

江 苏 省 精 品 教 材  
高 等 学 校 实 践 教 材

DIANGONG  
DIANZISHIYANJISHU

# 电工电子 实验技术 (第2版)

吕曙东 孙宏国 © 主编



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

# 电工电子实验技术

(第 2 版)

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 吕曙东 | 孙宏国 |
| 副主编 | 姚志树 | 许志华 |
| 参 编 | 罗海东 | 高 锋 |

东南大学出版社

· 南京 ·

## 内 容 提 要

本书是根据高等学校电工电子实验教学体系改革与实验教学基本要求而编写的实践教材,按照学生的认知规律将各类电工电子实验融为一体,主要包括:常用电工电子实验仪器设备的使用、40个电工电子实验、8个电子电路仿真及设计实验、10个综合设计性实验,可满足不同专业、不同学时数和不同层次的教学需要。

本书可作为高等学校电气信息类和其他相关专业的本、专科教材,也可供从事电气、电子技术工作的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验技术/吕曙东主编. —南京:东南大学出版社,2010.1

ISBN 978-7-5641-2012-2

I. 电… II. ①吕… ②孙… 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. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 242416 号

东南大学出版社出版发行  
(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:江 汉

江苏省新华书店经销 南京玉河印刷厂印刷  
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.5 字数:376千字  
2004年10月第1版 2010年1月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-5641-2012-2

印数:0001~4000册 定价:24.00元

(凡因印装质量问题,可直接向读者服务部调换。电话:025-83792328)

# 第 2 版前言

电工技术与电子技术基础实验是高等工科院校实践性很强的专业基础课,目的是培养学生理论联系实际的能力、实践操作能力、综合应用能力和开发创新能力,培养学生严谨求实的科学态度和踏实细致的工作作风。

《电工电子实验技术》(第 2 版)根据高等学校电工电子实验教学大纲和实验教学要求,总结了多年的实验教学经验和实验教学改革成果编写而成,综合了“电工学”、“电路”、“信号与线性系统分析”、“电路与电子技术”、“电子技术基础(模拟部分)”、“电子技术基础(数字部分)”等专业基础课程的实验内容,便于单独开设实验课程,同时也适合与理论课同步进行实验教学。

全书共分为六章。第 1 章为常用电工、电子实验仪器设备的使用;第 2 章为电工、电路与信号系统实验,包括电工学、电路与信号系统共二十个实验项目;第 3 章为模拟电路实验,共十个实验项目;第 4 章为数字电路实验,共十个实验项目;第 5 章为电子电路仿真及设计,介绍了仿真设计软件 Multisim 7 的应用及八个电子电路仿真及设计实验实例;第 6 章为综合设计性实验,介绍了基本单元电路设计及十个实验项目。

本教材在教学中不断改进,及时融入新知识、新技术及新的教学理念,与第一版相比进行了以下改编:

1. 按基础性实验、EDA 仿真及设计实验、综合设计性实验三个层次展开,循序渐进,可根据各专业不同的教学要求选择不同的内容进行实验教学。各章节之间既相互独立,亦可灵活组织进行实验教学。

2. 对于基础性实验,对各章中原有实验项目进行优化组合,将实验内容作为载体,通过实验仪器和电路的联合应用,着重培养学生电工电子基本实验方法和基本实验技能,巩固基本原理和基本概念。

3. 对于仿真及设计实验,采用 EDA 技术建立虚拟电工电子实验平台,通过 Multisim 7 的应用进行 EDA 实验教学,培养学生的综合分析、开发设计和创新能力,克服了实验室硬件条件、实验时间和空间的约束,提高了实验教学效果。

4. 对于综合设计性实验,增补了基本单元电路设计,针对具体的电路设计任务,介绍实验电路的设计方法、基本电路单元的应用方案、系统参数和性能的测试与调试等,将原理、方法和应用结合起来,给学生留出施展才能的空间。

参加本书编写的有吕曙东、孙宏国、姚志树、许志华。具体分工为:吕曙东编写了绪论、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 5 章,孙宏国编写了第 6 章,姚志树编写了第 4 章,许志华参加了部分章节的文字和插图整理工作。全书由吕曙东组织编写并负责统稿。孙宏国副教授审阅了全稿。

