



普通高等学校“十二五”规划教材

ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONICS

电工电子学 实验教程

主编 李文秀



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电工电子学实验教程

(非电类专业使用)

主编 李文秀

参编 刘春艳 张海峰 司 杨 梁 斌

主审 李钊年

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分7章。第1章介绍了电工技术实验装置和电工仪表的基本知识及使用方法。第2章介绍了示波器、函数信号发生器、毫伏表、计数器及稳压电源等电子实验仪器的使用方法。第3章介绍了常用电路元件的识别和主要性能参数。第4章介绍了电路原理中直流部分、电路暂态部分、单相交流电路部分、三相交流电路部分及电动机控制方法的实验以及电子电路计算机仿真软件(NI Multisim 软件)在实验中的应用。第5章介绍了模拟电路的基本实验。第6章介绍了模拟电路的综合设计实验。第7章介绍了数字电路的基本实验和综合设计实验。

本书主要作为普通高等学校非电类工科专业教材,也可作为高职高专及函授教材,还可作为工程技术人员的辅助参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学实验教程/李文秀主编. —北京:国防
工业出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-118-08336-1

I. ①电… II. ①李… III. ①电工技术—实验—教
材②电子技术—实验—教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 190578 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 261 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前言

《电工电子学实验教程》是根据工科高等学校本科电工电子学课程的教学要求,针对非电类工科专业的不同需求,在总结以往教学经验的基础上,吸取其他教材的优点,编写出适合工科院校非电类专业独立设课的实验教程。

本教程立足于非电类专业的特点,以验证型和单元型实验为基础,通过综合设计型实验提升能力,满足电工电子学实验的课程体系改革和实验教学改革的要求。

本教程实验内容详细完整,能够与大多数学校的实验设备配套;引入计算机仿真技术和 PLC 技术,将传统的实际工程实验和仿真有机结合,在提供先进实验技术指导的基础上,给学生提供了发挥能力的空间。

全书共有 7 章,第 1 章为常用电工测量仪表,介绍了电工仪表的基本知识、基本结构,电流表、电压表、功率表、兆欧表和数字万用表的基本使用方法。另外还介绍了电工技术实验装置的使用方法。第 2 章为常用电子实验仪器,介绍了示波器、函数信号发生器、毫伏表和计数器等电子实验仪器的使用方法。第 3 章介绍了常用电路元件的识别和主要性能参数。第 4 章介绍了电子电路计算机仿真软件(NI Multisim 软件)的使用,并介绍了电路原理中直流部分、电路暂态部分、单相交流电路部分、三相交流电路部分及电动机控制方法的实验。第 5 章介绍了模拟电路的基本实验。第 6 章介绍了模拟电路的综合设计实验。第 7 章介绍了数字电路的基本实验和综合设计实验。本书在编写时以实验的基础性、应用性、综合性和研究性之间的结合为重,每个实验都设有课前预习和实验后的思考题,学生通过实验,可以提高分析问题和解决问题的能力。

本教程作为《电工电子学》(李钊年编写,国防工业出版社出版)的配套教材,实验参考学时为 16 学时~32 学时。

本教程由李文秀主编,并编写第 1 章~第 3 章内容;第 4 章由张海峰编写;第 5 章由刘春艳编写;第 6 章由李文秀、刘春艳、司杨共同编写;第 7 章由司杨编写。另外,梁斌也参与了编写工作。

全书由李钊年主审,并提出了宝贵的修改意见,谨致以衷心的感谢。编写本教程时,还参考了众多的文献资料,在此向参考文献的作者表示感谢。同时,在本教程立项和编写过程中,得到青海大学教材建设基金的支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见,以便修改。

编者
2012 年 6 月

目 录

第 1 章 常用电工测量仪表	1
1.1 电工测量仪表的分类	1
1.2 电流表、电压表及功率表的工作原理	1
1.2.1 电流表的工作原理	1
1.2.2 电压表的工作原理	2
1.2.3 功率表的工作原理	3
1.3 兆欧表	3
1.3.1 兆欧表的结构和工作原理	3
1.3.2 兆欧表的选择	4
1.3.3 兆欧表的使用	4
1.4 DGX-1 电工技术实验装置简介	4
第 2 章 常用电子实验仪器	8
2.1 常用示波器及其使用方法	8
2.1.1 示波器的组成	8
2.1.2 示波器的使用	9
2.1.3 DS-5000 型示波器简介	11
2.1.4 GOS-6021 双踪示波器简介及使用方法	15
2.2 YB1731A/C 直流稳压电源	18
2.2.1 概述	18
2.2.2 电源的性能指标	19
2.2.3 YB1731A/C 电源面板介绍与使用方法	19
2.3 函数信号发生器	20
2.3.1 GFG-8015G 函数信号发生器简介	20
2.3.2 GFG-8015G 函数信号发生器使用说明	22
2.3.3 GFG-8016H 函数信号发生器使用说明	22
2.4 交流毫伏表	23
2.5 数字万用表	24

