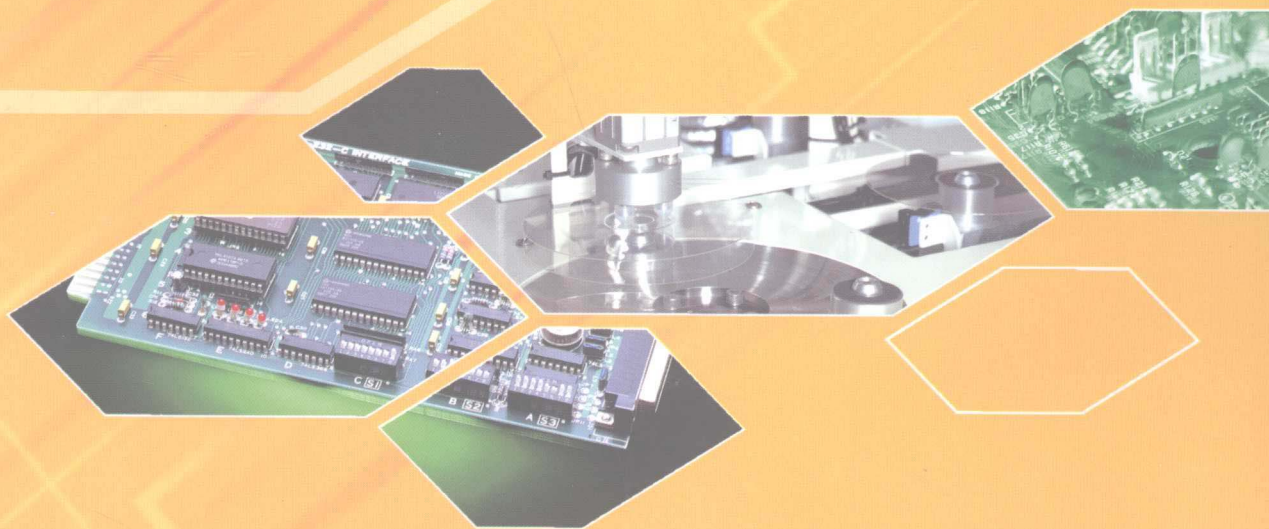




普通高等教育“十二五”规划教材

电工电子实验技术

主编◎代 伟



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

电工电子实验技术

代 伟 主编

肖顺文 谢春茂 副主编
周文辉 罗 鹏

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据教育部颁发的《高等理工科学校电工、电子实验课程教学基本要求》，结合作者多年电工、电子实验教学实践经验编写而成的，具有“内容新、体系新”的特点。本书在介绍电工、电子实验技术的实验理论和实验方法的同时，突出工程应用，注重新器件、新技术的介绍和应用。全书共分为八章。第一至第五章为电工、电子基本实验技能介绍，其主要由基本仪器一般使用、电子元器件、焊接工艺及整机组装实验技术构成；第六章为电工实验技术，其主要由电工基础实验技术、电力拖动实验技术两大部分构成；第七章为模拟电子实验技术；第八章为数字电子实验技术。本书所选实验实训项目均具有代表性、突出实用性，所选实验设备具有通用性，实验内容可根据各院校不同专业教学需要进行选择。

本书可作为师范院校物理学专业和电子相关专业“电工学”、“电路分析”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”等课程的实验用书，也可供从事相关工作的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验技术/代伟主编. —北京: 科学出版社, 2012

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-034410-6

I. ①电… II. ①代… III. ①电工试验-普通高等教育-教材②电子技术-实验-高等职业教育-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 105116 号

责任编辑: 艾冬冬 宋 芳/责任校对: 马英菊

责任印制: 吕春珉/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 7 月第一次印刷 印张: 20 3/4 字数: 490 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)(铭浩)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135712-8603 (VT)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

