



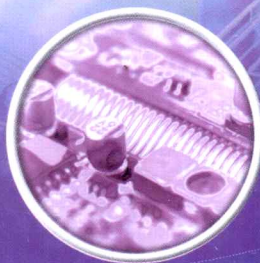
面向“十二五”高等学校精品规划教材

电工和电子技术

实验教程

李燕民 温照方 主编

(第2版)



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等学校精品规划教材

电工和电子技术实验教程

(第2版)

李燕民 温照方 主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是与《电路和电子技术》(第2版)(上、下)、《电机与控制》(第2版)教材相配套的实验教程,是根据多年的实验教学经验编写而成的。本实验教材基本涵盖了“电工和电子技术”课程的全部实验内容。

本书共分为5章,分别为:电路原理实验、模拟电子技术实验、数字电路实验、变压器和电动机实验、控制实验。

本书可作为高等学校非电类本科生“电工和电子技术(电工学)”课程的实验教材,或供其他相关专业选用或参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工和电子技术实验教程 / 李燕民, 温照方主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2011.2

ISBN 978-7-5640-4251-6

I. ①电… II. ①李… ②温… 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. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 013830 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京慧美印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12.25

字 数 / 281 千字

版 次 / 2011 年 2 月第 2 版 2011 年 2 月第 3 次印刷

印 数 / 7001 ~ 11000 册

定 价 / 24.00 元



责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

本教程是“电工和电子技术”课程的实验教材，是与《电路和电子技术》（第2版）（上、下）、《电机与控制》（第2版）教材相配套的实验教材。

《电工和电子技术实验教程》第1版经过几年的使用，有些实验内容和方法需要进行修订；随着时间的推移，实验中使用的仿真及设计软件也需要进行升级。鉴于以上原因我们对这本实验教程进行了改版。《电工和电子技术实验教程》（第2版）保留了第1版的框架结构，但在第1版的基础上，进行了以下修订。

（1）增加了部分综合实验的内容，如电阻、电感、电容元件性能研究的综合实验。实验中除使用了普通的碳膜电阻作分压、限流外，还结合保险电阻、光敏电阻等构成一个完整的实验内容，使学生对电阻等元器件的分类及其在电路中作用的认识上升到新的层次。另外，随着我国绿色照明工程的实施，目前在很多场合已将电感镇流器更换为电子镇流器，在实验附录中增加了电子镇流器介绍，并制作了配套的实验装置，在学生实验中进行演示。

（2）对所更新的仪器设备的使用方法进行了说明，仍按实验内容的需要将其作为附录安排在相应的实验内容之后。由于篇幅有限，只对仪器设备在实验中所用到的功能及其使用方法加以介绍。

（3）对目前实验中使用的仿真及设计软件进行了升级，在可编程逻辑器件的实验中将开发软件从 MAX+PLUS II 改为 Quartus II；在实验教程的附录 E 中，将仿真软件 Multisim V7 升级为 Multisim V10；在实验教程的附录 F 中，将编程软件从 STEP 7-Micro /WIN 32 升级为 STEP 7-Micro /WIN V4.0，并对高版本增加的功能进行了适当的说明。

（4）删除了部分实验内容和一些冗长的叙述，精简了篇幅。如在可编程逻辑器件实验中去掉了实验仿真结果和 VHDL 语言程序的参考答案；鉴于电工电子实验学时有限，在电力电子技术实验中去掉了 MOSFET 和 IGBT 器件参数测试的实验内容，而保留了晶闸管在可控整流、交流调压方面的应用等。

（5）加强了对学生实验基本技能的训练。在实验内容中加强了对常用电工仪表、电子仪器正确使用方法的训练，例如在实验电工测量中，学生除测量电压、电流外，还要求学生利

用示波器,按三种方法测量函数发生器输出的正弦波和方波波形及其参数。

(6)对实验教程第1版中出现的个别错误参数和不够严谨的部分作了修正,如将某些实验内容、步骤等进行了调整。

参与编写本教程的老师有:许建华、高玄怡、吴仲、叶勤、王勇、姜明。李燕民、温照方担任主编,负责全书的统稿。郇志峰、张振玲等老师在本书第2版修订过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者的水平和能力有限,第2版书中难免存在一些疏漏和错误之处,恳请读者及同行们批评指正,不吝赐教,以便今后加以改进。

联系方式:liymbj@sina.com, wenzhaofang@sina.com.

