



教育部
高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及自动化类专业)

电子技术 实验与实训

主编 王海群



教育部高等职业教育示范专业规划教材
(电气工程及自动化类专业)

电子技术实验与实训

主 编 王海群
副主编 高桂革 徐琤颖
主 审 沈任元

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书分为三大部分。其中第一部分为实验技术知识,介绍了常用电子仪器的使用、常用电子元器件的识别与检测以及典型电路故障检测;第二部分为实验课题,包括了模拟电子技术实验和数字电子技术实验,其中分别又编写了基础实验、验证与设计实验、综合实训电路等;第三部分为电子技术课程设计课题。全书注重理论和实验的有机结合,通过循序渐进的实验与实训,使学生在实验中更牢固地掌握所学的理论知识、提高实际动手能力。

本教材可供高职高专的自动化类、电气工程类、电子信息类和计算机类等有关专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与实训/王海群主编. —北京:机械工业出版社, 2005.6

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 电气工程及自动化类专业

ISBN 7-111-16495-4

I. 电... II. 王... III. 电子技术—实验—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 040687 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:于宁 版式设计:冉晓华 责任校对:罗莉华

封面设计:鞠杨 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$ · 11.75 印张 · 287 千字

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材是根据高职高专培养目标,并结合教学实际编写的实验与实训教材,可供高职高专的自动化类、电气工程类、电子信息类和计算机类等有关专业教学使用。

在编写过程中,结合多年的教学经验,借鉴国内外各高等院校的教材,由浅入深、由易到难、循序渐进,旨在加强学生实验基本技能的训练,激发学生对本课程的学习兴趣和学习积极性,培养和提高学生的创新意识和实际动手能力。

本教材共分三篇。第一篇为实验技术知识,第二篇为实验课题,第三篇为电子技术课程设计课题。教材通过基础实验、验证性实验,可以使學生加深對理論知識的理解,學會電子測量的方法,掌握常用電子儀器的應用。通過設計性實驗和綜合實訓,可以充分調動學生的積極性和創造性,培養學生的創新能力,提高學生綜合運用理論知識的能力、獨立分析問題和解決問題的能力。

本教材由王海群主編,高桂革、徐瑋穎為副主編,白潔、萬琰、張潔等參加編寫工作。具體編寫分工如下:王海群(上海電機學院)編寫緒論、第一篇的第一章和第二章的第四節、數字電子技術實驗、數字電路的綜合實訓、附錄;高桂革(上海電機學院)編寫第一篇的第二章的第一~三節、模擬電子技術實驗部分;徐瑋穎(天津中德職業技術學院)編寫典型電子電路的故障和檢測、第三篇電子技術課程設計課題;白潔(陝西工業職業技術學院)編寫印制電路板的制作、模擬電子技術綜合實訓;萬琰(漯河職業技術學院)編寫常用電子元器件的識別和檢測;張潔(上海電機學院)編寫場效應晶體管放大電路實驗、兩級阻容耦合放大電路實驗。全書由王海群統稿。

本教材由上海電機學院的沈任元老師擔任主審,他對教材進行了認真負責、細致全面的審閱,提出了諸多寶貴的意見和建議。上海交通大學的蘇中義教授、上海電機學院的成葉琴老師審閱了全部內容,並提出了許多意見和修改建議。在此向以上各位同志表示最衷心的感謝。

由於編者水平所限,書中難免存在錯誤和不足之處,敬請讀者批評指正。

編 者

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一篇 实验技术知识

第一章 电子测量基本知识	3	第二节 印制电路板的设计过程 与方法	42
第一节 电子测量技术	3	第三节 表面安装技术 SMT	53
第二节 测量误差	4	第五章 典型电子电路的故障 和检测	56
第三节 测量数据的处理	5	第一节 模拟电路一般故障的检查 和排除	56
第二章 常用电子仪器	8	第二节 整流滤波电路故障的检查 和排除	57
第一节 功率函数信号发生器(DF1631)	8	第三节 数字电路一般故障的检查 和排除	58
第二节 双通道交流毫伏表(DF2172B)	10	第四节 组合逻辑电路故障的检测 实例	60
第三节 直流稳压电源(XJ-W302.2)	11	第六章 实验和课程设计报告 的书写格式	62
第四节 双通道示波器(DF4320)	14	第一节 实验报告的书写格式	62
第三章 常用电子元器件的识别 和检测	24	第二节 课程设计报告的书写格式	62
第一节 电阻器	24		
第二节 电容器	28		
第三节 微型继电器	32		
第四节 半导体二极管	34		
第五节 半导体三极管	37		
第四章 电子电路的安装与制作	41		
第一节 电子电路在面包板上的安装	41		

