学生课前自学;然后根据课程实验特点分类,给出了基础实验、仿真实验、综合实验三大类共计 28 个实验项目,其中,考虑到 PLC 与电动机控制教学内容不包含在某些专业课程的教学大纲中,本书将 PLC 与电动机控制实验单独列为一章,包括 5 个实验项目,供含有这部分教学内容的专业教学使用。最后在附录中给出了 Multisim 软件的使用方法、PLC 原理及编程基础,同时还包括常用电子元器件及集成电路介绍、部分电器和电机介绍,便于学生查阅。

本书是重庆大学电工学课程组教学改革成果之一,是课程组多年理论与实验教学经验的总结,适用于机械工程、车辆工程、动力、能源、材料、物理、化工、环境工程、采矿、冶金等非电类专业学生开设电工学系列实验课程使用,也可作为相关电工学实验的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学Ⅲ, 电工电子学实验/侯世英, 周静主编. —北京: 高等教育出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-04-030141-0

I. ①电… II. ①侯…②周… III. ①电工学-高等学校-教材②电工技术-实验-高等学校-教材③电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM1②TM-33③TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 119614 号

策划编辑 金春英 责任编辑 许海平 封面设计 于文燕 责任绘图 尹 莉
版式设计 张 岚 责任校对 金 辉 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landraco.com http://www.landraco.com.cn
印 刷	保定市中国画美凯印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2010 年 8 月第 1 版
印 张	10.75	印 次	2010 年 8 月第 1 次印刷
字 数	260 000	定 价	16.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 30141-00

前 言

本书是为高等院校非电类专业开设电工学实验课而编写的实验教学用书,是重庆大学侯世英教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材——《电工学 I (电路与电子技术)》、《电工学 II (电机与电气控制)》和《电工学 III (电工电子学实验)》的第三本。本书在内容组织上结合了目前电工学教学内容的改革、实验手段的更新和电工电子新技术的发展趋势,对实验内容和实验手段做了较大幅度的调整和更新。

首先将实验教学内容按照与理论教学模块相对应的方式,即以电路理论、模拟电子技术、数字电子技术、电机与控制、电工学实验基础知识和基本仪器仪表使用五个模块组织实验内容。然后根据不同的教学要求,设置了基础型、仿真型、综合型三个层次的实验项目。基础实验部分主要为验证性实验,内容翔实,注重对实验原理的阐述,使实验教材既相对独立于理论教材,又能让学生结合理论课程进行预习和准备,对学生独立进行实验具有指导意义;同时,考虑到部分专业可能具有更高层次的教学需求,在基础实验部分设置扩展实验内容,该层次内容基本上为设计性实验,提倡自主实验。在仿真实验部分,将 Multisim 软件引入电工学实验,进行电路理论、模拟电路、数字电路的仿真分析,拓宽学生的知识面,开展基于 EDA 技术的新颖的设计性和创新性实验。在综合实验部分,加强实验内容与工程、社会实践的密切联系,强化电动机及控制实验、PLC 与继电器接触器控制相结合的应用实验,为后期开展课外实验打下基础。各类型学校可根据自身特点,针对不同专业的教学需求选择不同模块和不同层次的实验内容。

本书首先较全面地介绍了电工学实验的基础知识、电工电子测量方法及测量设备,便于学生课前自学;然后根据实验内容特点分类,给出了基础实验、仿真实验、综合实验三大类共计 28 个实验项目,其中,考虑到 PLC 与电动机控制教学内容不包含在某些专业课程的教学大纲中,本书将 PLC 与电动机控制实验单独列为一章,包括 5 个实验项目,供含有这部分教学内容的专业教学使用。最后在附录中给出了 Multisim 软件的使用方法、PLC 原理及编程基础,同时还包括常用电子元器件及集成电路介绍、部分电器和电动机介绍,便于学生查阅。

对于每一个实验项目,配有简洁的学习材料,以帮助学生自主完成实验准备、实验预习、实验详细方案设计、实验进程、实验总结与分析等整个实验过程,并将思考题贯穿于其中,力求避免实验过程特别是实验接线中的常见错误,同时引导学生在实验预习及实验过程中进行积极、深入的思考。

本书侧重科学实验方法的学习,加强基本电工实验技能的训练,体现对现代电气工程实验技术的了解,强调学生在整个实验过程中的参与,适合于工科非电类专业电工学实验课程选用。

参加本书编写工作的有:重庆大学电工学课程组的侯世英、周静、孙韬、张立群和李利以及重庆师范大学物理与电子工程学院的龙兴明。

本书由华南理工大学殷瑞祥教授审阅,殷教授对全书的体系结构、内容等方面给予了悉心指导,提出了许多宝贵意见和修改建议,在此对殷教授的关心和支持表示最真挚的谢意。

本书基础实验部分继承了课程组李雪瑶老师主编的《电工电子实验技术》一书,教材的编写

得到了重庆大学电工学课程组全体教师的大力支持,重庆大学电工电子实验中心的实验人员对本书涉及的实验项目进行了认真验证,在此对李雪瑶及重庆大学电工学课程组和电工电子实验中心的全体老师的支持与配合表示衷心感谢。

