

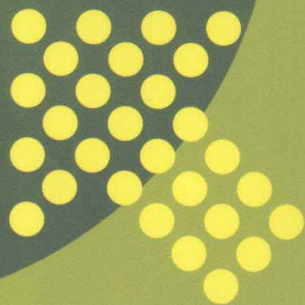
21世纪高等学校规划教材



DIANLU YU DIANGONG SHIYAN JIAOCHENG

电路与电工 实验教程

闫若颖 李 嫵 编
张惠莉 曹文思



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

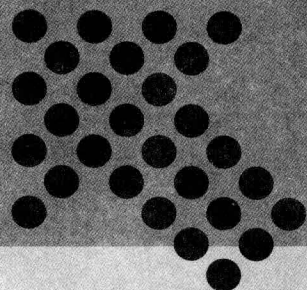
21世纪高等学校规划教材



DIANLU YU DIANGONG SHIYAN JIAOCHENG

电路与电工 实验教程

闫若颖 李 嫵 张惠莉 曹文思 编
徐淑华 主审



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书是为高等学校电子信息类、电气类、计算机类、物理类和其他非电类专业学生编写的电路基础、电工技术基础综合性实验教程。全书分为五章，第一章介绍实验的基础知识；第二章介绍常用仪器与仪表的使用；第三章介绍电路、电工通用基础实验和电路分析专项实验；第四章介绍电工技术专项实验；第五章介绍电路仿真软件的应用。

本书可以作为高等院校本科电路与电工基础实验、综合训练、电路应用仿真软件的实验指导书，也可作为高职高专及函授用书，同时可作为对电工等有兴趣人士的自学参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路与电工实验教程/闫若颖等编. —北京：中国电力出版社，2010.8

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-0708-7

I. ①电… II. ①闫… III. ①电路—实验—高等学校—教材 ②电工技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 149065 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 11 月第一版 2010 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 248 千字

定价 17.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

电子电气基础课程教材编审委员会

主任委员	王志功	东南大学		
副主任委员	张晓林	北京航空航天大学	胡敏强	东南大学
	王泽忠	华北电力大学	戈宝军	哈尔滨理工大学
	马西奎	西安交通大学	刘新元	北京大学
	孟 桥	东南大学		
秘书长	李兆春	中国电力出版社		
委	(按姓氏笔画排列)			
	于守谦	北京航空航天大学	公茂法	山东科技大学
	王 殊	华中科技大学	王万良	浙江工业大学
	王小海	浙江大学	王建华	西安交通大学
	王松林	西安电子科技大学	邓建国	西安交通大学
	付家才	黑龙江科技学院	刘润华	中国石油大学(华东)
	刘耀年	东北电力大学	朱承高	上海交通大学
	宋建成	太原理工大学	张正平	贵州大学
	张彦斌	西安交通大学	李 承	华中科技大学
	李 青	中国计量学院	李 琳	华北电力大学
	李守成	北京交通大学	李国丽	合肥工业大学
	李哲英	北京联合大学	李晓明	太原理工大学
	李晶皎	东北大学	杨 平	上海电力学院
	陈后金	北京交通大学	陈庆伟	南京理工大学
	陈意军	湖南工程学院	陈新华	山东科技大学
	宗 伟	华北电力大学	范蟠果	西北工业大学
	段哲民	西北工业大学	段渝龙	贵州大学
	胡虔生	东南大学	赵旦峰	哈尔滨工程大学
	赵荣祥	浙江大学	唐庆玉	清华大学
	徐淑华	青岛大学	袁建生	清华大学
	郭陈江	西北工业大学	高会生	华北电力大学
	崔 翔	华北电力大学	梁贵书	华北电力大学
	曾孝平	重庆大学	曾建唐	北京石油化工学院
	韩 璞	华北电力大学	韩学军	东北电力大学
	雷银照	北京航空航天大学		

序

进入 21 世纪,“985 工程”和“211 工程”的实施,推动了高水平大学和重点学科的建设,在高校中汇聚了一大批高层次人才,产生了一批具有国际先进水平的学术和科学技术研究成果。然而高校规模的超高速增大,导致不少学校的专业设置、师资队伍、教材资源和教学实验条件不能迅速适应发展需要,教学质量问题日益突现。高校教材,作为教学改革成果和教学经验的结晶,其质量问题自然备受关注。

需要指出的是,很多高等学校教材经过多年的教学实践检验,已经成为广泛使用的精品教材。同时,我们也应该看到,现用的教材中有不少内容陈旧、未能反映当前科技发展的最新成果,不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要。这就要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进、开拓创新,在内容质量和出版质量上均有新的突破。