“电工、电子实验技术”是一门重要的基础实验课程，是师范类大学物理专业 and 电子相关专业以及普通高等院校理工科相应专业的必修基础课，其目的是通过电工、电子基础实验技术的训练，训练学生科学实验方法和实验技能，培养学生的实践能力和创新精神。近半个世纪以来，随着现代科学技术不断发展，各学科相互交叉渗透，带动了电工、电子实验内容和实验方法不断更新，进而提高了实验技术和实验水平。近几年来，不少高校加大了实验教学改革和实验室建设的力度，增加了许多智能化、数字化的新设备和新仪器。而教材作为教学内容的载体，是教学水平、教学质量的基本保证，也是课程体系和教学内容改革成果的核心体现。教学内容应反映当代教育思想和高科技成果，实验教学方法和内容应改变过去的单一验证性模式，高校培养的学生应“基础扎实、视野开阔、动手能力强、富有创新精神”。“电工、电子实验技术”课程的任务是通过实验培养学生发现、分析和解决电工、电子相关问题的能力，让学生系统地掌握电工、电子实验的基本知识、基本方法和基本技能。因此，从 21 世纪科技发展和对人才科学素质要求的角度考虑，电工、电子实验教学及其改革势在必行。

本书根据电工、电子基础教学要求，从培养 21 世纪创新人才的目标出发，重视传授知识与能力、提高素质、增强创新意识等并重，加强实验技能训练，经过作者反复的实验教学实践，在修改原有的“电路分析”、“电工学”、“模拟电路实验”、“数字电路实验”、“PLC 实验”和“电子工艺”实验讲义的基础上编写而成。为了使学生能系统地掌握电工、电子实验的基本知识和基本方法，本书将电工、电子实验基础技术训练放在前面集中介绍，然后再对“电工实验技术”、“模拟电子实验技术”、“数字电子实验技术”作具体介绍。

本书在编写的过程中，首先注意到了在师范类物理专业和电子相关专业独立设置“电工、电子实验技术”课程的必要性与教材体系的完整性。教材在传统的验证性实验、常规仪器使用训练的基础上，重新选择、组织和调整实验内容，增添综合性、设计性、具有延伸性的实验内容，目的是让学生通过“电工、电子实验技术”课程的学习，达到以下几个目标：

① 接受基本实验理论和操作技能的训练，熟练掌握电工、电子基础实验技术，能合理选择与正确使用基本仪器，能正确运用电路分析方法并掌握基本的实验数据的测量方法，能对实验结果作出正确的分析和判断。

② 用实验的方法去观察、研究电工、电子基础电路的实验现象、规律，应用所学的理论知识指导实验，从理论和实验的结合上加深、扩展对电工、电子基本概念和基本定律的认识，加强理论联系实际和提高电路设计的能力。

③ 充分理解每个电工、电子实验的构思、分析和解决问题的方法、仪器选用、实验步骤、测量技术、以及实验数据的处理和分析判断等思想。本书主要包括“电

工、电子基本技能实验技术”、“电工实验技术”、“模拟电子实验技术”、“数字电子实验技术”四大部分。

其次，本书编写严格遵循实验能力培养的规律性。本书对电工、电子实验技术的基本知识、基本仪器和基本方法等部分力求介绍的详细，并按不同层次由易到难，逐步加强对知识的灵活应用，能力的综合训练。

再次，注重实验教学的各个环节，每个实验都编写了实验预习要求和思考题，促使学生实验前认真准备积极思考，加深理解实验目的、原理等内容。

最后，注重了计算机在电工、电子实验教学中的应用，对电路进行计算机仿真作了简要介绍。

参加本书编写工作的有代伟（第一章，第六章）、肖顺文（第三章，第四章，第五章）、谢春茂（第二章）、周文辉（第七章）、罗鹏（第八章）。全书由代伟负责策划和统稿。

由于电子电工技术的飞速发展及编者学识和水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

2011年10月

目 录

前言

绪论	1
电工、电子实验技术须知	1
仪表选择及数据处理	2
第一章 常用电子电工仪器仪表的使用	4
第一节 万用表	4
第二节 兆欧表的使用	13
第三节 钳形表的使用	14
第四节 YB1600 系列函数信号发生器的使用	16
第五节 示波器	19
第六节 SX2172 型交流毫伏表	28
第二章 电子元器件	35
第一节 电阻器	35
第二节 电容器	41
第三节 电感器	49
第四节 开关和接插件	53
第五节 二极管	54
第六节 三极管	60
第七节 晶闸管	64
第八节 片式元器件	70
第九节 集成电路	75
第十节 传感器	81
第十一节 LED 数码管和 LCD 液晶显示器	84
第三章 基本焊接技术	88
第一节 电烙铁	88
第二节 焊接材料	90
第三节 焊接的操作要领	95
第四节 拆焊	96
第五节 片式元器件的手工焊接工艺步骤	97
第六节 印制电路的装连技术	98
第四章 印制电路板	102
第一节 印制电路板的特点	102
第二节 印制电路板的制作	104