第二篇 实验课题

第七章 模拟电子技术实验	64	实验四 分压偏置式共射放大电路 的静态测试	74
第一节 常用电子仪器的使用	64	实验五 分压偏置式共射放大电路 的动态测试	75
实验一 功率函数发生器、电子毫伏表、 直流稳压电源的使用	64	实验六 负反馈放大电路的测试	79
实验二 示波器的使用	65	第三节 模拟电路的验证实验	81
第二节 模拟电路的基础实验	68	实验一 二极管构成的电路及测量	81
实验一 模拟电路的认识实验——放大 电路的连接和测试	68	实验二 三极管电流分配关系 的测量	84
实验二 常用电子元器件的识别 与测量	71	实验三 固定偏置共射放大电路的连接 及测量	85
实验三 全波整流、滤波电路的连接 和测量	72	实验四 共集放大电路(射极输出器)	

的测试	86	实验三 计数器	120
实验五 两级阻容耦合放大电路	87	第二节 数字电路的验证和设计实验 ...	123
实验六 差动放大电路的测试	88	实验一 数字电路的认识实验	123
实验七 场效应晶体管放大电路	91	实验二 逻辑门电路的功能测试	124
实验八 运算放大器线性应用电路的 连接及测试——比例、加法、 减法运算电路	92	实验三 逻辑函数的化简与转换	127
实验九 积分、微分运算电路的组建 和测试	94	实验四 组合逻辑电路的设计	130
实验十 运算放大器的非线性应用 ——电压比较器	96	实验五 数据选择器和数据分配器 ...	131
实验十一 运算放大器的非线性应用 ——波形发生器	100	实验六 数字比较器	133
实验十二 功率放大电路的测试	101	实验七 加法电路及应用	134
实验十三 运算放大器构成的 RC 振荡 电路的测试	102	实验八 触发器逻辑功能的测试	136
实验十四 三端可调集成稳压电源的 组装与调试	104	实验九 寄存器及其应用	137
第四节 模拟电子技术综合实训	105	实验十 计数器及其应用(一)	140
实训一 超外差式收音机的装配 调试	105	实验十一 计数器及其应用(二)	141
实训二 电调谐微型 FM 收音机的组装 与调试	110	实验十二 脉冲波形的测量	142
第八章 数字电子技术实验	116	实验十三 时序逻辑电路的综合 设计	143
第一节 数字电路的基础实验	116	实验十四 多谐振荡器的应用	143
实验一 集成逻辑门电路的测试	116	实验十五 555 定时器的应用	145
实验二 编码器与译码器	118	实验十六 D/A、A/D 转换器	146
		第三节 数字电路的综合实训	151
		实训一 电子转盘游戏电路	151
		实训二 反应测试电路	152
		实训三 水位报警电路	153
		实训四 随机掷数发生电路	154
		实训五 八路智力竞赛抢答器	155
		实训六 数字动态扫描显示电路	156

第三篇 电子技术课程设计课题

课题一 声控闪光电路	158	面板示意图	168
课题二 智力竞赛抢答器	159	附录 B 电工、电子电路实验箱 使用说明书	169
课题三 限压报警电路	161	附录 C 常用集成电路器件的引脚排列 和输入、输出	170
课题四 有线对讲机电路	163	参考文献	181
课题五 数控步进电动机	165		
附录	168		
附录 A 便携式电工、电子电路实验箱			

绪 论

本教材包括电子技术实验、电子电路实训和电子技术课程设计等内容，是电子技术的一个重要实践性教学环节，着重于学生动手能力、解决实际问题的能力以及创新意识的培养。

一、电子技术实验的基本要求

通过本课程的学习与训练，学生应具备以下技能。

- (1) 能够正确熟练使用万用表、信号发生器、示波器、电子毫伏表等常用电子仪器。
- (2) 能够正确选用和检测电阻、电容、二极管和三极管等常用电子元器件。
- (3) 能够正确连接、调试实验电路，并检测和排除实验电路故障，具备独立分析问题、解决问题的能力。