2.6	计数器	25
2.7	电子测量仪器的选择	26
第3章	常用电路元器件的识别与主要性能参数	27
3.1	电阻器的简单识别与型号命名方法	27
3.1.1	电阻器的分类	27
3.1.2	电阻器的型号命名方法	28
3.1.3	电阻器的主要性能指标	28
3.1.4	电位器	29
3.1.5	电位器和电阻器的电路符号	29
3.1.6	选用电阻器常识	30
3.2	电容器的简单识别与型号命名方法	30
3.2.1	电容器的分类	30
3.2.2	电容器型号的命名方法	31
3.2.3	电容器的主要性能技术指标	32
3.2.4	电容的标注方法	33
3.2.5	电容的电路符号	33
3.2.6	选用电容器注意的事项	33
3.3	电感器的简单识别与型号命名方法	33
3.3.1	电感器的分类	33
3.3.2	电感器的主要性能指标	34
3.3.3	电感器选用常识	34
3.4	常用半导体器件的型号及命名方法	35
3.4.1	二极管的识别与测试	36
3.4.2	三极管的识别与简单测试	37
3.5	集成电路型号命名方法	39
3.5.1	型号命名方法	39
3.5.2	集成电路的分类	40
3.5.3	集成电路外引线的识别	40
3.6	几种常用模拟集成电路简介	41
3.7	常用数字集成电路简介	47
3.7.1	几类常用数字集成电路的典型参数	47
3.7.2	555 定时器电路	48
3.7.3	常用 TTL 数字集成电路引脚图及功能	48
3.8	常用显示器件	55
3.8.1	发光二极管	56
3.8.2	数码管	56
第4章	电工部分实验	58
实验1	基尔霍夫定律	58

实验 2	叠加定理	61
实验 3	戴维南 (宁) 定理和诺顿定理	63
实验 4	Multisim 仿真基础实验	67
实验 5	一阶电路过渡过程的仿真实验	79
实验 6	日光灯与功率因数的提高	83
实验 7	三相交流电路的研究	87
实验 8	三相电路功率的测量	89
实验 9	异步电动机的控制	93
实验 10	PLC 基础实验	97
实验 11	PLC 电机正反转控制实验	102
第 5 章	模拟电路基础实验	106
实验 1	单管放大电路的研究	106
实验 2	集成运算放大器的基本应用——模拟运算电路	112
实验 3	波形发生器	118
实验 4	直流稳压电源 (一)	125
实验 5	直流稳压电源 (二)	127
第 6 章	模拟电路综合实验	133
综合实验 1	直流稳压电源类	133
综合实验 2	变调音频放大器	135
综合实验 3	集成运算放大器的应用	136
第 7 章	数字电路实验	139
实验 1	Multisim 数字逻辑转换实验	139
实验 2	集成逻辑门的基本功能	142
实验 3	7 段 LED 显示器及显示译码实验	147
实验 4	常用中规模组合逻辑器件	150
实验 5	组合逻辑电路设计	157
实验 6	触发器及其应用	159
实验 7	时序逻辑电路分析与设计	164
实验 8	计数器及其应用	168
实验 9	555 定时器及其应用	172
实验 10	4 人抢答器	175
实验 11	数字综合实验 (一) ——方波、三角波发生器	177
实验 12	数字综合实验 (二) ——音乐门铃	179
参考文献		181

第 1 章

常用电工测量仪表

1.1 电工测量仪表的分类

电路中的各个物理量(电压、电流、功率、电能及电路的各个参数)的大小除了用分析和计算的方法得到外,还可以通过电工测量仪表测量得到。

电工仪表的分类如下。

(1) 按工作原理可以分为磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表、感应系仪表。

(2) 按种类可分为电压表、电流表、功率表、频率表、相位表等。

(3) 按电流的种类可分为直流表、交流表和交直流两用表。

(4) 按测量方法可以分为比较式和直读式。比较式是将被测量和标称值进行比较后得到被测的数据。常用的比较式仪表有电桥、电位差计等。直读式仪表是可以将被测量的数值直接在刻度盘上读出或用数码的方式直接显示。