第五章 调幅收音机的安装与调试实训	112
第六章 电工实验技术	122
第一节 电路元器件伏安特性的测绘	123
第二节 基尔霍夫定律的验证	126
第三节 叠加原理的验证	128
第四节 戴维南定理和诺顿定理的验证——有源二端网络等效参数的测定	130
第五节 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	134
第六节 RC 一阶电路的响应测试	138
第七节 二阶动态电路响应的研究	141
第八节 R、L、C 元器件阻抗特性的测定	143
第九节 用三表法测量电路等效参数	145
第十节 正弦稳态交流电路相量的研究	149
第十一节 RC 选频网络特性测试	152
第十二节 R、L、C 串联谐振电路的研究	156
第十三节 二端口网络测试	159
第十四节 互感电路测试	162
第十五节 单相铁芯变压器特性的测试	165
第十六节 三相交流电路电压、电流的测量	167
第十七节 三相电路功率的测量	170
第十八节 三相笼型异步电动机	174
第十九节 三相笼型异步电动机点动和自锁控制	178
第二十节 三相笼型异步电动机正反转控制	181
第二十一节 三相笼型异步电动机 Y- Δ 降压起动控制	185
第二十二节 三相笼型异步电动机的能耗制动控制	188
第二十三节 工作台往返自动控制	190
第二十四节 三相异步电动机起动顺序控制	192
第二十五节 C620 车床电气控制	194
第七章 模拟电子实验技术	196
第一节 三极管共射极单管放大器	196
第二节 负反馈放大器	203
第三节 射极跟随器	207
第四节 差动放大器	210
第五节 集成运算放大器指标测试	214
第六节 集成运算放大器的基本应用 (I) ——模拟运算电路	220
第七节 集成运算放大器的基本应用 (II) ——有源滤波器	225
第八节 集成运算放大器的基本应用 (III) ——波形发生器	230
第九节 RC 正弦波振荡器	234
第十节 低频功率放大器——集成功率放大器	237

第十一节 直流稳压电源（Ⅰ）——串联型晶体管稳压电源	241
第十二节 直流稳压电源（Ⅱ）——集成稳压器	246
第十三节 应用实验——温度监测及控制电路	250
第八章 数字电子实验技术	255
第一节 TTL 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	255
第二节 CMOS 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	260
第三节 集成逻辑电路的连接和驱动	266
第四节 组合逻辑电路的设计与测试	270
第五节 译码器及其应用	272
第六节 数据选择器及其应用	278
第七节 触发器及其应用	283
第八节 计数器及其应用	290
第九节 移位寄存器及其应用	295
第十节 555 时基电路及其应用	301
第十一节 D/A 转换器与 A/D 转换器	307
第十二节 智力竞赛抢答装置	313
第十三节 数字频率计	315
附录 常用数字集成电路引脚排列图	321
主要参考文献	323

绪 论

电工、电子实验技术须知

电工、电子技术实验是应用电工、电子技术的基本理论进行基本实验技能训练的主要环节。除了介绍必要的实验理论和实验方法外，主要是通过学生自己的实践，学习基本的电量和非电量的电工测试技术，学习各种常用的电工仪器、仪表、电机、电器及电子仪器的使用方法，培养学生进行科学实验的基本技能，为专业学习和从事工程技术工作打下一定基础。为使实验正确、顺利地进行，保证设备、仪器仪表和人身的安全，在作电工、电子技术实验时，必须注意以下几方面的问题。

一、实验预习

每次实验前，学生应通过自学实验教材，掌握必要的实验理论和方法，明确本次实验的目的和任务，拟定实验线路、数据表格，选择仪器及仪表的类型和量程，计算出相关理论数据，以便和测量数据相比较，做到任务明确，心中有数。没有预习者不得参加实验。

二、实验操作

1) 实验前应仔细查对实验仪器及设备，合理布置好各种仪表及设备，弄清实验桌上电源种类和电压大小。

2) 在实验中必须严格遵守安全用电制度和操作规程。

在接线、改线、拆线前必须断开电源开关，严禁带电操作。接好线后应自己仔细检查，确认无误后才能接通电源开始实验。若本人无把握者可请教师协助检查。

3) 实验时应根据规定的（或自拟的）实验步骤独立操作和测量，注意观察实验现象，并作必要的记录。遇有疑难问题或设备故障应举手请教师指导。要注意培养自己独立分析问题和解决问题的能力。