根据教育部教高司 2003 年 8 月 28 日发出的 [2003] 141 号文件,在教育部组织下,历经数年,2006~2010 年教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会按照教育部的要求,致力于制定专业规范或教学质量标准,组织师资培训、教学研讨和信息交流等工作,并且重视与出版社合作,编著、审核和推荐高水平电子电气基础课程教材。

“电工学”、“电路”、“信号系统”、“电子线路”、“电磁场”、“自动控制原理”、“电机学”等电子电气基础课程是许多理工院校的先修课程,也是电子科学与技术、电气工程及其自动化等专业学科的基石,在科学研究领域和产业应用中发挥着极其重要的作用。此类教材的编写,应提倡新颖的立意,“适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼”的编写风格,以百花齐放的形式和较高的编写质量来满足不同学科、不同层次的师生的教学要求。

本电子电气基础课程教材编审委员会即是基于此目的而设立的,希望能够鼓励更多的优秀教师参与其中,为高质量教材的编写和出版贡献出聪明才智和知识经验。



2009 年 10 月于东南大学

前言

根据教育部高等院校电子电气信息类、物理类以及非电专业类《电路分析基础》、《电工学》教学基本要求,为了适应面向 21 世纪电工电子系列课程建设的需要,更有效地训练、提高学生实践动手能力,我们结合电子电工新技术及专用实验设备的使用编写了这本实验教程。全书共分为五章。第一章为电路、电工实验综述,主要介绍实验的目的、基本要求和操作规程;第二章为电路、电工实验常用仪器仪表介绍,主要包括常用实验仪器、仪表和实验台的介绍;第三章主要是电工、电路基础实验内容(其中实验一~实验四、九、十、十一、十三和十四属于电路、电工通用实验,其余八个实验均属于电路分析专项实验);第四章属于电工技术专项实验,主要涵盖电能表、变压器的参数测量与校验,直流电动机、发电机的使用,交流异步电动机的控制等内容;第五章介绍了 PSpice 仿真软件的基本操作和应用。

本书根据编者多年的实践教学经验,在自编实验讲义的基础上,参考了大量的文献资料,吸取众家之长,不断完善、凝练实验教学内容,既有基本理论的验证,又有综合设计性实验的训练,同时还注重职业技能基础的培养。本书主要有以下特色:

1. 注重理论和实践相结合,培养学生的创造能力。实验教程除了帮助学生验证、理解和巩固基本理论,培养学生的基本实验技能外,更重要的是培养学生灵活运用电路理论来解决实际问题的能力和大胆创新精神。

2. 实验教程的内容贯穿着电路、电工知识的完整性、统一性和综合性,强调对某一类知识点的综合运用。实验内容和顺序的安排本着由简到难、由浅入深的原则,使学生能够逐步掌握常用仪器、仪表的基本原理和正确使用方法,掌握基本电路参数的测量方法,进而独立完成实验的设计与基本操作,并进一步提高实验技能,培养实际应用能力。

3. 选用 PSpice 仿真软件进行计算机虚拟电路实验。使学生能够利用计算机软件进行电路的分析和设计,掌握现代化的虚拟实验方法。教师可以根据课时多少在操作实验或仿真实验两者中取舍。

4. 电路和电工学实验结合在一起,不同专业实验内容的选取更具有灵活性。由于这两门课程的很多内容是相同的,因此把这两门课程的实验编写在同一本实验教程里,以满足不同专业的学生的需求。

本书由闫若颖、李嫵、张惠莉、曹文思编写。其中第一章、第二章、第五章由华北水利水电学院的曹文思编写,第三章的实验一~实验八由青岛农业大学的张惠莉编写,第三章的实验九~实验十七由河北师范大学闫若颖编写,第四章由河北师范大学李嫵编写。全书由闫若颖、李嫵统稿,由青岛大学徐淑华担任主审。

本书在编写过程中,参考了国内外一些著作和资料,在此向这些作者们表示衷心的感谢!

由于我们水平有限,加之编写时间仓促,书中不妥和疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2010 年 7 月

目 录

序

前言

第一章 电路、电工实验综述	1
第一节 实验课的目的	1
第二节 实验课的内容和基本要求	1
第三节 实验课的进行	1
第四节 实验报告的编写	3
第五节 实验故障检查与分析	3
第二章 电路、电工实验常用仪器仪表介绍	4
第一节 常用实验仪器仪表	4
第二节 EEL-II 型电工电子实验台简介	13
第三章 电路实验	16
实验一 电路元件的伏安特性	16
实验二 电路的等效变换	20
实验三 基尔霍夫定律和叠加原理的验证	23
实验四 戴维宁定理和诺顿定理	26
实验五 集成运算放大器	30
实验六 受控源的实验研究	33
实验七 RC 一阶电路的动态响应过程及其应用	39
实验八 RLC 二阶电路的动态响应过程	43
实验九 正弦交流电路中的阻抗频率特性	46
实验十 交流电路参数的测量	49
实验十一 单相交流电路及功率因数的提高	52
实验十二 RLC 串联谐振电路的研究	56
实验十三 三相交流电路	60
实验十四 三相交流电路功率的测量	64
实验十五 互感参数的测量	67
实验十六 二端口网络的特性测试	71
实验十七 回转器与负阻抗变换器	74
第四章 电工技术实验	80
实验一 单相电能表的校验	80
实验二 单相变压器实验	83
实验三 直流电动机的使用	87