(5) 按准确度级可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 共 7 个等级。准确度级是指在正常条件下,仪表在测量时可能出现的最大基本误差的百分数值,即

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

式中: ΔA_m 为以绝对误差表示的最大基本误差; A_m 为最大读数(量程)。

1.2 电流表、电压表及功率表的工作原理

1.2.1 电流表的工作原理

电流表在使用时应串联在被测电流的支路中。为了保证电路正常工作不因接入电流表而受影响,电流表的内阻一般做得较小。故此,若不慎将电流表并联在电路中,将导致电流表烧毁,在使用时必须特别小心。

测量直流电流通常采用磁电系电流表,测量交流电流通常采用电磁系电流表。

用磁电系电流表测量电流时,因其测量机构的可动线圈导线很细,电流又需要经过游丝,所以允许通过的电流是很小的,通常只能做检流计、微安表和毫安表。为了扩大磁电系

电流表的量程,在可动线圈 R_s 上并联电阻 R_d ,使大部分电流从并联电阻 R_d 上通过,而可动线圈上只流过允许通过的电流,这个并联电阻 R_d 就叫分流电阻或分流器,如图 1-1 所示。

这样,当磁电系电流表电流为 I_s 时,而分流电阻为 R_d ,则实际测量的电流为

$$I = \frac{R_s + R_d}{R_d} I_s$$

由上式可知,需要测量的电流越大,则分流电阻 R_d 越小。多量程的电流表的面板上几个不同量程的接线端子,这些接线端子与仪表内部相应的分流器相连,分流器由不同电阻值的电阻构成。使用时,根据被测电流值的大小,选择不同的量程端子。设

$$n = \frac{I}{I_s} = \frac{R_s + R_d}{R_d}$$

则

$$R_d = \frac{R_s}{n - 1}$$

上式表明,将磁电系电流表的量程扩大 n 倍时,分流电阻的阻值应为磁电系测量电路表测量机构的内阻 R_s 的 $1/(n - 1)$ 。

用电磁系电流表来测量交流电流时,根据电磁系电流表的工作原理,可以把固定线圈直接串联在被测电路中。由于被测量电流不通过可动部分和游丝,因而,可以制成直接测量大电流的电流表,而不需要采用分流器来扩大量程。电磁系电流表有时采用固定线圈分段串并联的方法来改变量程。

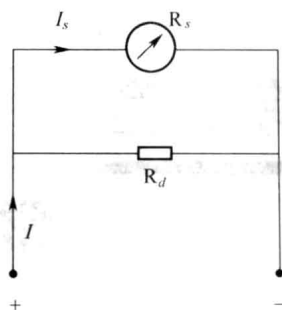


图 1-1 电流表的分流

1.2.2 电压表的工作原理

测量直流电压通常用磁电系电压表,测量交流电压通常用电磁系电压表。电压表在使用时应并联在被测电压的两端。

磁电系电压表的角位移与电流成正比,而电压表测量机构的电阻一定时,角位移与其两端的电压呈比例关系,将电压表和被测量电路并联,就能测出电压。但由于磁电系电压表的内阻不大,允许通过的电流较小,这样就限制了电压的值,为了提高电压量程,可在测量机构中串联电阻。如图 1-2 所示,其中 R_d 为分压电阻,当串联一电阻 R_d 后,被测电压 U 与测量机构本身的两端电压 U_s 之比为

$$m = \frac{U}{U_s} = \frac{R_s + R_d}{R_s}$$

故

$$R_d = (m - 1) R_s$$

上式表明,将磁电系电压表的量程扩大 m 倍时,分压电阻 R_d 应为磁电系测量电压表测量机

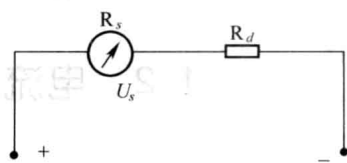


图 1-2 电压表的原理图

构内阻 R_s 的 $(m-1)$ 倍。多量程电压表的面板上有几个标有不同量程的接线端子,这些接线端子分别与表内相应电阻值的分压器相串联。使用时,根据所测电压值选择相应的量程。