由于编著者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年2月于重庆

目 录

第 1 章 实验基础知识及基本仪器

简介 1

1.1 电工电子学实验简介 1

1.2 电工电子学实验测量的基本概念 3

1.3 常用仪器仪表简介 6

第 2 章 基础实验 14

2.1 电子仪器仪表使用一 14

2.2 电子仪器仪表使用二 17

2.3 荧光灯功率因数的提高 18

2.4 三相负载电路研究 21

2.5 单管电压放大电路 24

2.6 整流、滤波、稳压电路 28

2.7 集成运算放大器的应用 31

2.8 集成与非门及其应用 35

2.9 集成触发器 39

2.10 计数器 43

2.11 555 时基电路及其应用 49

2.12 单相半控桥式整流 52

2.13 异步电动机的点动、起动、正反转控制 56

2.14 异步电动机的能耗制动 59

第 3 章 基于 Multisim 8 软件的电路

仿真实验 62

3.1 电路仿真实验 62

3.2 模拟电路仿真实验 72

3.3 数字电路仿真实验 78

第 4 章 电路电子技术综合实验 83

4.1 简易信号发生器 83

4.2 直流稳压电源设计 87

4.3 四人抢答器 96

4.4 汽车尾灯控制 99

4.5 温度检测与控制实验 102

4.6 数字电压表 107

第 5 章 PLC 及电动机控制实验 113

5.1 PLC 基本操作练习 113

5.2 三相异步电动机的往返控制 116

5.3 三相异步电动机的 Y- Δ 起动控制 120

5.4 皮带传送控制系统设计 122

5.5 十字路口交通信号灯控制 124

附录 127

附 1 Multisim 软件简介 127

附 2 PLC 原理及其编程软件 STEP7 简介 133

附 3 常用电子元器件及集成电路介绍 145

附 4 部分电器和电动机介绍 156

附 5 电子技术实验箱使用说明 159

参考文献 164

第1章 实验基础知识及基本仪器简介

1.1 电工电子学实验简介

1.1.1 实验教学的地位和作用

电工电子学是一门实践性很强的学科,许多概念必须通过实验手段才能正确建立,因此,实验教学环节是电工电子学教学中至关重要的环节。20世纪末,特别是进入21世纪以来,政府对教育的投入大幅度提升,实验室建设规模成倍扩大,实验设备、实验教学手段也在不断更新,实验教学条件得到极大地改善。面对当前社会对人才的需求,电工电子学实验教学与理论教学和科学研究必须紧密地结合在一起,使学生通过实验教学过程的训练,深化对基础理论的认识,同时加强培养学生的动手操作能力、工程意识和实践创新能力,从而培养出适合社会需要的人才。

1.1.2 电工电子学实验规范

- (1) 遵守实验室的各种规章制度,保持良好的实验教学环境和教学秩序。
- (2) 实验前应认真阅读实验指导书、仪器介绍及有关参考书,深入了解实验目的、原理、内容。
- (3) 了解实验中所用的各种电气设备及各种电子仪器的原理、使用方法,正确使用各种仪器设备。
- (4) 实验中,接好电路或改接电路后,必须经教师检查同意后才能接通电源,并严格使用实验电路要求的工作电压。
- (5) 在实验设备通电运行中,实验人员不得随意离开现场。
- (6) 实验过程中,若发生不安全迹象,任何人都可及时指出,劝其改正。若发生安全事故,必须立即切断电源,保持现场,并报告教师,以便查明情况,酌情处理。对责任事故造成的损失,当事人应负赔偿责任。
- (7) 实验中坚持严肃、认真的科学态度,切实按照拟订的实验步骤工作,认真记录所得数据和相关波形。
- (8) 实验过程中出现故障时,应该独立思考、分析排除,不能解决时请指导教师指导,并应记下故障现象和排除故障的过程、方法。
- (9) 实验数据和结果要送交指导教师审阅,确认正确无误后方可结束实验。
- (10) 实验完毕,应先关闭设备电源,再拆除导线,并整理好现场,方可离开实验室。

1.1.3 电工电子学实验守则

为保证人身和设备的安全以及良好的教学秩序,特制定电工电子学实验守则。

- (1) 实验室内禁止吸烟、随地吐痰、吃东西,保持良好的教学环境。

- (2) 实验室内禁止打闹、大声喧哗,保持良好地教学秩序。
- (3) 禁止蹬、坐各种仪器设备、实验桌。
- (4) 进入实验室后,未经指导教师许可不准随便动用电气设备及各种电子仪器。
- (5) 根据指导教师的安排,领用各种工具和元器件,并在实验结束后及时归还,未经教师许可,不得私自将工具和材料带到实验室外。
- (6) 实验前,要认真听教师讲解实验要求和注意事项,观察教师的演示操作方法,避免违章操作。
- (7) 按实验方案连接实验电路和测试电路,注意连接电路和拆除电路时要关闭电源。
- (8) 接通电源前,要严格检查工具或仪表引线有无破损、漏电、短路等现象,以免发生事故。
- (9) 不准随意加大工作电压,以免烧坏元器件及电路板。
- (10) 严禁带电拆线、接线或接触带电电路的裸露部分和机器的转动部分。
- (11) 取用仪器、仪表要轻拿轻放;在使用仪器、仪表测量或调试过程中不得随意扳动开关和旋钮;当不能估计电流和电压的大约数值时,要用最大量程测量一次,再使用准确量程进行测量。
- (12) 如有不懂的地方要向教师请教,不得随意操作,避免造成不必要的损坏。
- (13) 如果实验中出现冒烟、闪光、异味、响声等异常情况,应立即切断电源并报告教师,等待处理。
- (14) 仪器或仪表使用完毕,要将各种旋钮恢复原位或零位,电源开关要关闭。
- (15) 实验结束后,拆除实验电路,将所有实验用具放到指定位置,整理好实验台,摆放好桌椅后,方可离开实验室。