由于我们的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

2009 年 10 月于盐城工学院

# 目 录

|                              |      |
|------------------------------|------|
| <b>0 绪 论</b>                 | (1)  |
| 0.1 做好课前预习                   | (1)  |
| 0.2 实验操作程序                   | (1)  |
| 0.3 电路故障检查                   | (2)  |
| 0.4 误差分析处理                   | (3)  |
| 0.5 实验报告要求                   | (4)  |
| <b>1 常用电工、电子实验仪器设备的使用</b>    | (5)  |
| 1.1 YB1718 型三路直流稳压电源         | (5)  |
| 1.2 YB1732C2A 型三路直流稳压电源      | (6)  |
| 1.3 MF-47 型万用表               | (7)  |
| 1.4 YB1639 型函数信号发生器          | (10) |
| 1.5 YB1603P 型函数信号发生器         | (12) |
| 1.6 EE1642B 型函数信号发生器/计数器     | (14) |
| 1.7 YB4320 型示波器              | (17) |
| 1.8 YB4340G 型示波器             | (20) |
| 1.9 YB2172(YB2173) 型交流毫伏表    | (22) |
| 1.10 GDDS 型高性能电工实验台简介及使用说明   | (23) |
| 1.11 MDS-V 模拟电路实验系统简介及使用说明   | (27) |
| 1.12 TKSS-C 型信号与系统实验箱简介及使用说明 | (28) |
| <b>2 电工、电路与信号系统实验</b>        | (31) |
| 2.1(实验1) 电路基本元件的伏安特性测定       | (31) |
| 2.2(实验2) 基尔霍夫定律              | (33) |
| 2.3(实验3) 叠加定理                | (35) |
| 2.4(实验4) 戴维南定理和诺顿定理          | (36) |
| 2.5(实验5) CCVS 及 VCCS 受控源的研究  | (38) |
| 2.6(实验6) 三表法测量交流电路等效阻抗       | (41) |
| 2.7(实验7) 日光灯电路功率因数的提高        | (42) |
| 2.8(实验8) 互感电路                | (44) |
| 2.9(实验9) RLC 串联谐振            | (47) |

|            |                             |              |
|------------|-----------------------------|--------------|
| 2.10(实验10) | 三相交流电路电压、电流的测量 .....        | (50)         |
| 2.11(实验11) | 三相电路电功率的测量 .....            | (53)         |
| 2.12(实验12) | 线性无源二端口网络的研究 .....          | (55)         |
| 2.13(实验13) | 一阶电路的方波响应 .....             | (58)         |
| 2.14(实验14) | 运算放大器的特性与应用 .....           | (60)         |
| 2.15(实验15) | 回转器的应用 .....                | (63)         |
| 2.16(实验16) | 50 Hz 非正弦周期信号的分解与合成 .....   | (64)         |
| 2.17(实验17) | 无源和有源滤波器 .....              | (67)         |
| 2.18(实验18) | 二阶网络函数的模拟 .....             | (70)         |
| 2.19(实验19) | 抽样定理 .....                  | (73)         |
| 2.20(实验20) | 二阶网络状态轨迹的显示 .....           | (75)         |
| <b>3</b>   | <b>模拟电路实验 .....</b>         | <b>(79)</b>  |
| 3.1        | 电子技术实验中基本电量(电压、电流)的测量 ..... | (79)         |
| 3.1.1      | 电压的测量 .....                 | (79)         |
| 3.1.2      | 电流的测量 .....                 | (82)         |
| 3.2        | 模拟电路实验 .....                | (82)         |
| 3.2.1      | 电子学认识实验 .....               | (82)         |
| 3.2.2      | 晶体管的特性及主要参数的测试 .....        | (85)         |
| 3.2.3      | 共射极单管放大电路 .....             | (88)         |
| 3.2.4      | 两级阻容耦合放大电路 .....            | (91)         |
| 3.2.5      | 场效应管放大电路 .....              | (93)         |
| 3.2.6      | 负反馈放大电路 .....               | (94)         |
| 3.2.7      | 差动放大电路 .....                | (96)         |
| 3.2.8      | RC 正弦波振荡器 .....             | (98)         |
| 3.2.9      | 信号处理电路 .....                | (99)         |
| 3.2.10     | 整流、滤波、稳压电路 .....            | (101)        |
| <b>4</b>   | <b>数字电路实验 .....</b>         | <b>(104)</b> |
| 4.1(实验1)   | TTL 与非门参数测试 .....           | (104)        |
| 4.2(实验2)   | 集成门电路逻辑功能测试及逻辑变换 .....      | (106)        |
| 4.3(实验3)   | OC 门和三态门的应用 .....           | (109)        |
| 4.4(实验4)   | 组合逻辑电路的设计 .....             | (113)        |
| 4.5(实验5)   | 译码器和编码器 .....               | (116)        |
| 4.6(实验6)   | 半加器、全加器及数据选择器、分配器 .....     | (121)        |
| 4.7(实验7)   | 触发器 .....                   | (126)        |
| 4.8(实验8)   | 计数器及其应用 .....               | (130)        |
| 4.9(实验9)   | 寄存器、移位寄存器及其应用 .....         | (135)        |
| 4.10(实验10) | D/A 和 A/D 转换 .....          | (141)        |