采用电磁系电压表时,其量程扩大也是采用串联附加电阻的方法进行的。

1.2.3 功率表的工作原理

功率是电压和电流的乘积,故此,功率值与所测量电路中的电压和电流有关。功率表的电路由固定的电流线圈和可动的电压线圈组成,在接线时,电流线圈与负载串联、电压线圈与负载并联。电流线圈中流过的电流就是负载电流,负载电压与电压线圈的电压成正比,功率表的偏转角与负载电压和电流的乘积成正比,即

$$\alpha \propto UI = P$$

所以偏转角与被测的功率 P 成正比。

在测量交流电路的功率时要注意:同名端必须接在一起,否则,功率表指针将会反转。

要根据所测电压和电流的大小来选择量程,读数时注意量程倍率关系。

1.3 兆欧表

兆欧表用来检查电机、电器、线路的绝缘情况和测量高阻值的仪器。

1.3.1 兆欧表的结构和工作原理

两个线圈固定在同一轴上且相互垂直,其中一个线圈 r_1 与电阻 R_i 串联,另一个线圈 r_2 与电阻 R_v 串联,两者并联后接上直流电源,被测电阻 R_x 并联在 E, L 端,如图 1-3 所示。

当手摇发电时,两个线圈中同时有电流通过,其电流分别为

$$I_1 = \frac{U}{R_v + r_1 + R_x}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_i + r_2}$$

线圈受到磁场的作用,产生两个相反的转矩,仪表的可动部分在转矩的作用下发生偏转,直到两个线圈的转矩平衡。

当 E 和 L 短接时, I_1 最大,指针偏转角最大,指针指示为“0”。当 E 和 L 开路时, $I_1 = 0$, 指针偏转角最小,指针指示为“ ∞ ”。其中 R_v, r_1, r_2 和 R_i 是仪表本身的固定值。指针的偏转角度由 I_1 和 I_2 的比值决定,故指针所指的刻度盘上显示的是被测设备的绝缘电阻值。