1.1.4 检查故障的基本方法

通电调试时不要急于测量电气指标,若发现不正常现象,应分析其原因,并排除故障,再进行调试,直到满足要求。

(1) 直接观察法 不使用任何仪器,只利用人的视觉、听觉、嗅觉以及直接触摸元器件来寻找故障和分析故障。此法较简单,可作为对电路初步检查之用。

(2) 电阻测量法 在电路不带电的情况下,用万用表电阻挡测量电路的阻值、导线或元件的通断。

(3) 电压测量法 在电路带电的情况下,用电压表测量电路中有关各点的电位或两点之间的电压,再应用理论知识分析和寻找故障。

(4) 信号跟踪法 把一个幅度与频率适当的信号送入被测电路的输入端,利用示波器,按信号的流向,逐级观察各点的信号波形。如某一级异常,则故障就在该级。这种方法对电子电路最为适用。

(5) 对比或器件替换法 将被怀疑有故障的电路的参数和工作状态与相同的正常电路进行对比,或用与故障电路同类型的元器件、插件板等来替换故障电路中可能产生故障的部分,从而发现和判断故障。

以上列举的几种方法,在使用时可根据实际情况灵活掌握。对简单故障一般用一种方法即可查出故障点,但对于复杂故障,则需采用多种方法,互相配合,才能找到故障点。

一般情况下,寻找故障的常规做法是:首先用直接观察法,排除明显的故障,然后用万用表检查静态参数,最后用信号跟踪法对电路做动态检查。

1.2 电工电子学实验测量的基本概念

1.2.1 电工电子学实验测量的范围

测量是通过物理方法对客观事物定量表征的过程,也就是用实验方法把被测量与它的标准量进行比较的过程。

电工电子学实验测量的范围包括电流、电压、功率、频率、相位等电量和电阻、电容、电感等电参数的测量,以及经相应变换器把某些非电量如温度、压力、水位、速度等变换为电量后的测量(称非电量电测法)。

1.2.2 测量方法分类

为了实现测量目的,正确选择测量方法是很重要的,它直接关系到测量工作能否正常进行和测量结果的有效性。测量方法的分类有很多种,主要分为以下三类。

1. 直接测量

直接测量就是通过测量直接获取被测量大小的测量方法,例如,用电压表直接测量出某一支路电压的大小或用电流表直接测量出某一支路电流的大小等。

2. 间接测量

间接测量是指欲测量的未知量必须通过几个被测量之间的函数关系求出,如测出无源二端电阻网络的电压和电流,就可以利用欧姆定律求出其等效内阻 $R = \frac{U}{I}$ 。常在直接测量不方便或间接测量结果较直接测量更为准确等情况下使用此方法。

3. 组合测量

组合测量是兼用直接测量与间接测量的测量方法。在某些测量中,被测量与几个未知量有关,需要通过改变测量条件进行多次测量,然后按照被测量与未知量之间的函数关系,组成联立方程,求出各未知量。

1.2.3 测量误差

测量结果与被测量真值的差别称为测量误差。测量误差是实验中重要的问题之一,忽视误差,有时会影响实验的科学性。

1. 测量误差的表示法

测量误差可用绝对误差和相对误差来表示。

1) 绝对误差 ΔA

测量结果 A_x 与被测量的真值 A_0 之差称为绝对误差。

$$\Delta A = A_x - A_0 \quad (1.2.1)$$

式中 A_x 为测量值; A_0 为被测量真值。

真值一般用高一级标准仪表测得的值代替。

在测量不同大小的被测量时,不能简单地用绝对误差来判断其测量的准确度,例如甲表测 100 V 电压时,绝对误差 $\Delta A_{\text{甲}} = +1 \text{ V}$;乙表测 10 V 电压时,绝对误差 $\Delta A_{\text{乙}} = +0.5 \text{ V}$, $\Delta A_{\text{甲}} > \Delta A_{\text{乙}}$,但从仪表误差对测量结果的相对影响来看,甲表就小得多了。甲表误差占被测量的 1%,而乙表误差却占被测量的 5%。工程上常采用相对误差来衡量测量结果的准确度。

2) 相对误差 γ

绝对误差与被测量的真值之比的百分数称为相对误差,即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (1.2.2)$$