编 者

实验课须知

为了保证实验课达到预期的目的，每次实验学生应做到以下几方面。

1. 实验预习

(1) 认真阅读实验指导书，了解实验的目的、内容、有关理论知识以及为达到实验目的所采取的步骤、方法和所需测量的数据。

(2) 根据实验指导书的要求，计算出实验被测数据的理论值，做到实验时心中有“数”。

(3) 实验前应写好实验预习报告，其格式可与实验报告相同。

(4) 实验前先要认真阅读有关附录，了解实验设备、仪器、仪表的性能、额定值及其使用方法。

2. 实验操作

(1) 根据实验要求连接线路后，本组同学先互相检查，经教师允许后方可接通电源。

(2) 实验进行中应正确操作，准确读取数据，测绘波形曲线，分析实验结果，达到实验目的的要求。

(3) 测试完毕后，应断开电源，但不要急于拆线。要对所测数据或曲线进行检查，判断其是否正确及有无遗漏，然后请教师在预习报告上签字，经教师同意后方可拆除线路。

(4) 完成实验后应按要求整理实验台。

3. 实验总结报告

实验总结报告是由实践到认识的重要环节。学生应根据实验总结要求整理实验原始记录，在预习报告上填写实验结果数据或者绘制曲线，并按要求写出分析与总结。书写实验报告时要认真，字迹工整。

4. 实验课规则

(1) 不得无故旷课、迟到或早退。

(2) 进入实验室后应自觉遵守实验室的各项规定，服从指导教师的指导。

(3) 爱护仪器仪表、设备及工具等。如在实验中损坏仪表或设备，应立即向指导老师如实说明情况。如系违反操作规程而损坏设备，须自觉做出书面检查，教师根据情节轻重按照学校有关规定处理。