校表的方法是:短路实验,当 $R=0$ 时,指针指到零值;开路实验,当 $R=\infty$ 时,指针在 ∞ 位置。

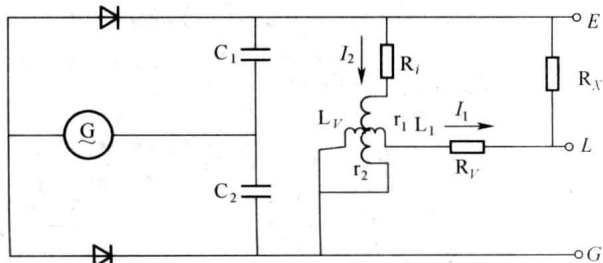


图 1-3 兆欧表线路图

1.3.2 兆欧表的选择

额定电压在 500V 以下的设备选用 500V 或 1000V 的摇表,500V 以上的设备应选择 1000V 或 2500V 的摇表。

1.3.3 兆欧表的使用

兆欧表的接线端子有 3 个,分别标有 G (屏)、 L (线)和 E (地)。被测电阻接在 L 和 E 之间。

(1)在使用前应先校表。

(2)在摇发电机手柄时要注意尽量匀速,一般规定为 120r/min,测量时手不要触摸被测物和兆欧表的接线端子,以防触电。

(3)在测量时如果被测设备短接,表针摆动到“0”,应停止摇动,以免过流而烧毁兆欧表。

1.4 DGX-1 电工技术实验装置简介

DGX-1 电工技术实验装置是模块式的实验装置,该装置由交流电源控制屏、直流电源模块、测量仪表模块、函数信号发生器模块等组成。面板图如图 1-4 所示。

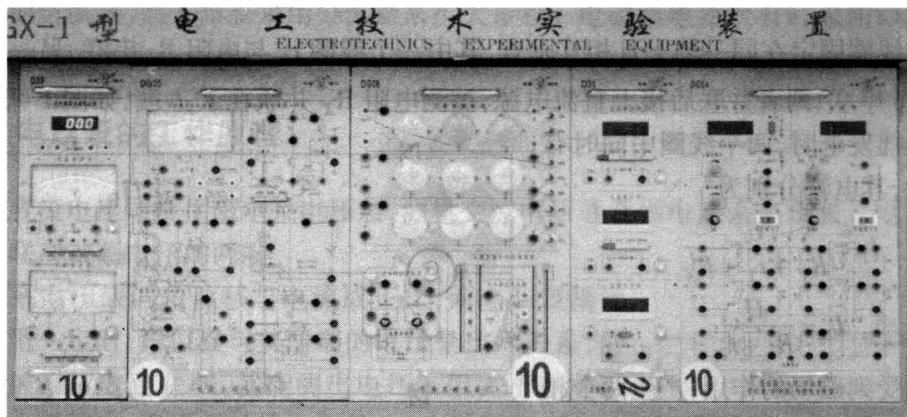


图 1-4 DGX-1 电工技术实验装置面板图

1. DGX-1 装置交流电源控制屏

可提供三相 0V ~ 450V 可调电压,单相 0V ~ 250V 可调电压,直流电机所使用的 40V ~ 230V、3A 的可调电枢电压和 220V、0.5A 的励磁电压,如图 1-5 所示。

(1)三相可调电压(0V ~ 450V)通过自耦调压变压器提供,在开启电源开关前先将自耦调压变压器的手柄(位置在控制屏左侧面)逆时针调到零位,将显示电压的电压表钮子开关掷于左侧(三相电网电压)。

(2)开启三相总电源钥匙开关,“停止”开关的灯亮,屏上 3 块电压表分别显示的是电网

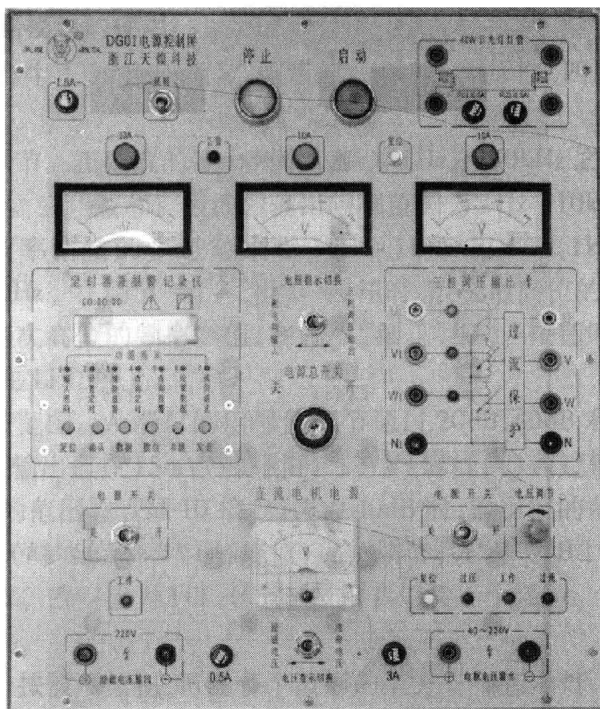


图 1-5 电源模块控制屏

线电压。按下“启动”按钮,绿灯亮,同时三相调压输出端的“黄、绿、红”灯亮,表明交流电源正常工作。此时,所有模块所需的电源可以正常使用。

(3)输出电源电压的调节。将“电压指示切换”开关切换到右侧,此时,3块电压表的指示在零位,然后顺时针调节自耦调压器的调压手柄,3块表所指示的电压随之改变,其显示的数据是三相可调电压的线电压。根据所需的数值进行调节,此时,要以电压表测量的数据为准,而电压指示的数据只能作为参考值。实验完毕后,调节自耦变压器输出至零再关闭电源。

(4)电机电源的输出。励磁电压和电枢电压分别用各自的开关控制,将“电源开关”置于“开”的位置,此时工作的状态灯为绿色,说明电源工作正常。励磁电压输出为220V。电枢电压输出为40V~230V。电枢电压具有过压、过流、过温和短路软截止保护功能。“电压指示切换”开关是切换励磁电压和电枢电压数据显示。

2. DGX-1 装置直流电源控制屏

DG04 直流电源的电源线插头和插座带有定位销,在使用时不要接错。

DG04 直流电源由两路电压源和一路电流源输出。电压源的电压在0V~30V连续调节。调节挡位有粗调波段开关和细调旋钮,根据需要进行调节。电压的输出值显示在数码管上,“电表指示”按钮开关是切换显示两路的电压值。电流源的调节同样有粗调波段开关和细调旋钮,输出电流在0mA~500mA连续调节。输出值在数码管上显示。直流电源控制屏如图1-6所示。