4) 一项实验任务做完后应立即分析实验数据是否合理，若有异常应重新测量或请教师指导，获得正确结果后才能改接电路继续实验。

5) 实验完毕后要整理好实验数据，请教师审查。然后断开电源，拆除线路，整理好仪器设备，请教师验收，才能离开实验室。

三、实验报告

实验报告是理论联系实际，培养分析问题能力的重要环节之一。学生应认真编写实验报告，用学过的理论知识对实验所得数据和观察到的现象进行实事求是的分析、计算和讨论。报告应书写整洁，各种曲线要用方格纸认真描绘。实验报告应包括以下几项

内容:

- 1) 实验目的。
- 2) 实验线路。
- 3) 实验仪器和设备。
- 4) 实验内容。
- 5) 实验数据表格及实验曲线。
- 6) 数据分析及实验结论。

仪表选择及数据处理

一、电流表与电压表的使用

电流表应与被测电路串联,电压表应与被测电路并联。电压表一般通过两支红、黑表笔跨接在被测电路两端(注意:表笔不允许接在电流表上,以免引起短路事故)。

二、仪表的选择

- 1) 根据被测电路所用电源、测量对象和被测数值范围,选择仪表的种类及量程。
- 2) 根据测量要求的精度选择仪表的准确度等级。

仪表在正常工作条件下,由于本身的原因造成的测量误差称为基本误差。仪表的准确度为最大基本绝对误差 ΔA_m 与量程 A_m 之比的百分数,即

$$\gamma = \frac{\pm \Delta A_m}{A_m} \times 100\%$$

仪表的准确度通常分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0 七个等级。

同样等级的仪表相对额定误差一定,被测量越小而选用的量程越大,则可能产生的相对误差越大。例如准确度为 1.0 级的电压表,选量程为 50V,用来测量 10V 和 40V 的电压,可能产生的相对误差分别为

$$\gamma_{10} = \frac{\pm 1.0\% \times 50}{10} \times 100\% = \pm 5\%$$

$$\gamma_{40} = \frac{\pm 1.0\% \times 50}{40} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

这里 $\Delta A_m = \pm 1.0\% \times 50V = \pm 0.5V$ 是仪表的最大基本绝对误差,它不受被测电压大小的影响,只取决于准确度等级和量程。又如选用准确度 1.0 级的电流表测量 0.4A 电流,若用 1.0A 和 0.5A 两个不同量程测量,则可能产生的相对误差分别为

$$\gamma_{1.0} = \frac{\pm 1.0\% \times 1.0}{0.4} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

$$\gamma_{0.5} = \frac{\pm 1.0\% \times 0.5}{0.4} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

要获得准确的测量结果,不仅要选用准确度高于测量要求精度的仪表,还应选择适当的量程。如测量要求误差小于 $\pm 5\%$,考虑到仪表的其他附加误差,那么应选用 1.0 级的仪表,且量程应小于被测量的两倍,或被测量应大于量程的一半。通常选用仪表量

程时, 应使指针能偏转到满刻度的三分之一以上。

3) 根据被测电路输入阻抗的大小, 选择适当的仪表灵敏度。

仪表的灵敏度通常与仪表的内阻有关, 电流表的内阻越小, 其灵敏度越高; 电压表的内阻越大, 其灵敏度越高。仪表的灵敏度越高, 对被测电路影响越小, 测量越准确。但对仪表灵敏度提出过高的要求将增加制造成本。

三、实验数据处理及误差分析

关于实验数据处理和误差分析计算的基本知识在物理实验课中已作过详细介绍。这里根据电工学实验的一些具体情况, 介绍一些常用的具体处理方法。

1. 有效数字的选取

一般直读式指示仪表的读数应根据仪表最小刻度再估计 1 位来选取。如量程为 1A 的电流表, 满刻度 100 格, 估计值最小为 0.1 格, 即为 0.001A。这样有效数字为 3 位, 其中第 3 位是估计值。对于数字式仪表则可根据其显示的有效位数读取, 但最后 1 位也是估计值, 是不准确的。在分析计算中, 可根据要求的精确度来选取, 一般选取 3 位有效数字即可。第 4 位以后的尾数是无实际意义的, 也是不准确的。