实验四	直流发电机实验	92
实验五	三相异步电动机点动和自锁控制	96
实验六	三相异步电动机正反转控制	101
实验七	三相异步电动机 Y- Δ 起动控制	105
第五章	电路仿真技术基础	109
第一节	PSpice 软件简介	109
第二节	用 PSpice 绘制电路原理图	116
第三节	用 PSpice 计算直流电阻电路	123
第四节	用 PSpice 分析戴维宁等效电路	130
第五节	用 PSpice 分析动态电路	137
第六节	用 PSpice 分析正弦稳态电路	146
第七节	周期信号的傅里叶分析	151
参考文献		156

第一章 电路、电工实验综述

第一节 实验课的目的

任何自然科学理论都离不开实践,而实验则是一种认识世界或事物、检验理论的实践性工作。在高等学校电子信息类、电气类、计算机类、物理类和其他非电类专业学生的培养过程中,电路、电工实验是一项重要的实践性教学环节,它对培养学生研究问题和解决问题能力具有重要作用。电路、电工实验是将电路理论和电工学理论用于实际的实践性活动,通过该课程的学习,使学生得到基本实践技能的训练,培养学生运用电路理论和电工学基础理论分析和解决实际问题的能力,掌握常用电子仪器和电工仪表的使用方法和基本电量的测量方法,使学生加强工程实际观念和严谨细致的科学作风,为本学科的专业实验、生产实践和科学研究打下基础。

第二节 实验课的内容和基本要求

电路、电工实验作为理论联系实践的教学环节,安排的教学内容有:电工测量的基本知识和常用的电工测量仪表的工作原理、使用方法的介绍,电路实验、计算机仿真实验和辅助分析。电工测量和常用的电工测量仪表知识是电气类专业学生在实践中应具备的最基本的知识,通过电路、电工实验,学生要学会仪表的使用,了解几种常用的电工指示仪表和数字仪表的工作原理。电路实验由两个层次的实验组成,即基本操作实验和设计研究性实验。基本操作实验包括基本验证性实验和综合性实验,主要是训练基本的实验技能,加深和扩大理论知识;设计研究性实验给出一些简单的实际问题,要求学生自己设计实验,主要是用电路理论分析和解决实际电工问题,强化学生的工程意识和能力。计算机仿真实验,介绍了常用的电路分析软件 PSpice,要求学生学会用该软件分析基本电路和进行仿真实验,并在设计研究性实验中,要求用该软件对自己设计的实验电路进行分析,其目的是培养计算机的应用能力。总之通过实验课的学习,要求学生在实验技能方面达到下列要求:

- (1) 正确熟练地使用常用的电工测量仪表(如电压表、电流表、功率表等)及电工设备,学会使用电子仪器(如示波器、信号源等)。
- (2) 能合理布线、正确连接实验线路;实验出现故障时能分析排除故障。
- (3) 能认真观察实验现象,正确读取数据、书写实验报告及分析实验结果。
- (4) 根据实验要求,初步具有设计实验线路和实验方案、正确选择仪器设备的能力。
- (5) 能根据电路分析的算法,编制简单的程序,并掌握程序调试的方法;学会用 PSpice 等电路分析软件进行电路仿真实验。

第三节 实验课的进行

完成一个电路实验,一般要按实验准备、实验进行和实验结束三个环节进行。

一、实验准备

实验准备主要是预习实验。实验效果的好坏与实验预习是否充分有关。每次实验前,要认真阅读实验指导书,明确本次实验的目的和任务,熟悉实验线路和实验步骤;复习实验内容涉及的电路理论知识,对实验中可能出现的现象进行思考;了解实验设备的使用方法和实验中应注意的事项;对设计性实验,要按要求设计好实验线路和方案,并绘制出实验数据表格。按以上要求写出预习报告。

进入实验室后,不要立即接线,应先检查所用的仪器设备是否完好,是否符合本次实验要求。然后,了解仪器的性能和使用方法,特别是它们的额定值。根据实验要求选择好仪表量程,了解读数方法,对指示式仪表要检查仪表指针是否在零位。