3. 测量仪表模块的使用

测量仪表包括直流电压表、直流电流表、交流电压表、交流电流表和功率表(功率因数

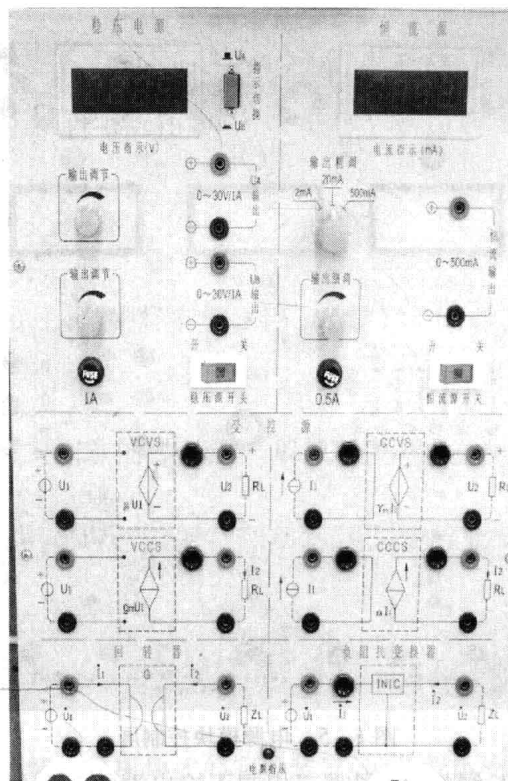


图 1-6 直流电源控制屏

表)。这些仪表的电源线插头、插座为航空插头、插座,有 3 孔、4 孔和 5 孔 3 种。5 孔的插座、插头如图 1-7 所示,在接通电源时将插头和插座的定位销对准后插入,否则,总电源的开关无法合上。

在测量时仪表的满量程必须大于测量值,若测量值大于满量程时,蜂鸣器发出蜂鸣声,告警灯亮,且电源的接触器自动断开,此时,需按复位键蜂鸣器停止蜂鸣,调整量程后接通电源,进行实验。



定位销

图 1-7 航空插头、插座定位销图

4. 函数信号发生器模块的使用

信号发生器可以产生正弦波、三角波、锯齿波(A口)、矩形波、四脉方列和8脉方列(B口)6种信号波形。

(1)信号频率的调节。正弦波的输出频率范围为1Hz~150kHz之间。矩形波的输出频率范围为1Hz~150Hz。三角波和锯齿波的输出频率范围为1Hz~10kHz。四脉方列和8脉方列固定为1kHz。频率调整的步进分别是1Hz~1kHz为1Hz、1kHz~10kHz为10Hz、10kHz~150kHz为100Hz。在调节“粗↑、粗↓”按钮时,改变最高位的频率数值;在调节“中↑、中↓”按钮时,改变次高位的频率数值;在调节“细↑、细↓”按钮时,调节2次高位的数值。输出的频率显示在LED屏上。

(2)输出电压调节范围。A端口的信号值调节通过20dB、40dB和输出旋钮组合使用;当衰减按钮未选中时,输出值在15mV(峰峰值)~17V(峰峰值)通过输出旋钮进行调节;当选中20dB时,输出值的范围被衰减10倍;当选中40dB时,输出值的范围被衰减100倍。B端口输出信号值在0V(峰峰值)~4V(峰峰值)进行调节;按“B↑、B↓”按钮进行调节。

(3)输出脉宽调节。占空比为1:1、1:3、1:5和1:7共4个挡位。其占空比显示在LED屏上。

(4)波形的选择。按波形按钮,可见各个波形的上方有一指示灯,灯亮的波形便是被选中的波形,根据需要进行选择。

第 2 章

常用电子实验仪器

2.1 常用示波器及其使用方法

电子示波器是一种综合性的电信号测量仪器,它能把眼睛看不到的交变电信号转换成图像,显示在荧光屏上。电子示波器是一种时域测量仪器,用于观察信号随时间的变化关系,同时可以测量电信号的频率、幅值、相位及形状等。根据需要可以同时观察两个或多个电信号的动态过程。它具有以下 5 个特点。

- (1) 显示被测信号的波形,并可测量其瞬时值。
- (2) 测量频带宽,波形失真小。
- (3) 灵敏度高,且有较强的过载能力。
- (4) 输入阻抗高,对被测电路的影响小。
- (5) 具有 $X-Y$ 的工作方式,可以描绘出任何输入、输出量的函数关系。