2. 测量误差的分类

根据测量误差的性质和特征,可将其分为三类,即系统误差、偶然误差和疏忽误差。

1) 系统误差

这类误差有一定规律或在整个测量过程中保持不变,它主要包括以下几方面的误差。

(1) 基本误差 由于仪表结构和制造中的缺陷而产生的误差,这种误差为仪表所固有。

(2) 附加误差 由于外界因素(如温度、磁场等)的变化以及未按技术要求使用仪表等所造成的误差。

(3) 方法误差 由于测量方法不完善、实验者读数习惯不同或测量方法的理论根据不充分、使用了近似公式等所产生的误差。

2) 偶然误差

偶然误差也称为随机误差。这种误差是由于某些偶然因素造成的,其特点是:即使在相同的条件下,同样仔细地测量同一个量,所得结果仍有时大、有时小。但多次测量的结果综合起来看,它是服从统计规律的。因此,可以通过取各次测定值的算术平均值来削弱偶然误差对测量结果的影响。

3) 疏忽误差

疏忽误差是由于实验者的疏忽所产生的,例如读数错误、记录错误和操作方法错误等。所得数据严重歪曲测量结果,应该剔除重测。

1.2.4 测量数据的处理

测量结果常用数字和图形来表示。若用数字来表示测量结果,在进行数据处理时,除了应注意有效数字的正确取舍外,还应符合数据处理方法,以减小测量中随机误差的影响。要从凌乱的实验数据中得出可靠的实验结果,找出各物理量之间的变化关系及其变化规律,就需要对实验数据进行分析整理、归纳计算等处理。最后可用数据表格清晰地表示出来。若以图形表示测量结果,则应考虑坐标的选择和正确的作图方法,以及对所作图形的评定等。

1. 近似数和有效数字

仪表测量所得数据往往都是近似数,这些近似数通常都用有效数字的形式来表示。有效数字是指一个数据从左边第一个非零数字开始,直到右边最后一个数字为止的所有数字。例如 $0.345 \text{ k}\Omega$,这个数据是由 3、4、5 三个有效数字表示的电阻值。左边的一个“0”不是有效数字,因为可以通过单位变换,把上述数据写成 345Ω 。而其中末位数 5,通常是在测量该数据时估计出

来的,将其称为欠准确数字或可疑数字。其他各位有效数字称为准确数字。准确数字和欠准确数字是测量结果中不可少的有效数字。在记录测量数据时,只允许保留1位欠准确数字。

2. 有效数字的正确表示法

(1) 记录有效数字时,只允许保留1位欠准确数字,即被测量可能在最后1位数字上变化 ± 1 个单位。

(2) “0”在数字中可能是有效数字,也可能不是有效数字。例如0.150 kV这个数据,它前面的“0”不是有效数字,它的有效数字有3位。它可以写成150 V,有效数字仍是3位。可见前面的“0”仅与所用单位有关。末位的“0”不能随意增减,它是由测量设备的准确度来确定的,例如上面这个数据,末位的“0”就是有效数字,它是1位欠准确数字,而前面的“1”和“5”是2位准确数字。如对于0.15 kV,则表明最后1位“5”为欠准确数字,只有“1”这1位是准确数字了。

(3) 大数值与小数值要用幂的乘积形式来表示,如测得15 000 V这个数据,有效数字为3位,则应记为 1.50×10^4 V或 150×10^2 V。

(4) 计算中,常数(如 $\pi, e, \sqrt{2}, \frac{1}{2}$ 等)的有效数字的位数未加限制,可随计数时所取测量数据的有效数字的位数而定。

3. 有效数字的修约规则

有效数字的位数确定后,多余的位数一律舍去,其修约规则为:

(1) 被舍去的数大于5,则舍5进1,即末位数加1,例如0.146修约到2位有效数字时,其结果为0.15。

(2) 被舍去的数小于5,则只舍不进,末位数不变,例如0.14。

(3) 被舍去的数等于5,若前位为奇数时,舍去多余位数,末位进1;若前位为偶数时,则只舍不进,例如0.145和0.235两个数,修约到2位有效数字时,应为0.14和0.24。

4. 有效数字的运算法则

1) 加、减运算

首先对参与运算的各项数据进行处理,将各数舍入到比小数点后位数最少的那个数多保留1位小数,然后进行运算。最后对结果进行舍入,使其与原来各项数据中小数点后位数最少的那个数的位数相同。

2) 乘、除法运算

同样先对各项数据进行舍入,使它们的有效位数均比有效位数最少的因子多1位数,然后进行运算,最后对结果进行舍入,使其有效位数与有效位数最少的那个因子相同。若有效位数字最少的那个因子的首位数为“8”或“9”,则计算结果的有效位数应多取1位。

3) 乘方及开方运算

运算结果比原数多保留1位有效数字,例如 $\sqrt{4.8} = 2.19$ 。

4) 对数运算

应使取对数前后的有效数字位数相等,例如:

$$\ln 207 = 5.33 \quad \lg 7.654 = 0.8839$$

5. 数据的列表表示法

将所得数据列成表格,简单明了地表示出相关物理量之间的关系,这种方式便于实验者随时

检查结果是否合理,以便及时发现问题,减少和避免错误。在分析表中数据时,还可以发现相关物理量的变化规律,进而得出实验结论。列表的要求是:

- (1) 简单明了,便于分析相关物理量之间的关系。
- (2) 在标题栏中,要标明各物理量的单位。在记录各数值时,不再重复写单位。
- (3) 合理选择测量点。要注意自变量取值的两个端点,因变量变化的最大值和最小值点都必须测出,在变化剧烈的部分要多取几个测试点,在变化较平坦部分可少取几个测试点。
- (4) 表中所列数据要正确反映测量结果的有效数字。
- (5) 除原始测量数据外,计算过程中的一些中间结果和最后结果也可以列入表中。