二、实验进行

接线后,应根据实验线路合理布置各仪表和设备的位置,以便于接线、检查、操作及读数。一般可与电路图对应进行布局,较复杂的电路应先串联后并联。每个接线端子上应尽量避免三根以上的连线,这样可减少因牵动一线而引起端子松动、接触不良的现象。仪表端子原则上只接一根导线。

接好后,经仔细自查无误,方可接通电源进行实验。通电实验后,必须认真观察电路的情况,如有异常(如声、味、冒烟等)现象,应立即切断电源,分析原因。

实验进行中最重要步骤是实验数据和现象的观测、记录。接通电源后,应将设备大致试调一遍,观察各被测量的变化情况和出现的现象,判断结果是否合理。若不合理,应切断电源后,找出原因,并进行改正。若试作无问题,则可开始读取数据。如果数据是变化的曲线,测量点数目和间隔应选择合适,对被测量的最大值或最小值必须测量。曲线变化曲率较大处要多测取几点,曲线变化曲率较小处可少取几点,取点应分布在需要研究的范围内。实验数据应记在预先列好的表格中,保持定值的量可单独记录。为了获得正确的数据,有时需要重新或重复读取数据,要将这些数据记录在原数据旁或重新列表,但不要涂改原数据,以便分析。

仪表读数时,思想要集中,防止误读。对于数字式仪表,要注意量程、单位和小数点位置。对于指针式仪表,姿势要正确,注意刻度。

在实验过程中,应注意安全,包括人身与设备安全,特别是人身安全。实验中,接通电源后,不要用手触及电路的裸露部分,改接线路或拆除电路时不能带电操作。使用仪器、仪表要符合操作规程,切勿随意乱拨乱调旋钮、挡位。发现异常情况,应立即切断电源,排除后再进行。

本室所使用的 EEL-II 实验台,当仪表超量限或电路过电流时,会发出报警信号,这时要更换量限或切断电源。

三、实验结束

完成实验内容后,应先切断电源,暂不拆线,待认真检查实验结果无遗漏和错误后,经实验指导教师检查同意后再拆线。

实验结束后,应将所用设备复归原位,整理好实验台,记录好本次实验仪器、仪表编号,以备实验结果有问题时查找原因。

第四节 实验报告的编写

实验报告是对实验工作的总结。它主要包括实验目的、实验原理、实验内容与步骤,以及实验所用设备的名称、型号、规格等,最后是实验结果及分析。实验报告最重要的部分是实验结论。对没有得出结论的实验报告,可以认为是一份不完整的报告。

撰写实验报告,首先要对实验数据进行整理和有关的计算,数据处理过程要充分发挥图表和曲线的作用。绘制曲线必须用坐标纸。标清曲线名称、坐标的分度及单位,标注要完整。描点时,可用小圆点或十字叉标出数据所对应的点,作出的曲线应使用曲线板描出光滑曲线,不要强求通过所有的实验点,应与所有的点相接近,而未被曲线经过的点大致均匀地分布在曲线的两侧。报告中的公式、曲线和图表,应有编号、标题等必要的说明,使阅读者一目了然。

此外,实验报告中对实验中发现的问题、现象及事故,也要进行分析,并回答有关的思考题。

第五节 实验故障检查与分析

实验过程中出现各种故障是难免的,应及时予以排除。分析、排除故障可以训练学生分析问题和解决问题的能力。电路实验中,常见的故障多为开路、短路或介于两者之间的接触不良。

故障检查时,一般是根据故障类型确定部位,再缩小范围,然后在小范围内逐点检测,可采用以下方法:

(1) 断电检查法。当实验发生故障后,应立即关掉电源,使用万用表电阻挡,根据实验原理,对疑点的元件,连接线进行检查,根据测出的电阻大小,找出故障点。

(2) 通电检查法。当电路工作不正常时,用电压表或万用表的电压挡,根据实验原理,逐一检测电路中疑点元件、连接线间的电压,由电压的大小判断故障点。

选择检测方法时,要根据故障类型和电路结构。对短路过电流故障或电路中工作电压超过正常电压较大时,不宜用通电法,应断电检测,否则会损坏仪表和实验设备。当电路中有多个故障时,要细致分析查找。

检查电路元件和连接时,当故障原因和部位不易确定时,按下列顺序检查:

(1) 检查电路接线有无接错。

(2) 检查供电系统,从电源进线、熔断器、开关至电路输入端子,依次检查有无电压,是否符合额定值。

(3) 检查电路中各元件、仪器、仪表的连接是否完好和接触良好。

(4) 检测仪表、仪器的供电部分是否正常,测试线及接地线是否完好。

第二章 电路、电工实验常用仪器仪表介绍

第一节 常用实验仪器仪表

一、示波器

(一) 概述

CA8120A 系列示波器是便携式双通道示波器,本机垂直系统具有 5mV/div 到 5V/div 的偏转灵敏度,水平系统具有 0.5s/div 到 $0.2\mu\text{s/div}$ 的扫描速度,并设有扩展 $\times 10$,可将扫描速度提高到 20ns/div 。