(4) 自觉维护实验室的环境卫生，不得携带任何食物，严禁大声喧哗、打闹。

5. 实验安全操作规定

进行强电实验时，必须严格遵守下述规定，违反者取消其实验资格。

(1) 未经教师允许，不得通电。

(2) 接通电源前，要告之同组同学。

(3) 经教师检查通过的实验线路，实验中不得自行拆改。实验结束拆除线路时，务必断

开电源, 严禁带电操作。

(4) 接线要牢固、可靠, 避免脱线造成事故。

(5) 实验时要严肃认真, 精神集中。讨论问题时应断开电源。

(6) 当遇到触电及其他事故时, 要立即切断电源, 并报告教师及时处理。

(7) 实验过程中, 如出现发热、发光、声音、气味等异常现象, 应立即切断电源, 并报告指导教师检查故障原因。

实验报告书写作格式

实验名称_____

班级_____ 实验者 _____ 学号_____

同组人_____ 教师批阅_____

一、实验目的

二、实验仪器和设备

三、实验内容及要求

包括实验项目、实验电路图、实验数据(数据表格或测试结果、曲线)。

四、总结要求

注: 实验报告应使用 16 开专用实验报告纸按上列格式正规书写。

目 录

第 1 章 电路原理实验	1
实验 1.1 电工测量	1
附录 1.1.1 TPE-DG11BIT 型电路原理实验箱元件分布图	7
附录 1.1.2 VC9802A+型数字式万用表	8
附录 1.1.3 SS3323 型可跟踪直流稳压电源	9
附录 1.1.4 DG1022 型双通道函数发生器	10
附录 1.1.5 DS1052E 型数字示波器	13
实验 1.2 戴维宁定理	17
实验 1.3 RC 电路的暂态过程	19
实验 1.3.1 硬件实验	19
实验 1.3.2 仿真实验	22
实验 1.4 交流电路的频率特性	25
实验 1.4.1 硬件实验	25
实验 1.4.2 仿真实验	28
附录 1.4 DF2172C 型双通道交流毫伏表	31
实验 1.5 单相交流电路	32
附录 1.5 荧光灯电子镇流器简介	35
实验 1.6 三相交流电路	36
实验 1.7 电路基本元件的研究	40
实验 1.7.1 电阻器	40
实验 1.7.2 电容器	41
实验 1.7.3 电感器	42
附录 1.7 电路基本元件的介绍	43
第 2 章 模拟电子技术实验	48
实验 2.1 电压放大电路和功率放大电路	48
实验 2.1.1 硬件实验	48
实验 2.1.2 仿真实验	52
实验 2.2 集成运算放大器的应用 (一)	56
附录 2.2 TPE-ES1BIT 电子技术实验箱	59

实验 2.3 集成运算放大器的应用(二)	62
实验 2.4 整流、滤波、稳压电路	63
附录 2.4 整流、滤波、稳压实验箱	67
实验 2.5 电力电子器件及应用	67
附录 2.5 电力电子技术实验注意事项	70
实验 2.6 模拟电路综合设计实验	70
第3章 数字电路实验	73
实验 3.1 组合逻辑电路及其应用	73
附录 3.1 DCL-I 电子技术实验箱	76
实验 3.2 触发器和移位寄存器的应用	80
实验 3.3 计数、译码、显示电路	82
实验 3.3.1 硬件实验	82
实验 3.3.2 仿真实验	83
实验 3.4 集成 555 定时器和晶体振荡器的应用	85
实验 3.5 PLD 基本实验及综合实验	88
实验 3.6 数字电路综合设计实验	90
第4章 变压器和电动机实验	93
实验 4.1 变压器	93
实验 4.2 电容分相式单相异步电动机	96
实验 4.3 步进电动机	98
实验 4.4 交流伺服电动机	102
实验 4.5 直线异步电动机的认识实验	103
实验 4.6 直流他励电动机的认识实验	106
第5章 控制实验	110
实验 5.1 继电接触器控制电路	110
实验 5.2 可编程序控制器基本指令练习	112
实验 5.3 可编程序控制器的综合实验	122
实验 5.3.1 三相异步电动机的Y- Δ 起动控制	122
实验 5.3.2 多级传送带的控制	124
实验 5.3.3 运料小车的控制	125
实验 5.3.4 节日彩灯的控制	126
实验 5.3.5 交通信号灯的控制	127
实验 5.4 可编程序控制器控制步进电动机	128
实验 5.5 变频调速器的认识实验	135
附录	142
附录 A 电工测量仪表的误差及准确度	142

附录 B 电阻器的标称值系列	143
附录 C 电容器的主要指标及标注	144
附录 D 集成芯片外引线排列图	145
附录 E Multisim V10 的使用说明	150
E1 Multisim V10 简介	150
E2 Multisim V10 基本操作	152
E3 Multisim V10 分析方法	160
附录 F S7-200 系列可编程序控制器编程软件的使用	166
F1 STEP 7-Micro/WIN V4.0 编程软件使用简介	166
F2 如何用 STEP 7-Micro/WIN V4.0 编程软件进行编程	174
F3 如何输入梯形图逻辑程序	175
F4 如何下载与上装程序	179
F5 如何对程序进行调试与监控	179
附录 G 如何判断实验电路中的故障	181
参考文献	184

第 1 章

电路原理实验

实验 1.1 电 工 测 量

1. 实验目的

- (1) 掌握直流电压、电位、电流及电阻的测量方法。
- (2) 学习直流稳压电源、功率函数发生器及示波器的使用方法。
- (3) 初步学会使用仪表检查电路故障的方法。