|          |                      |       |
|----------|----------------------|-------|
| <b>5</b> | <b>电子电路仿真及设计</b>     | (146) |
| 5.1      | Multisim 7 基本操作指南    | (146) |
| 5.1.1    | Multisim 7 简介、特点     | (146) |
| 5.1.2    | Multisim 7 的基本界面     | (147) |
| 5.1.3    | Multisim 7 电路的创建     | (154) |
| 5.1.4    | Multisim 7 常用仪器仪表的使用 | (160) |
| 5.2      | Multisim 7 仿真及设计实验实例 | (169) |
| 5.2.1    | RLC 串联谐振             | (169) |
| 5.2.2    | 一阶 RC 电路的暂态响应        | (171) |
| 5.2.3    | 二阶网络函数的模拟            | (176) |
| 5.2.4    | 共发射极放大电路             | (178) |
| 5.2.5    | 差动放大电路               | (184) |
| 5.2.6    | 脉冲波形的产生与变换           | (188) |
| 5.2.7    | 译码器                  | (190) |
| 5.2.8    | 555 定时器的应用           | (192) |
| <b>6</b> | <b>综合设计性实验</b>       | (195) |
| 6.1      | 基本单元电路设计             | (195) |
| 6.2      | 直流稳压电源的设计            | (210) |
| 6.3      | 模拟三相交流信号源的设计         | (213) |
| 6.4      | 函数信号发生器的设计           | (215) |
| 6.5      | 数字钟设计                | (218) |
| 6.6      | 交通信号灯                | (222) |
| 6.7      | 多组竞赛抢答器的设计           | (225) |
| 6.8      | 节日彩灯控制器的设计           | (228) |
| 6.9      | 数据采集系统               | (231) |
| 6.10     | 温度测量仪                | (233) |
| 6.11     | 低频相位计的设计             | (236) |
|          | <b>主要参考文献</b>        | (240) |

## 0

## 绪 论

高等院校培养的大学生既要有坚实的理论基础,又要有过硬的实践操作能力,还要具有一定的实验研究能力、分析计算能力、总结归纳能力和解决各种实际问题的能力。开设并做好必要的实验,是学好理论课程的重要教学辅助环节。

## 0.1 做好课前预习

预习是提高实验课质量的关键,没有预习的学生,不得参加实验。为了能在实验时有清晰的思路,以便主动地有计划地进行实验,对预习提出下列要求:

### 1) 验证性实验

(1) 复习与实验内容有关的理论知识,明确实验目的与原理,了解实验步骤,明确操作方法,记住注意事项。

(2) 完成实验所要求的计算和图表。

(3) 熟悉实验线路及所用仪器的规格、性能及使用方法。

### 2) 设计性实验

(1) 根据题目要求,设计或选用实验电路和测试电路。设计电路时,计算要正确,步骤要清楚,画出的电路要整洁,元器件符号要标准化,数值符合系列标准。

(2) 列出本次实验所选用元器件、仪器、仪表和器材的详细清单。

(3) 拟定详细实验步骤,包括实验电路的调试和测试步骤,设计实验数据记录表格。

## 0.2 实验操作程序

### 1) 实验前

(1) 实验指导老师在实验前检查学生的预习情况,不合格者不准参加实验。

(2) 由实验指导老师讲授本次实验的内容、步骤及注意事项。

(3) 学生到指定的实验台(桌)上核对所需仪器及辅助设备是否齐全,性能是否良好,发现有损坏或不齐全时应及时报告。

(4) 学生了解电源配制情况,了解仪器设备的规格及使用方法。

### 2) 接线原则

按实验原理(接线)图连接实验线路:

(1) 接线要整齐清楚,尽量避免交叉。

(2) 要便于读取数据与操作。

(3) 接线时应先接主要回路,然后接上其他支路(先串联后并联,实验中需改接线或实验完毕都应先断开电源,然后改接或拆除线路)。

(4) 接线要牢固,每个接线柱上不要超过两根连接导线。

### 3) 实验中

(1) 接通电源前,学生必须首先自己检查所接线路是否正确,然后经指导老师检查认可后方可接通电源。

(2) 进行实验操作,观察实验现象,记录实验数据,并将测量数据交老师审阅,发现错误及时重做。

(3) 实验中要改接线路时,必须在断开电源后进行;线路改接好后,也应严格检查方准接通电源。

(4) 发现异常气味或危险现象等不正常的情况时必须立即断开电源,保持原状,并报告指导老师处理,不得私自调换或改接线路。只有找出并排除故障后,方可继续进行实验。

(5) 测量数据和调整仪器要注意人身安全和设备的安全,对 220 V 以上的市电进行操作时,要特别小心,以免发生触电事故。

### 4) 实验后

(1) 实验完毕后断开电源,实验设备经指导老师检查清点后拆线并做好仪器设备、实验台(桌)和环境的清理工作。

(2) 实验原始记录必须经指导老师签字。

(3) 认真填写《仪器设备使用情况记载簿》,并经指导老师签字认可。

## 0.3 电路故障检查

故障是不可避免的电路异常工作状态。分析、寻找和排除故障是电气工程人员必备的实践技能。

### (1) 直接观察法

首先检查仪器的选用和使用是否正确;电源电压的等级和极性是否符合要求;电解电容的极性、二极管和三极管的管脚、集成电路的引脚有无错接、漏接、互碰等情况;布线是否合理;电阻、电容有无烧焦和炸裂等,然后再用万用表欧姆挡,对照实验原理图,对每个元件及连接导线逐一进行检查,根据被查点的电阻大小找出故障点。