2. 误差计算及原因分析

实验误差包括系统误差和随机误差, 在许多工程应用场合, 常采用以下方法进行误差计算及分析:

1) 规定某些理论值或计算值为真值, 求实测值的误差, 分析实测值产生误差的原因。

2) 以精度较高的仪表测量结果为真值, 分析其他仪表测量结果的误差和产生的原因。

3) 以实测值为真值, 分析理论值的误差和产生原因, 用以验证工程设计的正确性。在确定真值的时候, 应尽可能消除系统误差, 也可用多次测量消除偶然误差。

3. 实验曲线的绘制

绘制实验曲线首先应正确规定比例尺, 坐标应由原点开始。曲线不应点点通过, 而应根据变化趋势画出带规律性的曲线。一般可徒手或用曲线板画出平均曲线, 要求严格时可采用回归法进行曲线拟合。

第一章 常用电子电工仪器仪表的使用

本章主要介绍电子电工测量仪器仪表的基本知识，以及万用表、电压表、电流表、毫伏表、信号源等常用电子电工测量仪器仪表的工作原理、使用方法及注意事项。正确使用这些常用电子电工测量仪器仪表是完成电路实验的基础，是电子电工测量的基础，也是工程测量的基础。

第一节 万 用 表

万用表是测量电阻、电压、电流等参数的仪表，具有携带方便、使用灵活、检测项目多、检测精度高、造价低廉等优点。它是电子电工测量中使用最广泛、最频繁的普及型测试仪器。万用表按指示方式可分为数字式和模拟式两大类：数字万用表是以数字方式直接显示测量结果的，模拟万用表是以指针的形式显示测量结果的。本节以 UT33、DT92、MF500、MF47 型四种万用表来介绍数字万用表、模拟万用表的性能和使用方法。

一、数字万用表

数字万用表是一种多功能的数字显示仪表。它可以用来测量直流和交流电压、电阻器和电容器、二极管和三极管的一些参数等，其测量结果直接由数字表示。数字万用表的显示用 $3\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位等表示，其中 $\frac{1}{2}$ 位指的是首位只能显示“0”或“1”两数码，

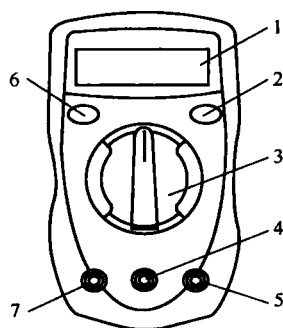


图 1-1-1 UT33 型数字万用表的外表结构

- 1—LCD 显示屏；2—背光选择按键；
3—量程开关；4—其余测量输入端（V Ω mA）；5—公共输入端（COM）；6—数据保持选择按键；7—10A 电流输入端

而其余各位都能显示 0~9 的十进制数码。下面以目前常用的 UT33 和 DT92 型数字万用表为例，介绍数字万用表的使用方法。

1. UT33 型数字万用表的使用

UT33 型万用表是一种功能齐全、性能稳定、结构新颖、安全可靠的小型手持式 $3\frac{1}{2}$ 数字万用表，可用于测量交直流电压、直流电流、电阻、温度、二极管正向压降及电路通断等，其种类分为 B 型、C 型和 D 型，除了有上述基本的功能外，还有其他特殊用途和功能。

UT33 型万用表的外表结构如图 1-1-1 所示。

其中两个按键的功能如下。

1) 数据保持显示：按下黄色 HOLD 键，仪表 LCD

显示屏上保持显示当前测量值，再次按下该键则退出数据保持显示功能。

2) 背光控制：按下蓝色按键即点亮 LCD 的背光灯，再次按下该键则关闭背光灯，否则背光灯会长期点亮。

测量前首先要注意检查 9V 电池，将量程开关置于所需测量的位置，如果电池不足，LCD 显示屏上会出现  符号。注意测试笔插口之旁的感叹号符号，这是警告要留意测试电压和电流不要超出指示数值。