2. 实验预习要求

- (1) 复习教材中电压、电位、叠加原理及电流源的有关章节。
- (2) 计算表 1.1.1 中电压、电位和表 1.1.2 中电流的理论值。
- (3) 在图 1.1.1 中，每个电源单独作用或两个电源共同作用时，电路应如何连接？
- (4) 阅读本实验附录中有关仪器、仪表的使用方法和书后附录 A 中测量误差的介绍。

3. 实验仪器和设备

序号	名 称	型 号	数 量
1	电路原理实验箱	TPE-DG11BIT	1 台
2	可跟踪直流稳压电源	SS3323	1 台
3	数字式万用表	VC9802A+	1 块
4	双通道函数发生器	DG 1022	1 台
5	数字示波器	DS1052E	1 台

4. 实验内容及要求

(1) 电压和电位的测量。

◆ 按图 1.1.1 所示连接电路。 S_1 、 S_2 为双刀双掷开关，若需要将电源接入电路时，则把开关置于电源侧；若不需要将电源接入电路，则只要把开关置于短路侧即可。电路中电阻元件和双刀双掷开关由电路实验板提供，电动势 E_1 、 E_2 由可跟踪直流稳压电源分别供给。

◆ 将 S_1 、 S_2 置于短路侧，然后打开稳压电源，用万用表监测（应选择直流电压挡的合适量程），调节稳压电源的输出幅值旋钮，使 $E_1 = 15\text{ V}$ ， $E_2 = 18\text{ V}$ 。

◆ 将 S_1 、 S_2 置于电源侧，两路电源即接入电路。此时用万用表再次测量 E_1 、 E_2 ，若不符合规定数值（ $E_1 = 15\text{ V}$ ， $E_2 = 18\text{ V}$ ），则应再作细微的调整。其原因是由于稳压电源为实际电源，其内阻不为 0，故空载和负载时输出电压可能会有所不同。

- ◆ 按表 1.1.1 的要求用万用表直流电压挡测量电位和电压，请根据理论值选择合适的量程。
- ◆ 按表 1.1.1 的要求进行测量，并将测量值记入表 1.1.1 中。

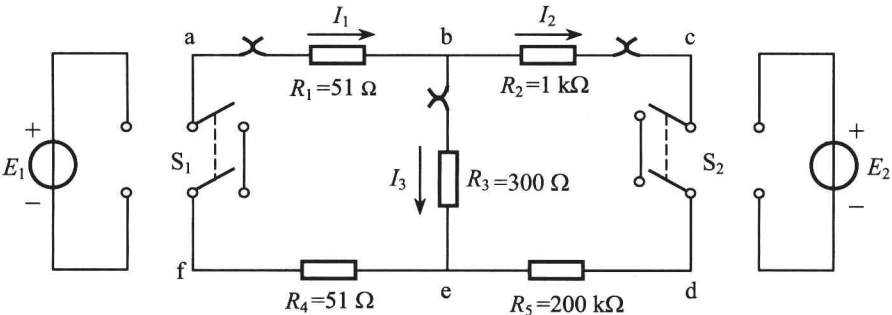


图 1.1.1

- 注意：① 当 SS3323 型稳压电源输出电压时，电流调节旋钮不能置于零位（即左旋到底），否则接入负载后，易使稳压电源的输出处于保护状态（即输出电压为 0）。
- ② 测量电位时应将万用表的黑表笔置于参考点处，红表笔置于测量点处。
- ③ 记录数据时应同时记录电位、电压的“+”、“-”号。

表 1.1.1 V

测量内容 参考点		电 位						电 压		
		V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f	U_{ab}	U_{de}	U_{ef}
以 a 为 参考点	理论值									
	测量值									
以 e 为 参考点	理论值									
	测量值									

(2) 电流的测量（验证叠加原理）。

◆ 电流表的连接方法：在电工实验中，测量电流时，通常都不把电流表固定地接在电路中，电流表在电路中的连接方法如图 1.1.2 所示。这种方法既能做到用一块电流表测量多个支路电流，又能在一定程度上减少仪表的损坏。虚线部分表示接入电流表的位置，用“X”形符号表示。