### (2) 信号寻迹法

对于各种较复杂的电路,可在输入端接入一个一定幅值、适当频率的信号(例如,对于多级放大电路,可在其输入端接入 $f=1\ 000\text{ Hz}$ 的正弦波信号),用示波器由前级到后级(或者相反),逐级观察波形及幅值的变化情况,如哪一级异常,则故障就在该级。这是深入检查电路的方法。

### (3) 对比法

怀疑某一电路存在问题时,可将此电路的参数与工作状态和相同的正常电路的参数(或理论分析的电流、电压、波形等)一一进行对比,从中找出电路中的不正常情况,进而分析故障原因,判断故障点。

### (4) 旁路法

若有寄生振荡现象,可以利用适当容量的电容器,选择适当的检查点,将电容临时跨接在检查点与参考接地点之间,如果振荡消失,就表明振荡是产生在此附近或前级电路中。否则就在后面,再移动检查点进行寻找。

应该指出的是,旁路电容容量要适当,不宜过大,只要能较好地消除有害信号即可。

#### (5) 短路法

就是采取临时性短接一部分电路来寻找故障的方法。短路法对检查断路性故障最有效。但要注意对电源是不能采用短路法的。

#### (6) 断路法

可以采取依次断开电路的某一支路的办法来检查故障。如果断开该支路后,电路恢复正常,则故障就发生在此支路。断路法用于检查短路故障最有效,也是一种逐步缩小故障怀疑点范围的方法。

## 0.4 误差分析处理

测量结果和待测量的客观真值之间存在的差别即测量误差。

### 1) 误差的表示方法

#### (1) 绝对误差

设被测量的真值为  $X_0$ , 测量仪器的示值为  $X$ , 则绝对误差为

$$\Delta X = X - X_0$$

#### (2) 相对误差

相对误差是用绝对误差  $\Delta X$  与被测量的真值  $X_0$  的比值的百分数来表示的, 记为

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} \times 100\%$$

#### (3) 引用误差

绝对误差  $\Delta X$  与仪器的满刻度值  $X_N$  之比的百分数来表示的相对误差, 则称引用相对误差, 即

$$\gamma_N = \frac{\Delta X}{X_N} \times 100\%$$

电工仪表的准确度等级就是由  $\gamma_N$  决定的, 如 1.0 级的电表, 表明  $\gamma_N \leq \pm 1.0\%$ 。我国常用电工仪表分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七级。因此, 当我们使用这类仪表进行测量时, 一般应使被测量的值尽可能在仪表满刻度值的二分之一以上。

### 2) 测量误差的处理

#### (1) 系统误差

是指在相同条件下重复测量同一量时, 误差的大小和符号保持不变, 或按照一定的规律变化的误差。为了减小或消除系统误差, 应配备性能优良的仪器并定时对测量仪器进行校准。

#### (2) 随机误差

在相同条件下多次重复测量同一量时, 误差大小和符号无规律的变化误差称为随机误差。随机误差不能用实验方法消除。但可通过多次重复测量, 然后取其算术平均值来达到目的。

#### (3) 过失误差

这种误差是由于测量者对仪器不了解、实验过程中粗心导致读数不正确而引起的, 测量

条件的突然变化也会引起粗差。所以应做到:测量过程中认真仔细;反复对被测量进行测量以避免单次误差;改变测量方法或测量仪器后测量同一被测量。

## 0.5 实验报告要求

实验报告是对本次实验课的全面总结,要对实验的目的、原理、设备、任务、数据的分析和处理等方面进行明确的叙述。

(1) 实验报告必须用规定的实验报告册书写,一般情况下,必须完成前一个实验报告,方可做下一个实验。

(2) 实验报告必须整洁,除图表可用铅笔外,一律用钢笔或圆珠笔书写,不得用红笔。

(3) 实验报告内容应有下列各项:

① 预习报告。

② 实验目的和要求。

③ 实验所用仪器或器材(需写明名称、规格、编号)。

④ 实验电路图(要用直尺和其他工具作图,特别要注意交接点的圆点)。

⑤ 实验的具体步骤、实验原始数据及实验过程的详细情况记录,实验结果的数据记录表格以及实验数据的处理过程(必须注明实验条件,数据要注明量程和单位)。

⑥ 波形的绘制:必须注明坐标及时间的对应关系和波形的名称。

⑦ 曲线的制作:必须注明函数关系及实验条件,坐标轴应注明单位,尤其是对数坐标要取正确,如一个图上同时要画几条曲线时,应分别指示相应的坐标,曲线应尽量布满全图,不要过大或过小,并且要用曲线板画工整。

⑧ 实验结果的必要分析和问题的讨论必须引用实验中的数据与观察到的现象来说明,反对不用具体数据而空谈理论。

⑨ 回答实验思考题。

⑩ 实验报告不符合要求的要退回修改或重做,并限时完成。

# 1 常用电工、电子实验仪器设备的使用

## 1.1 YB1718 型三路直流稳压电源

### 1) 主要技术特性

- (1) 输出电压:  $0 \sim 32 \text{ V}$  (双路);  $5 \text{ V}$  固定输出 (第三路)。
- (2) 最大输出电流:  $2 \text{ A}$  (双路)。
- (3) 负载效应:  $\text{CV} - 5 \times 10^{-4} + 2 \text{ mV}$ ;  $\text{CC} - 20 \text{ mA}$ 。
- (4) 源效应:  $\text{CV} - 1 \times 10^{-4} + 2 \text{ mV}$ ;  $\text{CC} - 1 \times 10^{-4} + 5 \text{ mA}$ 。
- (5) 纹波及噪声:  $\text{CV} - 1 \text{ mVrms}$ ;  $\text{CC} - 1 \text{ mArms}$ 。
- (6) 输出调节分辨率:  $\text{CV} - 20 \text{ mV}$ ;  $\text{CC} - 50 \text{ mA}$ 。
- (7) 跟踪误差:  $\pm 1\% \ 10 \text{ mV}$ 。
- (8) 指示仪表精度: 2.5 级。
- (9) 电源电压:  $220 \text{ V} \pm 22 \text{ V}$ ; 频率:  $50 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$ 。
- (10) 工作温度:  $0^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ 。
- (11) 相对湿度:  $< 80\%$ 。

### 2) 面板图

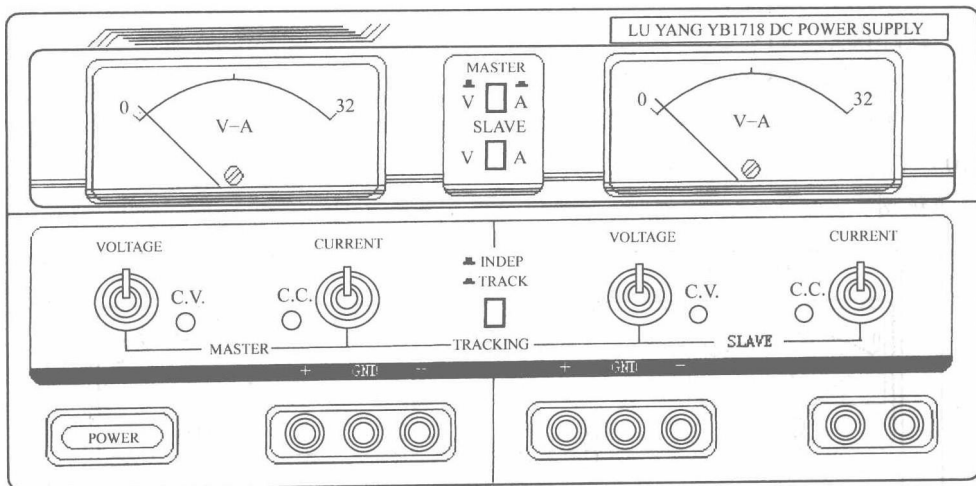


图 1.1 YB1718 型三路直流稳压电源

### 3) 使用说明

- (1) 图 1.1 中 YB1718 型三路直流稳压电源面板控制功能说明:

电压表/电流表头

指示输出电压/输出电流

电压调节 (VOLTAGE) 旋钮

调整恒压输出值

电流调节 (CURRENT) 旋钮

调整恒流输出值

跟踪/独立工作 (TRACK/INDEP) 按键

串联跟踪/非跟踪工作选择

接地端 (GND)

机壳接地接线柱

(2) 使用方法:

- ① 图 1.1 中面板上面的“MASTER”按键为主(左)路仪表指示功能选择,按下时,指示该路输出电流,否则指示该路输出电压,中间为从(右)路按键“SLAVE”,功能与主路相同。
- ② 下面的按键是跟踪/独立选择开关 (TRACK/INDEP),按下此按键后,再在左路输出负端至中路输出正端之间连接一短导线,开启电源开关后,整机工作在主一从跟踪状态。此时从路的输出电压随主路而变化,这对于需要对称且可调双极性电源的场合特别适用。
- ③ 串联工作或串联跟踪工作时可输出 0 ~ 64 V、0 ~ 2 A 或 0 ~ 32 V、0 ~ 2 A 的单极性或双极性电源,此时两路的四个输出端子原则上只允许有一个端子与机壳地相连。
- ④ 当表头指针偏离机械零点时,可调节面板上表头下方的机械零点旋钮使之恢复。