为适应各种测试需要,电子示波器种类繁多。按其用途和结构特点可分为普通示波器、通用示波器、多线多踪示波器、记忆示波器及取样示波器等。随着微处理器的大量应用,电子示波器正在向自动化、智能化的方向发展,在测量领域中的作用越来越大。

2.1.1 示波器的组成

示波器由荧光屏、示波管、电源系统、垂直系统、水平系统等组成。

1. 荧光屏

荧光屏是示波管的显示部分。屏上水平方向和垂直方向各有多条刻度线,指示出信号波形的电压和时间之间的关系。水平方向指示时间,垂直方向指示电压。水平方向分为 10 格,垂直方向分为 8 格,每格又分为 5 份。垂直方向标有 0%、10%、90%、100% 等标志,水平方向标有 10%、90% 的标志,用以测直流电平、交流信号幅度、延迟时间等参数。根据被测信号在屏幕上占的格数(DIV)乘以适当的比例常数(V/DIV , $TIME/DIV$)能得出电压值与时间值。

2. 示波管和电源系统

- (1) 电源(POWER)。示波器主电源开关。当按下此开关时,电源指示灯亮,表示电源

接通。

(2) 辉度 (INTEN)。旋转此旋钮能改变光点和扫描线的亮度。观察低频信号时可调暗一些,高频信号时调高一些。一般不应太亮,以保护荧光屏。

(3) 聚焦 (FOCUS)。聚焦旋钮调节电子束截面大小,将扫描线聚焦成最清晰状态。

(4) 标尺亮度 (ILLUMINCE)。此旋钮调节荧光屏后面的照明灯亮度。正常室内光线下,照明灯应调节的暗一些比较好。室内光线不足的环境中,可适当调亮照明灯。

3. 垂直系统和水平系统

(1) 垂直偏转因数选择 (VOLTS/DIV) 和微调。在单位输入信号作用下,光点在屏幕上偏移的距离称为偏移灵敏度,该定义对 X 轴和 Y 轴都适用。灵敏度的倒数称为偏转因数。垂直灵敏度的单位是 cm/V 、 cm/mV 或者 DIV/mV 、 DIV/V ,垂直偏转因数的单位是 V/cm 、 mV/cm 或者 V/DIV 、 mV/DIV 。实际上,因习惯用法和测量电压读数的方便,有时也把偏转因数当灵敏度。

双踪示波器中每个通道各有一个垂直偏转因数选择波段开关。一般按 1-2-5 方式从 5mV/DIV 到 5V/DIV 分为 10 挡。波段开关指示的值代表荧光屏上垂直方向一格的电压值。例如,波段开关置于 1V/DIV 挡时,如果屏幕上信号光点移动一格,则代表输入信号电压变化 1V 。每个波段开关上往往还有一个小旋钮,微调每挡垂直偏转因数。将它沿顺时针方向旋到底,处于“校准”位置,此时,垂直偏转因数值与波段开关所指示的值一致。逆时针旋转此旋钮,能够微调垂直偏转因数。垂直偏转因数微调后,会造成与波段开关的指示值不一致,这点应引起注意。许多示波器具有垂直扩展功能,当微调旋钮被拉出时,垂直灵敏度扩大若干倍 (偏转因数缩小若干倍)。例如,如果波段开关指示的偏转因数是 1V/DIV ,采用“ $\times 5$ ”扩展状态时,垂直偏转因数是 0.2V/DIV 。

(2) 时基选择 (TIME/DIV) 和微调。时基选择和微调的使用方法与垂直偏转因数选择和微调类似。时基选择也通过一个波段开关实现,按 1-2-5 方式把时基分为若干挡。波段开关的指示值代表光点在水平方向移动一个格的时间值。例如,在 $1\mu\text{s/DIV}$ 挡,光点在屏上移动一格代表时间值 $1\mu\text{s}$ 。

“微调”旋钮用于时基校准和微调。沿顺时针方向旋到底处于校准位置时,屏幕上显示的时基值与波段开关所示的标称值一致。逆时针旋转旋钮,则对时基微调。旋钮拔出后处于扫描扩展状态。通常为“ $\times 10$ ”扩展,即水平灵敏度扩大 10 倍,时基缩小到 $1/10$ 。例如,在 $2\mu\text{s/DIV}$ 挡,扫描扩展状态下荧光屏上水平一格代表的时间值等于 $2\mu\text{s} \times (1/10) = 0.2\text{ms}$ 。