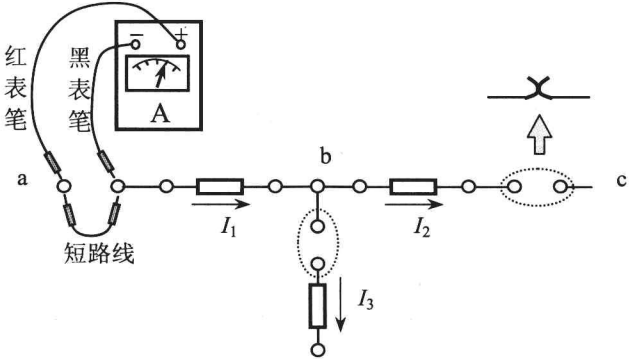


图 1.1.2

◆ 电流的测量步骤如下：设电流 I_1 、 I_2 的参考方向是从左向右。测量电流时，取出原来连接两点的短路线，电流的流入点与电流表的“+”端连接，流出点与电流表的“-”端连接。测量完毕，取出电流表，并接回短路线。

◆ 按表 1.1.2 中给定的条件，测量图 1.1.3 电路中各支路电流的数值，并记入表 1.1.2 中。各支路电流的参考方向如图 1.1.3 所示。

表 1.1.2 A

测 量 条 件	I_1		I_2		I_3	
E_1 、 E_2 共同作用 产生的电流 I	理论值		理论值		理论值	
	测量值		测量值		测量值	
E_1 单独作用 产生的电流 I'	理论值		理论值		理论值	
	测量值		测量值		测量值	
E_2 单独作用 产生的电流 I''	理论值		理论值		理论值	
	测量值		测量值		测量值	
验证叠加原理 计算 $I = I' + I''$						

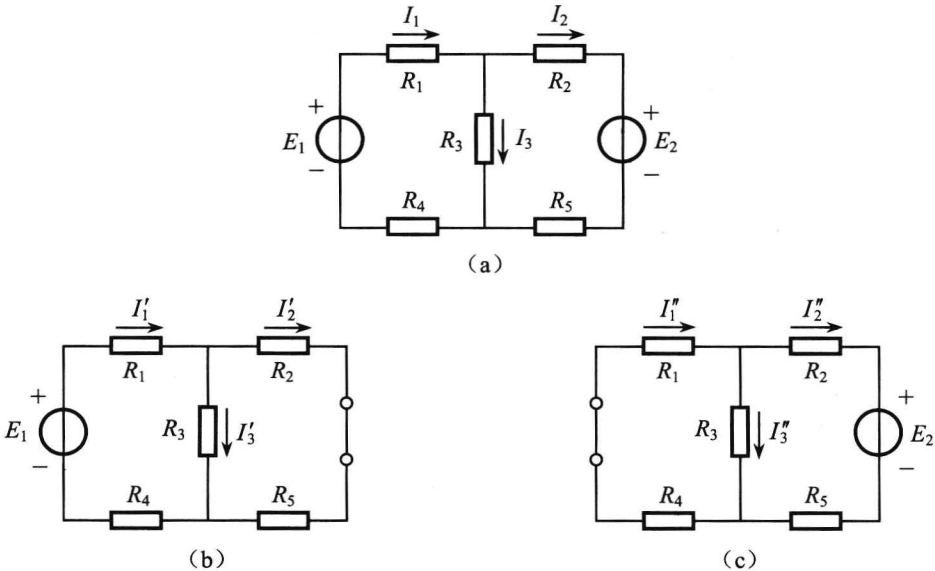


图 1.1.3

注意：① 用电流表测量时，应根据预习时计算的理论值，选择合适的量程。
② 记录电流数据时，应同时记录测量值的“+”、“-”符号。

测量电流时,若数字电流表指示正值,说明实际方向与参考方向相同;若数字电流表指示负值,说明实际方向与参考方向相反,所以在记录的电流测量数据前应同时记录其“+”、“-”号。