下面分别介绍 UT33 型数字万用表的几种测量操作。

(1) 直流电压测量

直流电压测量如图 1-1-2 所示。

1) 将红表笔插入“VΩmA”插孔，黑表笔插入“COM”插孔。

2) 将功能量程开关置于直流电压挡位，并将表笔并联到待测电源或负载上。

3) 从显示屏上读取测量结果。

注意：不要测量高于 500V 的电压，虽然有可能读得读数，但是会损坏内部电路及伤害到自己。在测量之前如不知被测量电压值的范围时，应将量程开关置于高量程挡，根据读数需要逐步调低测量量程挡。当 LCD 显示屏只在高位显示“1”时，说明已超量程，需调高量程。在每一个量程挡，仪表的输入阻抗均为 $10\text{M}\Omega$ ，这种负载效应在测量高阻电路时会引起测量误差，如果被测电路阻抗 $\leq 10\text{k}\Omega$ ，误差可以忽略（0.1%或更低）。

(2) 交流电压测量

交流电压测量的方法基本上与直流电压相同，只是要注意将功能量程开关置于交流电压挡。

(3) 直流电流测量

直流电流测量如图 1-1-3 所示。

1) 将红表笔插入 VΩmA 或 10A 插孔，黑表笔插入 COM 插孔。

2) 将功能量程开关置于直流电流挡位，并将表笔串联到待测电源或电路中。

3) 从显示屏上读取测量结果。

注意：UT33B/C/D 型万用表虽已设置了过压保护，但当输入端子与地之间的电压超过安全电压 60V 时，切勿尝试进行直流电流的测量，以避免仪表或被测设备的损坏及伤害到自己，因为这类电压会有电击的危险。在测量

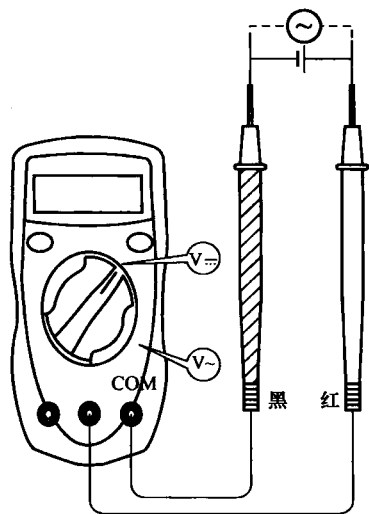


图 1-1-2 直流电压测量

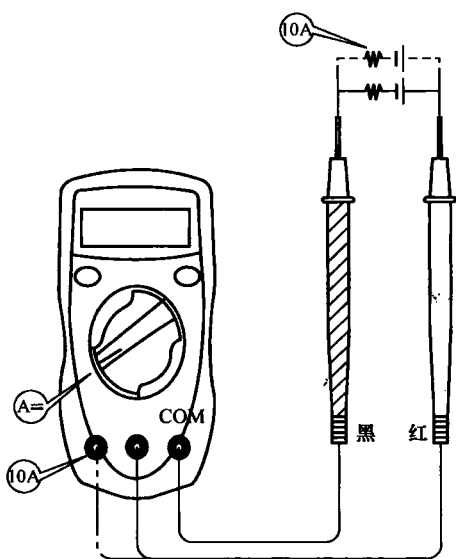


图 1-1-3 直流电流测量

前一定要切断被测电源,认真检查输入端子及量程开关位置是否正确,确认无误后,才可通电测量。如果不知被测电流值的范围时,应将量程开关置于高量程挡,根据读数需要,逐步调低。对于“mA”输入插孔,输入过载会将内装熔丝熔断,需予以更换。

(4) 电阻器测量

由阻器测量如图 1-1-4 所示。

- 1) 将红表笔插入“VΩmA”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
- 2) 将功能量程开关置于电阻测量挡位(即欧姆挡,又称电阻挡),并将表笔并联到待测电阻上。
- 3) 从显示屏上读取测量结果。

注意:检测在线电阻时,为了避免仪表受损,必须确认被测电路已关掉电源,同时电容已放完电,方能进行测量。在 200Ω 挡测量时,测试表笔引线会带来 $0.1\sim 0.3\Omega$ 的电阻测量误差,为了获得精确读数,可以将读数减去红、黑两支表笔短路的读数值,作为最终读数值。在被测电阻值大于 $1M\Omega$ 时,仪表需要数秒后方能稳定读数,属于正常现象。