本机具有以下特点:

- 1) 扫描扩展功能可以同时观察扫描扩展的波形,实现双踪四线显示。
- 2) 峰值自动同步功能可在多数情况下无需调节电平旋钮就获得同步波形。
- 3) 释抑控制功能可以方便地观察多重复周期的复杂波形。
- 4) 具有电视信号同步功能。
- 5) 交替触发功能可以观察两个频率不相关的信号波形。

(二) 操作说明

1. 面板控制件位置

面板控制件位置如图 2-1 所示。

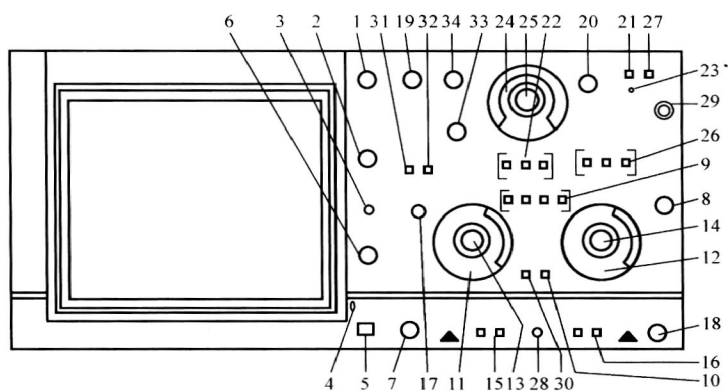


图 2-1 面板控制件位置

2. 控制件的作用

控制件的作用如表 2-1 所示。

表 2-1

控制件的作用

序号	控制件名称	功 能
1	亮度 (INTEN)	调节光迹的亮度
2	聚焦 (FOCUS)	调节光迹的清晰度

续表

序号	控制件名称	功 能
3	迹线旋转 (ROTATION)	调节扫描线与水平线平行
4	电源指示灯	电源接通时, 灯亮
5	电源开关 (POWER)	接通或关闭电源
6	校正信号 (CAL)	提供幅度为 0.5V、频率为 1kHz 的方波信号, 用于校正 10 : 1 探极的补偿电容和检测示波器垂直与水平的偏转因数
7/8	垂直位移 (POSITION)	调节光迹在屏幕上的垂直位置
9	垂直方式 (MODE)	CH1 或 CH2: 通道 1 或 2 单独显示; ALT: 两个通道交替显示; CHOP: 两个通道断续显示, 用于扫描较慢时的双踪显示; ADD: 用于两个通道的代数和或差
10	通道 2 倒相 (CH2 INV)	CH2 倒相开关, 在 ADD 方式时使 CH1+CH2 或 CH1-CH2
11/12	垂直衰减 (VOLTS/div)	调节垂直偏转灵敏度
13/14	垂直微调 (VAR)	连续调节垂直偏转灵敏度, 顺时针旋足为校正位置
15/16	耦合方式 (AC-DC-GND)	选择被测信号馈入垂直通道的耦合方式
17/18	CH1 OR X, CH2 OR Y	垂直输入端或 X-Y 工作时, X、Y 输入端
19	水平位移 (POSITION)	调节光迹在屏幕上的水平位置
20	电平 (LEVEL)	调节被测信号在某一电平触发扫描
21	触发极性 (SLOP)	选主信号的上升沿或下降沿触发扫描
22	触发方式 (TRIG MODE)	常态 (NORM): 无信号时, 屏幕上无提示; 有信号时, 与电平控制配合提示稳定波形。 自动 (AUTO): 无信号时, 屏幕提示光迹; 有信号时, 与电平控制配合提示稳定波形。 电视场 (TV): 用于提示电视场信号。 峰值自动 (P-P AURO)。无信号时, 屏幕上提示光迹; 有信号时, 无须调节电平即能获得稳定波形提示
23	触发指示 (TRIG D)	在触发同步时, 指示灯亮
24	水平扫速开关 (SEC/div)	调节扫描速度
25	水平微调 (VAR)	连续调节扫描速度, 顺时针旋足为校准位置
26	内触发源 (INT SOURCE)	选择 CH1、CH2 电源或交替触发
27	触发选择	选择 INT 或 EXT 触发
28	接地 (GND)	与机壳相连的接地端
29	外触输入 (EXT)	外触发输入插座
30	X-Y 方式开关 (CH1 X)	选择 X-Y 工作方式
31	扫描扩展开关	按下时扫速扩展 10 倍
32	交替扫描扩展开关	按下时屏幕上同时提示扩展后和未被扩展的波形
33	扫描分离 (TRAC SEP)	交替扫描扩展时, 调节扩展和未扩展波形的相对距离
34	释抑控制 (HOLD OFF)	改变扫描休止时间, 同步多周期复杂波形