1.2 YB1732C2A 型三路直流稳压电源

1) 主要技术指标

- (1) 输出电压:0 ~ 30 V (双路);5 V (固定输出)。
- (2) 输出电流:0 ~ 2 A (双路);2 A (固定输出)。
- (3) 负载效应:CV— $5 \times 10^{-4} + 2 \text{ mV}$ ;CC—20 mA。
- (4) 源效应:CV— $1 \times 10^{-4} + 0.5 \text{ mV}$ ;CC— $1 \times 10^{-3} + 5 \text{ mA}$ 。
- (5) 纹波及噪声:CV—1 mVrms;CC—1 mArms。
- (6) 输出调节分辨率:CV—20 mV;CC—30 mA。
- (7) 跟踪误差:±1%。
- (8) 显示精度:2.5 级。
- (9) 电源电压:AC 220 V ± 22 V;频率:50 Hz ± 2 Hz。
- (10) 工作温度:0 °C ~ +40 °C。

2) 面板图

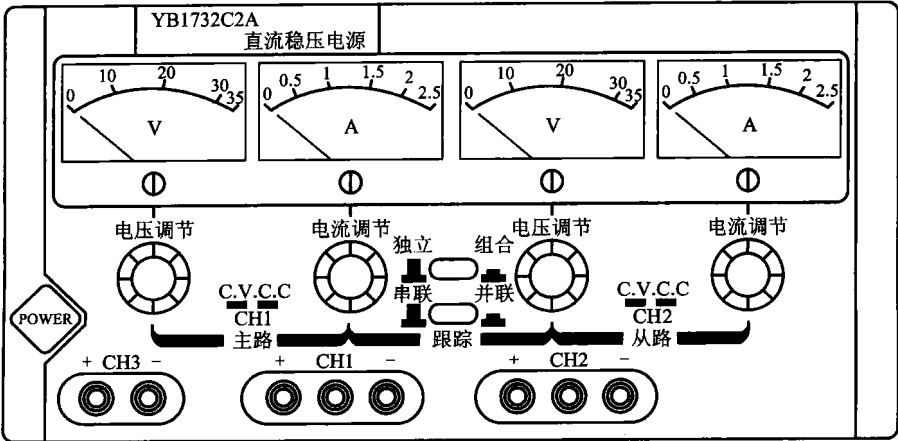


图 1.2 YB1732C2A 型三路直流稳压电源

3) 面板操作键名称及功能说明(图 1.2)

- (1) 电源开关(POWER):将电源开关按键弹出即为“关”位置;按下电源开关即接通电源。
- (2) 电压调节旋钮(VOLTAGE):主路及从路电压调节旋钮,顺时针调节,电压由小变大;逆时针调节,电压由大变小。
- (3) 电流调节旋钮(CURRENT):主路及从路电流调节旋钮,顺时针调节,电流由小变大;逆时针调节,电流由大变小。
- (4) 恒压指示灯(C.V):主路及从路处于恒压状态时,C.V 指示灯亮。
- (5) 恒流指示灯(C.C):主路及从路处于恒流状态时,C.C 指示灯亮。
- (6) 输出端口(CH3):固定 5 V 输出端口。
- (7) 输出端口(CH1):主路(CH1)输出端口。
- (8) 输出端口(CH2):从路(CH2)输出端口。
- (9) 显示窗口:从左向右为主路(CH1)电压显示窗口、主路(CH1)电流显示窗口、从路(CH2)电压显示窗口、从路(CH2)电流显示窗口。
- (10) 电源独立/组合控制开关:此开关弹出,两路可分别独立使用。开关按入,电源进入跟踪状态。
- (11) 电源串联/并联选择开关:独立/组合开关按入,串联/并联开关弹出,为串联跟踪,此时调节主电源电压调节旋钮,从路输出电压严格跟踪主路输出电压,使输出电压最高可达两路电压的额定值之和。独立/组合开关和串联/并联开关都按入,为并联跟踪,此时调节主电源电压调节旋钮,从路输出电压严格跟踪主路输出电压;调节主电源电流调节旋钮,从路输出电流跟踪主路输出电流,使输出电流最高可达两路电流的额定值之和。

1.3 MF-47 型万用表

1) 技术性能(见表 1.1)