(5) 二极管通断测量

二极管通断测量如图 1-1-5 所示。

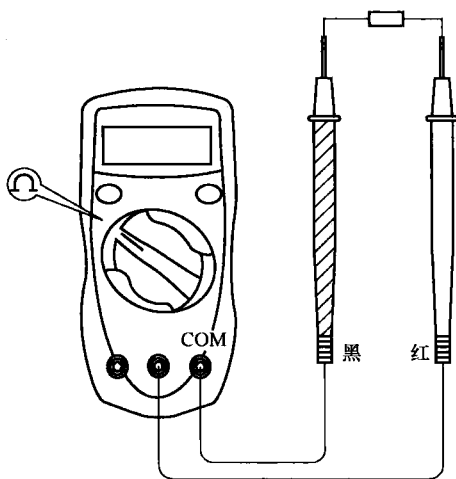


图 1-1-4 电阻器测量

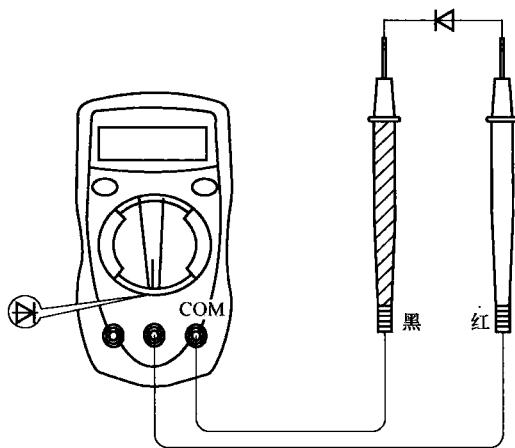


图 1-1-5 二极管通断测量

- 1) 将红表笔插入“VΩmA”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
- 2) 将功能量程开关置于二极管测量挡位,并将红表笔连接到被测二极管的正极,黑表笔连接到被测二极管的负极。
- 3) 从显示器上读取测量结果。
- 4) UT33C/D 型万用表有通断测试功能。将红、黑表笔连接到待测线路的两端,如果两端之间电阻值低于 70Ω ,内置蜂鸣器发声。

注意:为了避免仪表损坏,在线测试二极管前,应先确认电路已被切断电源,电容已放完电。用二极管挡可以测量二极管及其他半导体器件 PN 结的电压降,对一个结构正常的硅半导体,正向压降的读数应该在 $0.5\sim 0.8V$ 之间,反向即显示为“1”,为开

路状态,此时黑表笔对应的为“+”极,红表笔对应的为“-”极。

(6) 方波试验信号输出

UT33D 型万用表可以输出方波信号,方法是將功能量程开关置于方波挡,则仪表“V Ω mA”和“COM”端之间输出方波信号。

注意:方波试验信号的谐波较为丰富,可作为简易信号源修理音响设备等。频率约为 50Hz,在接 1M Ω 负载情况下输出幅度大于 3V。为了避免仪表损坏,严禁输出端(红表笔)接触高于 10V 以上的电压。

2. DT92 型数字万用表的使用

DT92 型数字万用表也是常用的数字式万用表,DT92 型万用表面板如图 1-1-6 所示。它的基本功能和用法以及注意事项与 UT33 型数字万用表类似,下面只介绍与 UT33 型万用表不同的功能。

(1) 对电容器的测量

将功能量程开关置于所需的 CAP 量程范围,接上电容器以前,显示可以缓慢地自动校零,把被测电容器直接插进电容器输入插孔(不用测试棒),对有极性的电容器要注意极性的连接。

(2) 三极管 h_{FE} 参数的测试

将功能开关置于 h_{FE} 挡,首先确定三极管是 PNP 型还是 NPN 型,然后将被测管的 E、B、C 三脚分别插入面板中对应的三极管插孔内,此时显示屏显示的是 h_{FE} 的近似值,测试条件为基极电流约 10 μ A, U_{CE} 约为 2.8V。

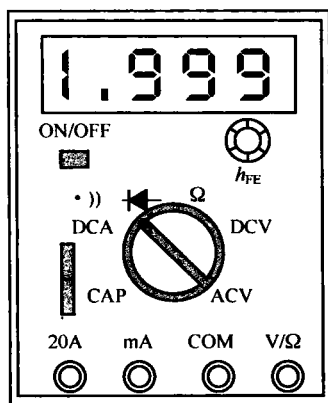


图 1-1-6 DT92 型万用表面板

二、指针万用表

1. MF500 型指针万用表

指针万用表是一种磁电式仪表,它是电工与电子测量中最常用的仪表。在指针万用表中,MF500 型万用表又以其高灵敏度成为首选。

MF500 型万用表可以测量直流电压、直流电流、中频交流电压、音频电平和电阻。由于测量所消耗的电流极小,因此在测量高内阻的电路参数时,对电路造成的影响很小,是从事电子测量工作常备的仪表。