3. 示波器的操作法

(1) 检查电网电压。CA8120A 系列示波器电源电压为 $220 \pm 10\%$ ，接通电源前，检查当地电源电压，如果不符合，则应该禁止使用。

(2) 基本操作。

1) 使用时有关控制钮的位置按表 2-2 所示位置设置。

表 2-2 控制 钮 的 位 置

控制钮名称	作用位置	控制钮名称	作用位置
亮度 (INTEN)	居中	触发方式	峰值自动
聚焦 (FOCUS)	居中	扫描速度 SEC/div	0.5ms
位移 (CH1, CH2, X)	居中	极性 (SLOPE)	正
垂直方式 (MODE)	CH1	触发源	INT
垂直衰减 (VOLTS/div)	10mV	内触发源	CH1
垂直微调 (VAR)	校正位置	耦合方式	AC

2) 接通电源，电源指示灯亮，稍候预热，屏幕上出现光迹，分别调节亮度、聚焦、迹线旋转，使光迹清晰并与水平刻度平行。

3) 用 10 : 1 探极将校正信号输入至 CH1 输入插座。

4) 调节 CH1 移位与 X 移位，使波形与图 2-2 相符合。

5) 将探极换至 CH2 输入插座，垂直方式于“CH2”，重复 4) 操作得到与图 2-2 相符合的波形。

(3) 亮度控制。调节亮度电位器，使屏幕显示的光迹亮度适中，一般观察不宜太亮，以免荧光屏老化，高亮度的显示一般用于观察低频率的快扫描信号。

(4) 垂直系统的操作。

1) 垂直方式的选择。当只需观察一路信号时，将“MODE”开关置“CH1”或“CH2”；此时被选中的通道中的通道有效，被测信号可从通道端口输入，当需要同时观察两路信号时，将“MODE”开关置交替“ALT”，该方式使两个通道的信号被交替显示，交替显示的频率受扫描周期控制。当扫速低于一定频率时，交替方式显示会出现闪烁，此时应将开关置开断续“CHOP”位置。当需要观察两路信号代数与时，将“MODE”开关置于

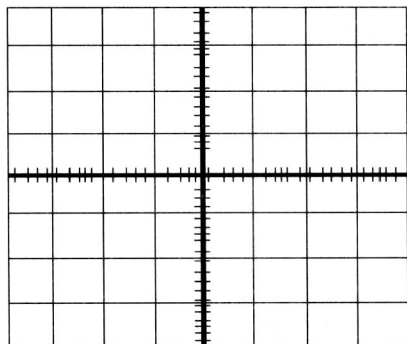


图 2-2 校正信号波形

“ADD”位置，在选择这种方式时，两个通道的衰减设置必须一致，CH2 INV 未按下时为 $CH1 + CH2$ ；INV 开关按下时为 $CH1 - CH2$ 。

2) 输入耦合的选择。直流 (DC) 耦合：适用于观察包含直流成分的被测信号，如信号逻辑电平和静态信号的直流电平，当被测信号的频率很低时，也必须采用这种方式。

交流 (AC) 耦合：信号中的直流分量被隔断，用于观察信号的交流分量，如观察较高直流电平上的小信号。

接地 (GND)：通道输入端接地（输入信号断开），

用于确定输入为零时光迹所处位置。

3) X-Y 操作。当按下 X-Y 操作键 CH1X 时,本机可作为 X-Y 示波器使用,此时 CH1 作为 X 轴,CH2 作为 Y 轴。

(5) 触发源的选择。

1) 触发源开关选择。外触发“EXT”,由面板上外触发输入插座输入触发信号;内触发“INT”,由内触发源开关控制。

2) 内触发源选择。

CH1 触发:触发源取自通道 1。

CH2 触发:触发源取自通道 2。

3) 触发源模式选择 VERT MODE。触发源受垂直方式开关控制,当垂直方式开关置于“CH1”,触发源自动切换,在这种状态使用时,两个不相关的信号其频率不应相差很大,同时垂直输入耦合应置于“AC”,触发方式应置于“AUTO”或“NORA”。当垂直方式开关置于“CHOP”和“ADD”时,内触发源选择应置于“CH1”或“CH2”。

(6) 水平系统的操作。

1) 扫描速度的设定。扫描范围从 $0.2\mu\text{s}/\text{div}\sim 0.5\text{s}/\text{div}$ 按 1—2—5 进位分 20 挡,微调提供至少 2.5 倍的连续调节。根据被测信号频率的高低,选择合适挡级,在微调顺时针旋足至校正位置时,可根据示值和波形在水平轴方向上距离读出被测信号的时音参数,当需要观察波形某一个细节时,可进行水平扩展 $\times 10$,此时,原波形在水平轴方向上被扩展 10 倍。