(3) 电阻的测量。

◆ 按表 1.1.3 的要求,从电路实验板上选取相应的电阻,并利用万用表欧姆挡进行测量。

◆ 根据电阻的标称值,选择合适的电阻挡位进行测量,将测量的阻值及测量时选用的电阻挡位记入表 1.1.3 中。

注意:① 用万用表测量电阻时,禁止带电测量,即电阻上不得有万用表之外的电源作用,否则极易损坏万用表。

② 测量完毕要将万用表的挡位调至交流电压最大挡。

表 1.1.3

电 阻		测量时选用的电阻挡位
标称值	测量值	
30 Ω		
200 Ω		
1 kΩ		

(4) 理想电流源外特性的测量。

◆ 按图 1.1.4 (a) 所示线路接线。使用 SS3323 型稳压电源,按下“电流、电压输出选择”键,选择“电流输出”。电源“+”输出端接电流表“+”,电源“-”输出端接电流表“-”(此时 $R_L = 0$), 电流表量程选择 150 mA 挡。图 1.1.4 (b) 是图 1.1.4 (a) 的电路模型。

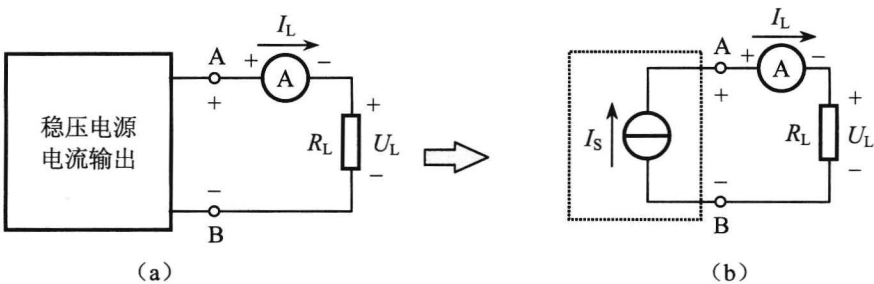


图 1.1.4

注意:① 测量时以电流表显示的电流数值为准,稳压电源的显示数值作为参考。

② 当 SS3323 型稳压电源输出电流时,电压调节旋钮不能置于零位。

◆ 先令 $R_L = 0$, 改变 SS3323 型稳压电源的电流调节旋钮,取 $I_L = 5 \sim 15$ mA 之间某值,并保持稳压电源电流调节旋钮的位置不变,将 I_L 的数值记入表 1.1.4 中。

表 1.1.4

R_L/Ω	0	10	30	51	100	200
I_L/mA						
U_L/V	0					

◆ 按表 1.1.4 要求选用 R_L 的不同阻值, 测量电流 I_L 和电压 U_L , 并记入表 1.1.4 中。

(5) 函数发生器及示波器使用方法的练习。

① 测量正弦波信号的频率和峰-峰值。

(a) 仪器的功能选择和连接。

调节 DG1022 型双通道函数发生器 (亦可称为“信号发生器”) 的相应旋钮, 选择输出波形为正弦波信号, 其频率为 $f = 1\text{ kHz}$, 电压的峰-峰值为 $U_{\text{opp}} = 3\text{ V}$ 。将此信号送入 DS1052E 数字示波器的 CH1 通道, 即示波器红表笔接函数发生器的“+”输出端子, 示波器黑表笔接函数发生器的“-”输出端子 (这种将仪器的“-”端子接在一起的接法称为“共地”)。

(b) 测量方法。

调节 DS1052E 数字示波器的相应旋钮 (应根据信号频率选择适当的扫描频率, 还要根据波形幅值大小调整示波器的相应旋钮), 使正弦信号在屏幕上显示出两个周期, 且波形稳定。下面介绍 3 种测量波形的频率和幅值的方法。