表 1.1 仪表的测量范围及精度等级

| 量限范围 |                                                                               | 灵敏度及电压降    | 精度       | 误差表示方法         |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----------------|
| 直流电流 | 0~0.05 mA~0.5 mA~5 mA<br>~50 mA~500 mA~5 A                                    | 0.3 V      | 2.5      | 以上量限的<br>百分数计算 |
| 直流电压 | 0~0.25 V~1 V~2.5 V~10 V~50 V<br>~250 V~500 V~1 000 V~2 500 V                  | 20 000 Ω/V | 2.5<br>5 | 以上量限的<br>百分数计算 |
| 交流电压 | 0~10 V~50 V~250 V<br>(45~65~5 000 Hz)<br>~500 V~1 000 V~2 500 V<br>(45~65 Hz) | 4 000 Ω/V  | 5        | 以上量限的<br>百分数计算 |

续表 1.1

| 量限范围          |                                                                                        | 灵敏度及电压降                                 | 精度  | 误差表示方法           |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|------------------|
| 直流电阻          | $R \times 1; R \times 10; R \times 100$<br>$R \times 1\text{ k}; R \times 10\text{ k}$ | $R \times 1$ 中心刻度为<br>$16.5\ \Omega$    | 2.5 | 以标度尺弧长的<br>百分数计算 |
|               |                                                                                        |                                         | 10  | 以指示值的<br>百分数计算   |
| 音频电平          | $-10\text{ dB} \sim +22\text{ dB}$                                                     | $0\text{ dB} = 1\text{ mW}/600\ \Omega$ |     |                  |
| 晶体管直流<br>放大倍数 | $0 \sim 300\ h_{FE}$                                                                   |                                         |     |                  |
| 电感            | $20 \sim 1\ 000\text{ H}$                                                              |                                         |     |                  |
| 电容            | $0.001 \sim 0.3\ \mu\text{F}$                                                          |                                         |     |                  |

2) 面板图(图 1.3)

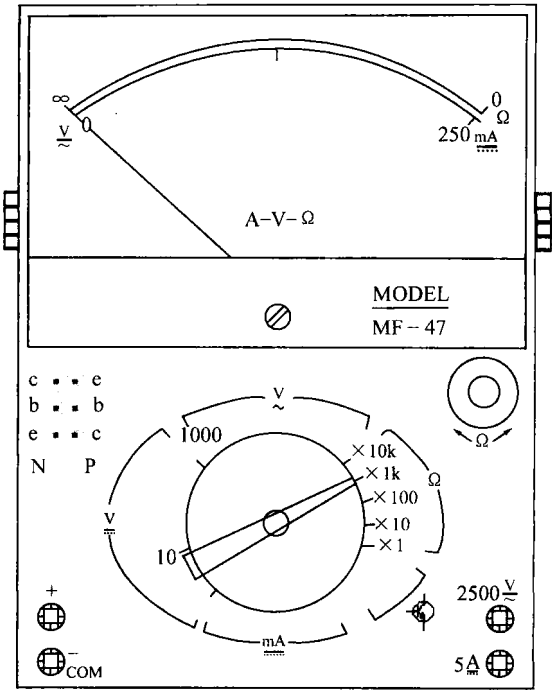


图 1.3 MF-47 型万用表面板

3) 使用方法

- (1) 使用前应检查表头指针是否指在机械零位上,如不指在零位时,可旋转表盖上的调零器使指针指示在零位上。
- (2) 将红黑测试表棒分别插入“+”、“-”插座中,如测量交、直流 2 500 V 或直流 5 A 时,红表棒则应分别插入标有“2 500 V”或“5 A”的插座中。
- (3) 直流电流的测量:测量 0.05 ~ 500 mA 时,转动开关至所需电流挡;测量 5 A 时,转动开关可放在 500 mA 直流电流量限上而后将测试棒串接于被测电路中。

(4) 交、直流电压的测量:测量交流 10 ~ 1 000 V 或直流 0.25 ~ 1 000 V 时,转动开关至所需电压挡。测量交、直流 2 500 V 时,转动开关应分别旋至交流 1 000 V 或直流 1 000 V 位置上,而后将测试棒跨接于被测电路两端。

(5) 直流电阻的测量:装上电池(1.5 V 二号电池及 9 V 层叠电池各一只),转动开关至所需测量的电阻挡,将红黑测试表棒两端短接,调整零欧姆调节旋钮,使指针对准欧姆挡“0”位上,再将测试表棒分开测量未知电阻的阻值。如短路测试时调整零欧姆调节旋钮不能使指针对准欧姆挡“0”位上,则表示电池电压不足,应尽早取出并更换新电池。

测量电路中的电阻时,应先切断电源,如电路中有电容则应先行放电。

(6) 音频电平测量:测量方法与测量交流电压相似,转动开关至相应的交流电压挡,并使指针有较大的偏转。

音频电平刻度是根据 0 dB = 1 mW、600  $\Omega$  输送线标准而设计的。音频电平( $N$ )与功率、电压的关系是:

$$N = 10 \lg \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = 20 \lg \left( \frac{U_2}{U_1} \right)$$