当被测显示波形某一部分需要扩展时,就需要提高扫描速度。此时按下扫描扩展 $\times 10$ 按键『31』波形就可以被扩展 10 倍,波形的中心显示在屏幕上。

工作在扫描扩展状态时,扫描速度如下:(SEC/DIV 开关指示值) $\times 1/10$,因此,最高扫描扩展 $0.2\mu\text{s}/\text{div}$ 经扩展后成为 $2\mu\text{s}/\text{div} \times 1/10 = 20\text{ns}/\text{div}$ 。

当交替扫描扩展开关『32』被按下时,扩展的波形和未被扩展的波形同时显示在屏幕上,本示波器此时可实现双踪四线显示。调节扫线分离旋钮『33』可以改变两扫线同距离,以便于观察。

2) 触发方式的选择。常态(NORM):无信号输入时,屏幕上无光迹显示;有信号输入时,触发电平调节在合适位置上,电路被触发扫描,当被测信号频率低于 20Hz 时,必须选择这种方式。

自动(AUTO):无信号输入时,屏幕上有光迹显示;一旦有信号输入时,电平调节在合适位置上,电路自动转换到触发扫描状态,显示稳定的波形。当被测信号频率高于 20Hz 时,常用这种方式。

电视场(TV):对电视信号中的场信号进行同步,在这种方式下被测信号是同步信号为负极性的电视信号,如果是正极性,则可以同 CH2 输入,借助于 CH2 INV『10』把正极性转为负极性后测量。

峰值自动(P-P AUTO):这种方式同自动方式,但无须调节电平即能同步,它一般适用于正弦波,对方波或占空比相差不在的脉冲波。对于频率较高的测试信号有时也要借助于电平调节,它的触发同步灵敏度要比“常态”的“自动”稍低一些。

3) 极性的选择(SLOP)。用于选择被测信号的上升沿或下降沿去触发扫描。

4) 电平的设置(LEVEL)。用于调节被测信号在某一合适的电平上启动扫描,当产生

触发扫描后,“TRIGD”指示灯亮。

5) 释抑控制 (HOLD OFF)。当被测量的信号是一个具有两个或更多重复周期的复杂波形时,用上述电平控制器不足以获得稳定波形显示。在这种情况下,可通过调节释抑时间(扫描体止时间),使扫描稳定地与触发信号同步。

(7) 信号连接。

1) 极性操作。本示波器附件中有两根衰减比为 10 : 1 和 1 : 1 可转换的探极,为减少探极对被测电路影响,一般使用 10 : 1 探极。此时探极的输入阻抗为 $10\text{M}\Omega$,输入电容为 16pF 。衰减比为 1 : 1 的探极用于观察小信号,但此时输入阻抗已降为 $1\text{M}\Omega$,输入电容约为 70pF ,因此在测量时要考虑探极对被测电路的影响和测试的准确性。为了提高测量精度,探极上的接地和被测电路地应尽量采用最短的连接,在频率较低、测量精度不高的情况下,可用前面板上接地端和被测电路地连接,以方便测试。

2) 探极的调整。由于示波器输入特性的差异,在使用 10 : 1 探极调试以前,必须对探极进行检查和辅调节。

(三) 示波器操作规程

(1) 示波器接通电源,须预热几分钟后再使用。

(2) 为了防止对示波管的损坏,不要使示波管的扫线过亮或光点长时间静止不动。

(3) 示波器的探头输入端的最大电压值为 $400V_{p-p}(DC+AC_{p-p})$ 。

(4) 更换熔断器时只能使用规定类型及额定电流的熔断器,切勿乱用符合规格的熔断器。

(5) 为了避免测量误差,在测量前应该探极进行检查和校正,校正方法是:将探极接到校正方波输出端,调整探极上校正孔的补偿电容,直到屏幕上显示的方波为平顶。

(6) 进行机内清洁打开盖板时,必须先拔下电源插头。由于仪器内有上万伏高压,非专业修理人员严禁开盖板,带电检修。此仪器不能在强磁场或电场中使用,以免测量受场的干扰。

二、数字万用表

下面将国内较流行的 $3\frac{1}{2}$ 位 DT-830 型数字万用表的性能与使用方法作简单介绍。

(一) DT-830 型数字万用表基本构成

数字万用表是在直流数字电压表的基础上扩展而成的。在数字电压的基础上,它是利用前面所述的交流一直流变换器、电流—电压变换器、电阻—电压变换器等变换电路构成的一块具有多种用途的仪表,其构成如图 2-3 所示。