◆ 利用示波器的刻度测量。读出被测波形一个周期的水平距离所占格数, 乘以示波器屏幕下方水平刻度单位 Time 的数值, 即为该信号的周期 T , 周期的倒数即为该信号的频率 f , 将测量结果记录于表 1.1.5 中。

读出被测波形峰底到峰顶所占格数, 乘以示波器屏幕左下方垂直刻度单位 CH1 或 CH2 的数值, 即为该信号的峰-峰值 U_{opp} , 将测量结果记录于表 1.1.5 中。

◆ 利用示波器的自动测量功能。按“MEASURE”键, 显示自动测量菜单, 按 5 号灰键, 将全部测量打开, 则示波器上显示波形的所有参数。将测量结果记录于表 1.1.5 中。

*◆ 利用示波器的光标测量功能 (*表示选做)。以光标手动方式为例, 按键操作顺序为: CURSOR→光标模式→手动”; 再选择光标类型: 根据需要测量的参数分别选择 X 或 Y 光标。按键操作顺序为: 光标类型→X 或 Y, 则测出的 ΔX 即为波形的周期 T , ΔY 即为波形的峰-峰值 U_{opp} 。将测量结果记录于表 1.1.5 中。

表 1.1.5

波形 (标出周期和幅值)	刻度测量法		自动测量法		*光标测量法	
	周期 T (格数 $\times$ 时间)	峰-峰值 U_{opp} (格数 $\times$ 电压)	频率 f	U_{opp}	$T(\Delta X)$	$U_{\text{opp}}(\Delta Y)$

(c) 改变参数测量正弦波信号的频率和峰-峰值。

调节 DG1022 型双通道函数发生器的旋钮, 使正弦波信号的频率 $f = 3 \text{ kHz}$, 峰-峰值 $U_{\text{opp}} = 4 \text{ V}$ 。测量方法同 (b), 将测量结果记录于表 1.1.6 中。

表 1.1.6

波形 (标出周期和幅值)	刻度测量法		自动测量法		*光标测量法	
	周期 T (格数 $\times$ 时间)	峰-峰值 U_{opp} (格数 $\times$ 电压)	频率 f	U_{opp}	$T(\Delta X)$	$U_{\text{opp}}(\Delta Y)$

② 测量方波信号的频率和峰-峰值。

选择双通道函数发生器的输出波形为方波信号, 调整其频率为 $f = 1.5 \text{ kHz}$, 电压峰-峰值为 $U_{\text{opp}} = 3 \text{ V}$, 用示波器测量方波信号的频率和峰-峰值。测量方法同正弦波实验 (b), 将测量结果记录于表 1.1.7 中。

表 1.1.7

波形 (标出周期和幅值)	刻度测量法		自动测量法		*光标测量法	
	周期 T (格数 $\times$ 时间)	峰-峰值 U_{opp} (格数 $\times$ 电压)	频率 f	U_{opp}	$T(\Delta X)$	$U_{\text{opp}}(\Delta Y)$