6. 数据的图示表示法

将实验数据按其对应关系用“○”、“×”或“Δ”等符号记录在坐标纸(应使坐标纸的最小格对应于有效数字的最后1位数位)上,并绘出一条光滑的曲线(或直线),使其尽可能真实地反映实验结果。图示法能直观地表现出一系列实验数据的关系或变化情况,与列表法一样,使用非常广泛。

在实际测量过程中,由于存在各种误差,测量数据将出现离散现象,若将各测量值直接依次连接起来,得到的是一条波动的折线。要想得到一条光滑的、最接近实际情况的曲线,必须运用误差理论把各种随机因素引起的曲线波动抹平。在要求不高的场合,可以用直尺或曲线板,根据不同情况,把“点”连成直线或光滑的曲线。曲线(或直线)并不一定通过所有的点,而是使曲线两侧的数据点较均匀地分布,个别偏离过大的点应当舍去或重新测量。如曲线需延伸到测量范围之外,则应按其趋势用虚线表示,如图1.2.1所示。

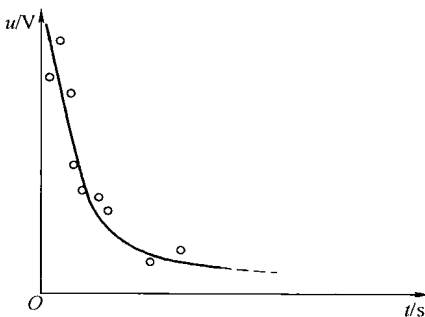


图 1.2.1 曲线画法

曲线应画在坐标纸上,比例要适当,坐标轴上应注明物理量的符号、单位和起始值,并标明比例和曲线的名称。

1.3 常用仪器仪表简介

1.3.1 数字万用表

UT56 是用来测量直流和交流电压、电流、电阻、电容、二极管、晶体管、频率以及电路通断的手持式 $4\frac{1}{2}$ 位数字万用表。最大显示值为“19999”,过量程显示“1”,具有数据保持功能。

1. 数字万用表的面板

数字万用表的面板示意图如图1.3.1所示。

2. 操作说明

1) 电压测量

黑表笔插在“COM”孔,红表笔插在“V/Ω”孔。测量交、直流电压时,将功能转换开关拨到相

应的交、直流电压挡,将表并接在被测电路上即可。测直流电压时,在显示电压值的同时将显示红表笔端的极性;测量交流电压的频率范围为 40 ~ 400 Hz。显示为平均值(正弦波有效值)。

注意:

(1) 如果使用前不知电压范围,应将功能转换开关置于最大量程并逐渐下降。

(2) 如果显示器只显示“1”,表示过量程,功能转换开关应置于更高量程。

(3) 若所测为直流电压,最大不得超过 1 000 V;若所测为交流电压,最大不得超过 750 V (有效值)。

2) 电流测量

测量交、直流电流时,黑表笔插在“COM”孔,红表笔插在“mA”(测量小于 2 A 的电流时)或“A”(测量电流小于 20 A)孔。将功能转换开关拨到相应的交、直流电流挡,将表串接于被测电路中,如所测为直流电流,在显示电流值的同时,将显示出红表笔的极性。

注意:

(1) 如果使用前不知电流范围,应将功能转换开关置于最大量程并逐渐下降。

(2) 如果显示器只显示“1”,表示过量程,功能转换开关应置于更高量程。

(3) 最大输入电流为 2 A 或 20 A 取决于所使用的插孔,过载将烧坏熔断器,20 A 量程没有熔断器保护。

(4) 不能在功能转换开关处于电流挡位时,将电压源接入。

3) 电阻测量

黑表笔插在“COM”孔,红表笔插在“V/ Ω ”孔。功能转换开关置于“ Ω ”挡,此时红表笔极性为正。将两表笔置于被测电阻两端即可。使用时,先将表笔短接,显示表笔线的电阻值,从测量数据中减去这一电阻值,才能得到实际被测电阻值。

注意:

(1) 如果被测电阻值超过所选量程,将显示过量程“1”,应选择更高量程。

(2) 当输入端开路时,显示为“1”。

(3) 当检查内部电路阻抗时,要保证被测电路中所有电源移开,所有电容放电。

(4) 不能在功能转换开关处于电阻挡位时,将电压源接入。

4) 二极管测量及用蜂鸣器测量短路

黑表笔插在“COM”孔,红表笔插在“V/ Ω ”孔。将功能转换开关拨到“ $\rightarrow$ ”挡,一个好的二极管正向连接时显示为 0.5 ~ 0.8 V(硅管),反向连接时显示为“1”。若正、反向连接均显示“1”,表示二极管已开路,若正、反向连接均显示“000”,表示二极管已短路。

注意:

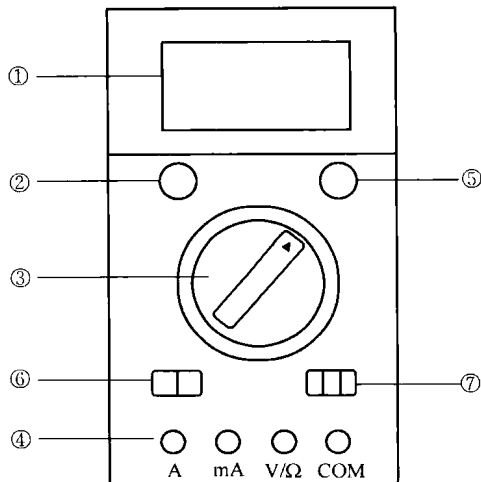


图 1.3.1 数字万用表面板示意图

①—4 位半显示器 ②—电源开关 ③—功能转换开关
④—输入端插孔 ⑤—数据保持开关 ⑥—电容测量插座 ⑦—晶体管测量插座

- (1) 有 1 mA 电流流过待测二极管, 仪表显示的是其正向压降的近似 mV 值。
- (2) 将表笔连接到待测电路的两端, 如果两端之间电阻值低于 $50\ \Omega$, 内置蜂鸣器发声。
- (3) 不能在功能转换开关处于“ $\rightarrow$ ”挡位时, 将电压源接入。

5) h_{FE} 值的测量

将功能转换开关拨到 h_{FE} 挡。先判断晶体管为 NPN 型或 PNP 型, 并将 e、b、c 极分别插入相应的插孔。显示器将显示出晶体管的 h_{FE} 值, 测量状态为基极电流 $10\ \mu\text{A}$, U_{ce} 为 2.8 V。

6) 频率测量

黑表笔插在“COM”孔, 红表笔插在“Hz”孔, 功能转换开关置于“20 kHz”挡, 将测试笔并接到频率源上, 可直接从显示屏上读取频率值。

7) 电容测量

电容测量时, 为防止损坏仪表或引起测量误差, 需将待测电容放电后再将电容插入电容测量插座中。测量大电容时, 稳定读数需要一定的时间。

仪表设有自动电源切断电路, 当仪表停止工作约 3 min 时, 自动切断电源, 若要重新开机, 需重复按动电源开关两次。

1.3.2 直流稳压电源

1. JW-3 型直流稳压稳流电源

JW-3 型直流稳压稳流电源的面板如图 1.3.2 所示。

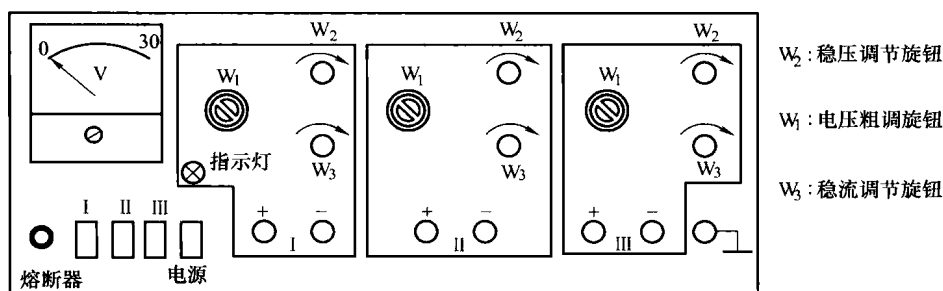


图 1.3.2 JW-3 型直流稳压稳流电源面板图

2. 操作说明

(1) 琴键开关的作用 琴键开关起着转换电压表指示和接通、断开电源的作用。当按下琴键开关的 I、II、III 中任一挡位时, 便将电压表并接在该电路输出端, 同时三路电源均被接通, 当按下“电源”琴键开关的“关”挡位时, 电源便被切断。

(2) 稳压使用 按下琴键开关的 I 挡位, 并将“稳流调节旋钮” W_3 左旋到底, 再将“电压粗调旋钮” W_1 旋到所需的电压挡位置, 配合“稳压调节旋钮” W_2 , 即可得到需要的输出电压。

3. 注意事项

- (1) 稳压稳流电源应在额定范围内使用。
- (2) 当输出端过载或短路时, 电压表指示将下降或为零, 此时应关闭电源, 排除故障后再使用。

1.3.3 函数信号发生器

EE1641D 型函数信号发生器是一种能产生正弦波、三角波、方波电压的多功能电子仪器,并且其幅值和频率在一定范围内能自由调节。因此被广泛应用于电子电路的调试、测量和检修中。