式中: $P_1$ ——在 600  $\Omega$  负荷阻抗上 0 dB 的标称功率, $P_1 = 1$  mW;

$U_1$ ——在 600  $\Omega$  负荷阻抗上消耗功率为 1 mW 时的相应电压,即

$$U_1 = \sqrt{0.001 \times 600} = 0.775 \text{ V};$$

$P_2$ ——被测功率;

$U_2$ ——被测电压。

音频电平是以交流 10 V 为基准刻度,如指示值大于 +22 dB 时,可在 50 V 以上各量限测量,其示值可按表 1.2 所示值修正。

表 1.2 音频电平测量量限及范围

| 量限(V) | 按电平刻度增加值(dB) | 电平的测量范围(dB) |
|-------|--------------|-------------|
| 10    |              | -10 ~ +22   |
| 50    | 14           | +4 ~ +36    |
| 250   | 28           | +18 ~ +50   |
| 500   | 34           | +24 ~ +56   |

(7) 电容的测量:转动开关至交流 10 V 位置,被测电容串接于任一测试棒,然后跨接于 10 V 交流电压电路中进行测量。

(8) 电感的测量:与电容测量方法相同。

(9) 晶体管直流放大倍数  $h_{FE}$  的测量:先转动开关至 ADJ 位置上,将红黑测试表棒两端短接,调节欧姆电位器,使指针对准 300  $h_{FE}$  刻度线上,然后转动开关至  $h_{FE}$  位置,将要测的晶体管脚分别插入晶体管测试座的 e、b、c 管座内,指针偏转所示数值约为晶体管的直流放大倍数  $\beta$  值。NPN 型晶体管应插入 N 型管孔内,PNP 型晶体管应插入 P 型管孔内。

#### 4) 注意事项

(1) 仪表在测试时,不能旋转开关旋钮。

(2) 测量电路中的电阻阻值时,应将被测电路的电源切断,如果电路中有电容,应先将其放电后才能测量。切勿在电路带电情况下测量电阻。

(3) 测未知量的电压或电流时,应首先选择最高量限,待第一次读取数值后,方可逐渐转至适当位置以取得较准确读数并避免烧坏电路。

(4) 电阻各挡所用干电池应定期检查、更换,以保证测量精度。

(5) 每次使用结束后,应将万用表量程开关置于交流电压最大挡。

(6) 仪表应保持清洁和干燥,以免影响准确度和损坏仪表。

## 1.4 YB1639 型函数信号发生器

### 1) 主要技术性能

#### (1) 频率范围:

|       |                 |
|-------|-----------------|
| 3     | 0.3 ~ 3 Hz      |
| 30    | 3 ~ 30 Hz       |
| 300   | 30 ~ 300 Hz     |
| 3 k   | 300 Hz ~ 3 kHz  |
| 30 k  | 3 ~ 30 kHz      |
| 300 k | 30 ~ 300 kHz    |
| 3 M   | 300 kHz ~ 3 MHz |

(2) 频率调整率:0.1 ~ 1。

(3) 输出波形:正弦波、方波、三角波、TTL 方波、脉冲波、斜波和直流电平。

(4) VCF:约 0 ~ 10 V,输入阻抗约 10 k $\Omega$ 。

#### (5) 电压输出:

- ① 正弦波失真度:0.3 Hz ~ 200 kHz  $\leq 2\%$ 。
- ② 频率响应:0.3 Hz ~ 300 kHz  $\pm 0.4$  dB。
- ③ 三角波非线性:0 ~ 100 kHz  $\leq 1\%$ ; 100 kHz ~ 3 MHz  $\leq 5\%$ 。
- ④ 电压输出幅度:20  $V_{P-P}$ (开路);  
10  $V_{P-P}$ (50  $\Omega$ )。
- ⑤ 直流电平设置: +10 V ~ -10 V(开路);  
+5 V ~ -5 V(50  $\Omega$ )。
- ⑥ 占空比:20% ~ 80%。
- ⑦ 对称度:20% ~ 80%。
- ⑧ 对称度对频率响应:  $\pm 20\%$ 。
- ⑨ 方波上升时间:  $\leq 80$  ns。
- ⑩ 衰减精度:20 dB  $\pm 3\%$ ;  
40 dB  $\pm 3\%$ ;  
60 dB  $\pm 3\%$ 。

#### (6) TTL 输出:

- ① TTL 方波上升、下降时间:  $\leq 25$  ns。
- ② TTL 方波幅度:  $\geq +3$  V,可接 20 个 TTL 负载。

#### (7) 功率输出:

- ① 频率范围:0.3 Hz ~ 30 kHz。