5. 实验总结要求

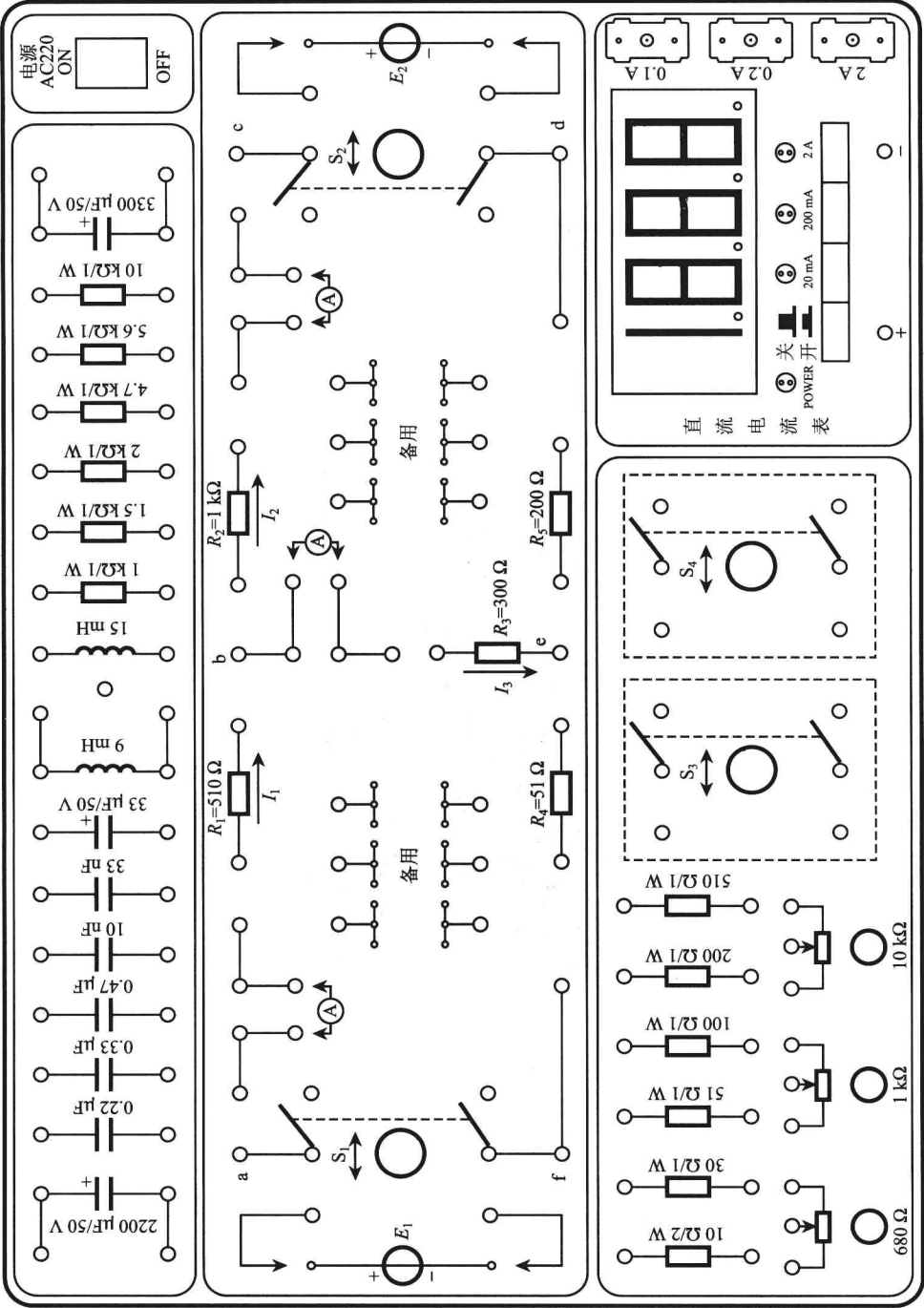
- (1) 根据实验数据, 总结电位和电压的关系, 说明参考点对电位和电压的影响。
- (2) 根据表 1.1.2 中电流的测量值, 验证叠加原理和 KCL。将验证叠加原理的计算结果填入表格 1.1.2 中, 验证 KCL 的计算结果填入表格 1.1.8 中。

表 1.1.8

条 件	E_1 、 E_2 共同作用	E_1 单独作用	E_2 单独作用
验证 KCL			

- (3) 画出理想电流源外特性曲线 $I = f(U)$, 并总结其特点。
- (4) 在图 1.1.1 中, 若测得电压 $U_{\text{ae}} = 15 \text{ V}$, $U_{\text{be}} = 15 \text{ V}$, 试判断该电路可能发生了什么故障, 并分析故障产生的原因。

附录 1.1.1 TPE-DG11BIT 型电路原理实验箱元件分布图



附图 1.1.1