1. EE1641D 型函数信号发生器的面板

EE1641D 型函数信号发生器的面板如图 1.3.3 所示。①为频率显示窗口;②为幅度显示窗口;③为扫描宽度调节旋钮,调节此旋钮可以改变内扫描的时间长短;④为速度调节旋钮,调节此旋钮可调节扫频输出口的扫频范围;⑤为外部输入插座,当“扫描/计数”键的功能选择在外扫描状态或外测频功能时,外扫描控制信号或外测频信号由此输入;⑥为 TTL 信号输出端,输出标准的 TTL 幅值的脉冲信号,输出阻抗为 $600\ \Omega$;⑦为函数信号输出端,输出多种波形的函数信号,输出峰-峰值为 $20\text{ V}(1\text{ M}\Omega\text{ 负载})\sim 10\text{ V}(50\ \Omega\text{ 负载})$;⑧为函数信号输出幅值调节旋钮;⑨为函数信号输出信号直流电平预置调节旋钮,调节范围为 $-5\sim +5\text{ V}(50\ \Omega\text{ 负载})$,当电位器处在中心位置时,则为零;⑩为输出波形对称性调节旋钮;⑪为函数信号输出幅值衰减开关;⑫为函数输出波形选择按钮,可选择正弦波、三角波、脉冲波输出;⑬为“扫描/计数”键,可选择多种扫描方式和外测频方式;⑭为频率范围选择键;⑮为频率微调旋钮,调节此旋钮可微调输出信号频率,调节基数范围为从小于 0.2 到大于 2;⑯为整机电源开关;⑰为单脉冲按键,每按动一次此按键,单脉冲输出电平翻转一次;⑱为单脉冲输出端;⑲为功率输出端,提供大于 4 W 的正弦信号功率输出,此功能对 $\times 100$ 、 $\times 1\text{ k}$ 、 $\times 10\text{ k}$ 挡有效。

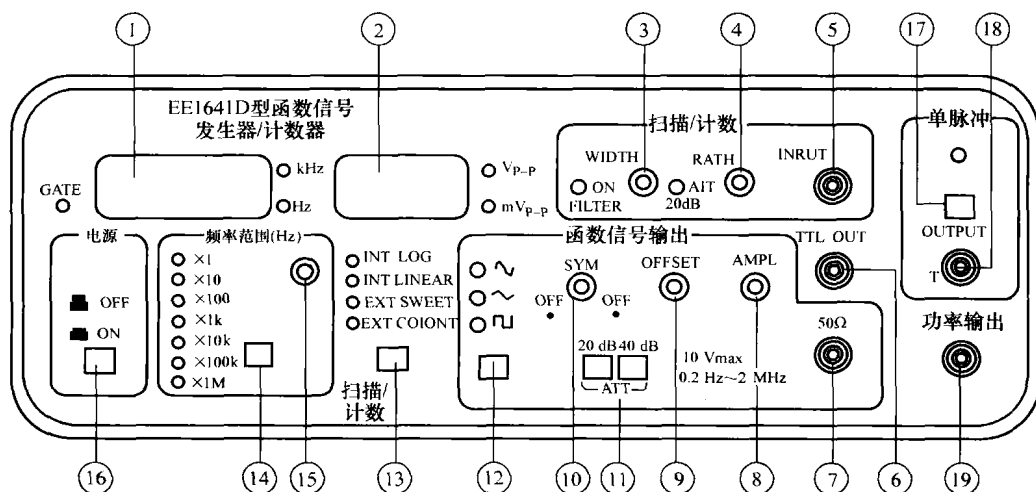


图 1.3.3 EE1641D 型函数信号发生器面板图

2. 函数信号发生器的使用方法

如前所述,函数信号发生器有直流补偿电路,与此相对应,仪器面板上有一直流偏置调节旋钮(OFFSET),用于设置输出信号的直流电平。当不需要输出直流电平时,此旋钮应放在“关”的位置。

函数信号发生器输出信号的频率可分段调整,由频率范围选择键控制,该按键可多次循环按下,每次按下,指示灯指示不同的频率范围。使用时根据测试需要,按下选择键选择相应的频段,

然后再通过调节频率微调旋钮,在此频率范围内连续改变输出信号的频率。

函数信号发生器使用时的操作步骤如下:

- (1) 按下电源开关。
- (2) 根据需要选择电压输出或功率输出方式。
- (3) “扫描/计数”键弹出(或“内/外”测频选择键置于“内”),使函数信号发生器工作于信号源方式。
- (4) 根据需要按下“波形选择”按钮,选择输出信号的波形(正弦波、方波或三角波)。
- (5) 操作“频率范围选择”键,确定输出信号的频率范围。
- (6) 调整“频率微调”旋钮,调节输出信号的频率。
- (7) 调节“幅值调节”旋钮(AMPL),改变输出信号的幅值。当需要输出小信号时,按下“幅值衰减”开关(ATT),输出信号的幅值将衰减 20 dB(0.1 倍)、40 dB(0.01 倍)或 60 dB(0.001 倍)。

函数信号发生器通常有“占空比”(有时标“对称性”)按键和调节旋钮,它的作用是改变输出波形的对称性(正半周和负半周的宽度)。在不要求改变波形的对称性时,此按键应弹出。

3. 函数信号发生器使用注意事项

- (1) 函数信号发生器前面板的按键及旋钮较多,使用前应认真阅读仪器使用说明书,弄清仪器前面板各按键及旋钮的作用,使用时对照说明书细心操作。
- (2) 信号源的输出端不允许短路。

1.3.4 DA-16FS 型晶体管毫伏表

1. DA-16FS 型晶体管毫伏表面板

DA-16FS 型晶体管毫伏表是在电路实验中常用的交流电压表,其面板如图 1.3.4 所示。它能直接测出正弦信号的有效值,是模拟式电压表,采用磁电式电流表作为指示器,属于指针式仪表,表盘以 V 和 dB 值为刻度,可以测量交流信号的电压值或电平值。