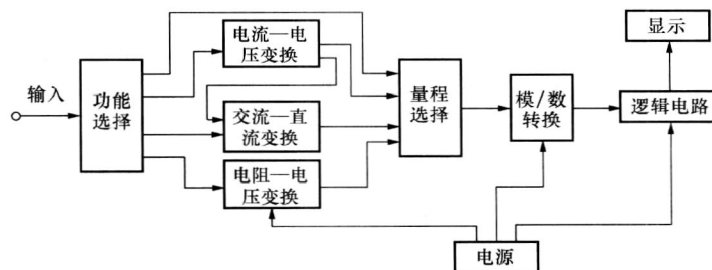


图 2-3 数字万用表的构成

DT-830 数字万用表是以 $3\frac{1}{2}$ 位 CMOS 双积分转换器 7106 为核心构成的袖珍式数字万用表, 采用迭层电池供电, 整机功耗小、成本低, 是实验室和工程技术人员常用的取代模拟指针式万用表的换代产品。

(二) DT-830 型数字万用表的外形结构

DT-830 型数字万用表的面板如图 2-4 所示。该表的前后面板主要包括: ①液晶显示器; ②电源开关; ③量程功能选择开关; ④ h_{FE} 插口; ⑤输入插孔; ⑥电池盒。

1) 液晶显示器采用 FE 型大字号 LCD 显示器, 最大显示值为 1999 或 -1999。仪表具有自动调零和自动显示极性功能。如果被测电压或电流的极性为负, 就在显示值前面出现负号“-”。当迭层电池的电压低于 7V 时, 显示屏的左上方显示低电压指示符号。超量程时显示“1”或“-1”, 视被测量的极性而定。小数点由量程开关进行同步控制, 使小数点左移或右移。

2) 电源开关: 在字母“POWER”(电源)下边注有“OFF”(关)和“ON”(开)。把电源开关拨至“ON”, 接通电源, 即可使用仪表。测量完毕应拨到“OFF”位置, 以免空耗电池。

3) 量程开关: 为 6 刀 28 掷, 可同时完成测试功能和量程的选择。

4) h_{FE} 插口: 采用四芯插座, 上面标有 B、C、E, E 孔, 共有两个, 在内部连通。测量晶体三极管 h_{FE} 值时, 应将三个电极分 B、C、E 孔, 发射极随便插入哪个孔都行。

5) 输入插孔: 共有四个, 分别标有“10A”, “mA”、“COM”和“V· Ω ”。在“V· Ω ”与“COM”之间标有“MAX750V~1000V”, 表示从这两个插孔输入的交流电压不得超过 750V (有效值), 直流电压不得超过 1000V。另外在“mA”与“COM”之间标有“MAX200mA”; 在“10A”与“COM”之间还标有“MAX10A”, 分别表示输入的交流、直流电流最大允许值。

6) 电池盒: 电池盒位于后盖的下方。在标有“OPEN”(打开)的位置, 按箭头指示的方向拉出活动抽板, 即可更换电池。为了检修方便, 0.5A 快速熔丝管“FUSE”也装在电池盒内。

(三) DT-830 型万用表的主要技术指标

DCV: 200mV, 2V, 20V, 200V, 1000V;

ACV: 200mV, 2V, 20V, 200V, 750V;

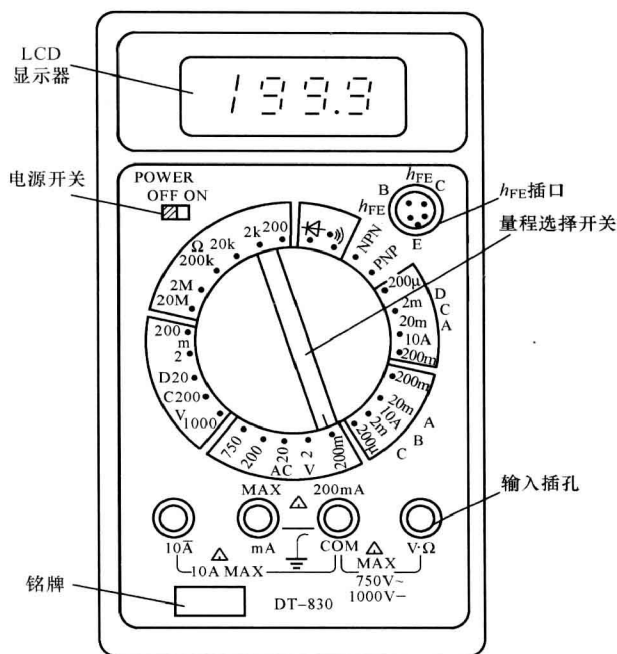


图 2-4 DT-830 型数字万用表面板图