MF500 的测量范围如下。

- 1) 直流电流: 0~500mA, 共分六挡。
- 2) 直流电压: 0~500V, 共分六挡, 2500V 挡专用。
- 3) 交流电压: 0~500V, 共分六挡, 2500V 挡专用。
- 4) 电阻: 0~20M Ω , 共分六挡。
- 5) 音频电平: -10~+50dB。

MF500 型万用表的准确度等级如下:

- 1) 直流电流电压: 2.5 (以标尺工作部分上量限的百分数表示)。
- 2) 交流电压: 5.0 (以标尺工作部分上量限的百分数表示)。
- 3) 电阻: 2.5 (以标尺工作部分长度的百分数表示)。

MF500 型指针万用表的外形如图 1-1-7 所示。使用之前必须调整调零器“S3”使指针准确地指示在标度尺的零位上。MF500 型万用表可以进行以下几种测量。

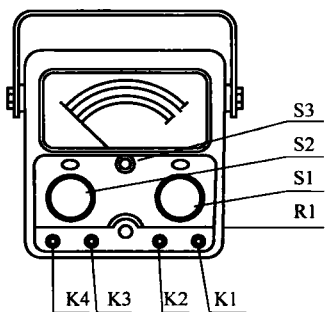


图 1-1-7 MF500 型万用表

(1) 直流电压测量

将测试杆短杆分别插在 K1 和 K2 内, 转换开关旋钮 S1 旋至“~V”位置上, 转换开关旋钮 S2 旋至待测量直流电压的相应量程位置上, 再将测试杆长杆跨接在被测电路两端, 当不能估测被测直流电压数值时, 将开关旋钮旋在最大量程的位置上, 然后根据指示值选择适当的量程位置, 使指针得到最大的偏转。测量 2500V 电压时, 将测试杆短杆插在 K1 和 K4 插口中。

(2) 交流电压测量

将开关旋钮 S1 旋至“~V”位置上, 开关旋钮 S2 旋至待测量交流电压值相应的量程位置上, 测量方法与直流电压测量相同。50V 与 50V 以上各量程的指示值见“~”刻度, 10V 量限见“10V”专用刻度。

(3) 直流电流测量

将开关旋钮 S2 旋至“A”位置上, 开关旋钮 S1 旋到需要测量直流电流值相应的量程位置上, 然后将测试杆串接在被测电路中, 就可测量被测电路中的直流电值。指示值见“-”刻度。

(4) 电阻器测量

将开关旋钮 S2 旋到“Ω”位置上, 开关旋钮 S1 旋到“Ω”量限内, 先将两测试杆短路, 使指针向满刻度偏转, 然后调节电位器 R1 使指针在欧姆标度尺“0Ω”位置上(当调节电位器 R1 不能使指针指示到欧姆零位时, 表示电池电压不足, 应更换新电池)。再将测试杆分开即可测量未知电阻器的阻值。指示值见“Ω”刻度。

(5) 音频电平测量

将测试杆插在 K1 和 K3 插口内, 转换开关旋钮 S1 和 S2 分别放在“~V”和相应的交流电压量程位置上。音频电平刻度系根据 $0\text{dB} = (1\text{mW}, 600\Omega)$ 输送标准而设计。标度尺指示值为 $-10 \sim +22\text{dB}$, ($\sim 10\text{V}$ 量程) 在 $\sim 50\text{V}$ 或 $\sim 250\text{V}$ 量程进行测量, 指示值应按表 1-1-1 所示数值进行修正。

表 1-1-1 修正值范围

量程/V	按电平刻度增加量	电平的范围/dB	量程/V	按电平刻度增加量	电平的范围/dB
~ 50	14	$+4 \sim +36$	~ 250	28	$+18 \sim +50$

为了测量时获得良好效果, 仪表在使用时, 应遵守下列事项:

- 1) 仪表在测试时, 不能旋转开关旋钮。