2. 操作说明

(1) 调零 接通电源,指示灯亮,待表针摆动稳定后,将测量选择置于接地端,调节调零电位器,使指针指在“零”的位置。

(2) 测量前,应根据被测信号的大小,正确选择量程,对于不知幅度的信号,则应将量程选择到最大。待信号接入后,逐渐减小量程,直到合适为止。

(3) 晶体管毫伏表与被测电路必须共地,两条输入线的地端(黑夹子)与被测信号的地端相接,红夹子与信号端相接以免造成测试错误。

3. 注意事项

- (1) 所测交流电压中的直流分量不得大于 300 V。

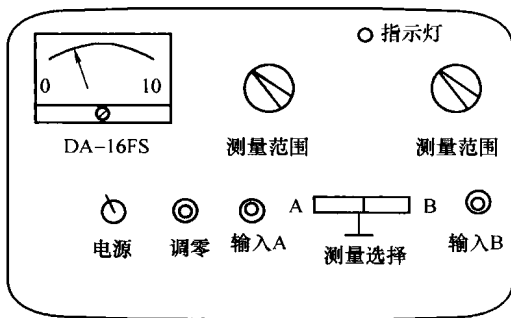


图 1.3.4 DA-16FS 型晶体管毫伏表的面板图

(2) 晶体管毫伏表灵敏度较高,在使用 100 mV 以下量程时,应尽量避免输入端开路,以防外界干扰电压造成打表针的现象。

(3) 晶体管毫伏表测量的是任意信号交流分量的平均值,而指示刻度值为正弦波有效值。故用该表测量失真波形时,其读数无直接意义。

(4) 晶体管毫伏表使用完毕时,量程开关应放在 300 V 挡。

1.3.5 双通道(又称为双踪)示波器使用方法

示波器是最常用的测量仪器之一,它可将电信号波形形象而直观地显示在荧光屏上。利用示波器,可以测量信号的幅值、瞬时值、频率、周期、相位和脉冲信号的宽度、上升时间、下降时间等参量。通过传感器,还能测量各种非电量,如温度、压力、振动、冲击、距离、热、光、声音和磁效应等。

示波器的种类较多,按用途和特点可分为通用示波器、取样示波器、记忆与数字存储示波器、专用示波器。

通用示波器是示波器中应用最广泛的一种,它采用单束示波管,包括单通道型和双通道型。下面以 SS-7802 型双通道示波器为例介绍。SS-7802 型双通道示波器的面板图如图 1.3.5 所示。

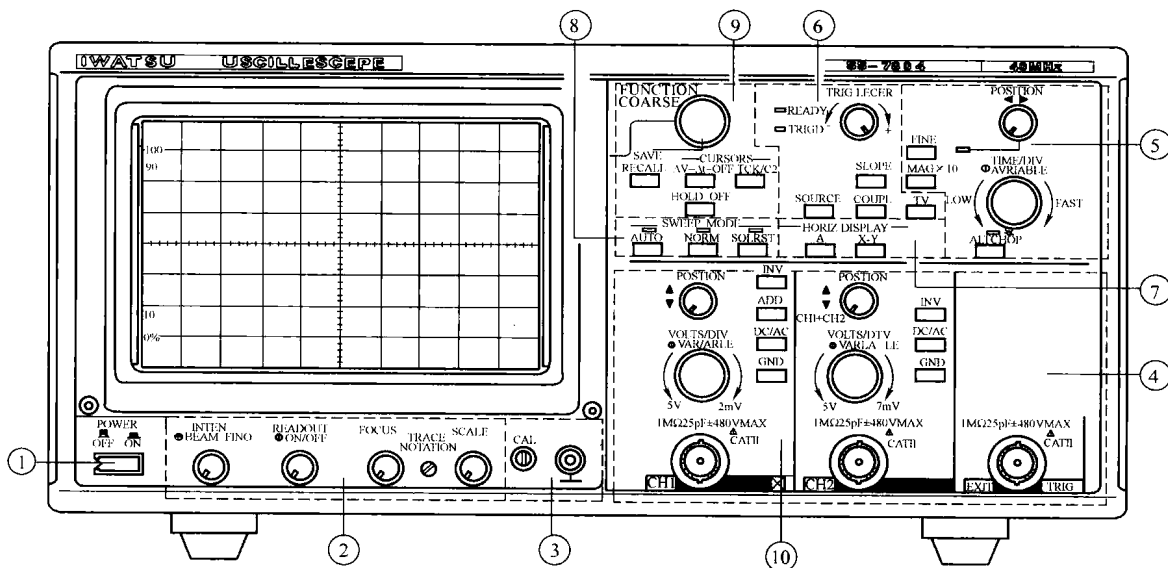


图 1.3.5 SS-7802 型双通道示波器面板图

- ①—电源开关 ②—屏幕亮度调节 ③—电压输出校准及接地 ④—外触发输入 ⑤—X 轴选择
⑥—触发选择 ⑦—X 轴方式 ⑧—扫描方式 ⑨—功能选择 ⑩—Y 轴输入

1. 屏幕显示调节

- (1) 按下 POWER(电源开关)键,接通电源。
- (2) 按下 AUTO 键,可自动出现扫描线。
- (3) 旋转 INTEN、FOCUS 旋钮,可调整“辉度”和“聚焦”。