示波器的标准信号源 CAL,专门用于校准示波器的时基和垂直偏转因数,如 DS-5000 型示波器标准信号源提供一个 $V(\text{峰峰值}) = 3\text{V}$ 、 $f = 1\text{kHz}$ 的方波信号。

示波器前面板上的位移 (Position) 旋钮调节信号波形在荧光屏上的位置。旋转水平位移旋钮 (标有水平双向箭头) 左右移动信号波形,旋转垂直位移旋钮 (标有垂直双向箭头) 上下移动信号波形。

2.1.2 示波器的使用

利用示波器可以测量电压、时间、相位差、频率。在使用示波器进行测量时,示波器的

有关调节旋钮必须处于校准状态。例如,测量电压时,Y通道的衰减器调节旋钮必须处于校准状态。在测量时间时,扫描时间调节旋钮必须处于校准状态。只有这样测得的值才是准确的。

1. 电压测量

用示波器可以测量正弦波的峰峰值、有效值、最大值和瞬时值,可以测量各种波形电压的峰峰值、瞬时值,还可以测量方波的上升沿和下降沿。

(1) 直流电压的测量。测量直流电压时,示波器的通道的耦合方式应选择直流耦合(Y轴放大电路的下限截止频率为0),进行测量时必须校准示波器的Y轴灵敏度,并将其微调旋钮旋至“校准”位置。测量方法如下。

① 先将垂直输入耦合选择开关置于“接地”状态,使屏幕上显示一条扫描基线,然后根据被测电压的极性调节垂直位移旋钮,使该基线调至合适的位置,作为零电压的基准位置。

② 然后再将输入耦合选择开关置于“DC”位置。

③ 将被测信号经衰减探头(或直接)接入示波器输入端,调节Y轴灵敏度旋钮,使扫描线有合适的偏转量,如图2-1所示。如果直流电压的坐标刻度(纵轴)与零线之间的距离为 $H(\text{DIV})$,Y轴灵敏度旋钮的位置为 $S_y(\text{V/DIV})$,探头的倍增系数为 k ,则所测量的直流电压值 $V_x = S_y \cdot H \cdot k$ 。

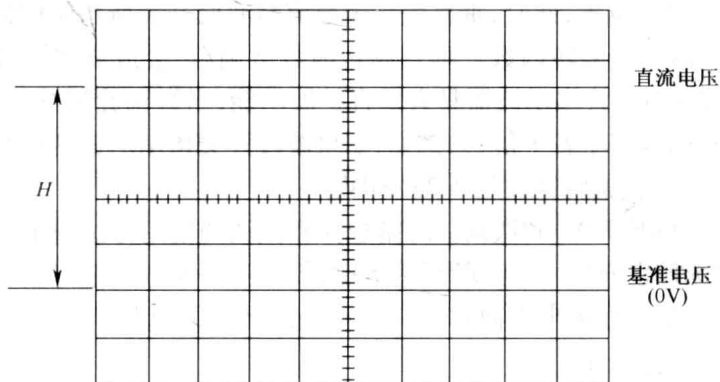


图2-1 直流电压的测量

(2) 交流电压的测量。

① 将Y轴输入耦合方式选择开关置于交流耦合(AC)位置。

② 根据被测信号的幅度和频率,调整Y轴灵敏度选择旋钮和X轴的扫描时间选择旋钮于适当的挡位,将被测信号通过探头接入示波器的Y轴输入端,然后调节触发“电平”,使波形稳定,如图2-2所示。被测的电压峰峰值 $V_x(\text{峰峰值}) = H \cdot S_y \cdot k$,有效值

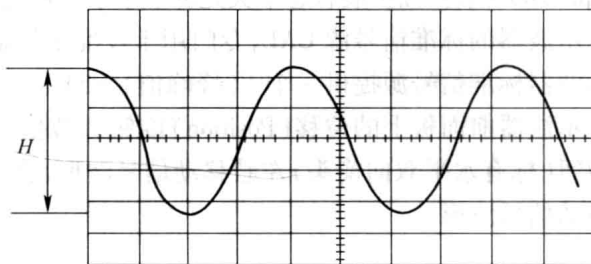


图2-2 交流电压的测量

$V_x = \frac{V_x(\text{峰峰值})}{2\sqrt{2}}$ 。参照上述方法可以测