- (4) 能够观察和分析实验现象，并准确测量、记录实验数据。
- (5) 能够正确处理实验数据，绘制实验曲线，并分析实验结果，撰写实验报告。
- (6) 能够读懂基本电子电路，具备分析电子电路的能力。
- (7) 能够设计、安装和调试具有一定功能的电路。

二、电子技术实验的分类

按照目的和要求，电子技术实验与实训可分为以下几类。

1. 基础实验 通过基础实验使学生掌握电子技术中必需的基本理论知识和实验技能。
2. 验证实验 通过对电子技术理论课程中某些内容进行实验验证，使学生进一步巩固掌握所学的理论知识，熟悉常用电子仪器的使用、基本测量方法。
3. 基本设计实验 根据设计要求，设计基本的单元电路，培养学生运用所学理论知识的能力、解决实际问题的能力。
4. 综合性实验 综合性实验又包括综合实训和电子技术课程设计。在上述三类实验的基础上，综合运用理论知识，通过查阅资料，提出设计方案，选择电子元器件，并安装、调试电路，充分调动学生的积极性、创造性，培养学生设计能力和创新意识。

三、电子技术实验的基本程序

实验一般包括实验准备、实验操作和实验总结三个环节。

1. 实验准备

- (1) 认真阅读实验的内容、实验所涉及的有关理论知识，明确实验的目的和要求。
- (2) 根据课题要求，完成电路的设计，并注意电路的正确性和完整性。
- (3) 准备好实验所用的元器件。
- (4) 拟订详细的实验步骤，包括实验电路的调试步骤、测试方法等，设计实验的数据记录表格等。

2. 实验操作

- (1) 检查所用的电子仪器是否能正常工作，如有问题向实验室老师提出，并予以及时解决。
- (2) 连接线路、检查线路，确保实验线路的正确性。

(3) 调试实验线路，并测量、记录实验数据和实验过程中自己的思考。

(4) 在实验过程中，注意要先关闭电源再进行拔、插或焊接电子器件。

3. 实验总结 完成实验之后，认真整理、处理分析实验数据，列出数据表格，画出实验曲线，分析实验结果，按照一定的格式撰写实验报告。

第一篇 实验技术知识

第一章 电子测量基本知识

广义地讲,凡是利用了电子技术的测量都可以称为电子测量。狭义地讲,电子测量是指对电学量的测量,其基本内容如下:

- (1) 电能量的测量。包括各种信号的频率、波形的电压、电流等的测量。
- (2) 电信号特性的测量。包括波形、频率、时间、相位、噪声以及逻辑状态等的测量。
- (3) 电路参数的测量。包括阻抗、品质因数、电子器件参数等的测量。
- (4) 导出量的测量。包括增益、失真度、调幅度等的测量。
- (5) 特性曲线的显示。包括幅频特性及器件特性等的测量。

第一节 电子测量技术

一、电子测量的方法

电子测量的方法很多,常见的分类主要有如下几种。

1. 根据测量量的性质划分

(1) 频域测量。频域测量是利用模拟电路和模拟信号实现模拟信号与频率关系的测量。电路的幅频特性、传输特性的测量以及信号的频谱分析等都属于频域测量。

(2) 时域测量。时域测量用于观察电路的瞬变过程及瞬态特性,如上升时间、下降时间、周期和脉宽等。

(3) 数据域测量。数据域测量是指在测量系统中,信息传输、处理、变换、系统的响应及测量结果的显示均采用数字技术。激励信号、响应和测量结果都用有限个离散信号来表达,通常以高低电平或逻辑值“0”、“1”来表示。

2. 根据测量的方法论划分

(1) 直接测量。直接测量方法是指直接从仪器上得到被测量的量值的测量方法。使用这种方法不需要运用函数关系来计算测量的结果,因此直接测量简单、方便。例如用电压表测量稳压电源的工作电压。

(2) 间接测量。间接测量是指利用被测量和测量的量之间已知的函数关系,间接得到被测量的量值的测量方法。例如欲测量放大电路的电压放大倍数 A_u , 先测量输出电压 U_o 和输入电压 U_i , 然后由 $A_u = \frac{U_o}{U_i}$ 算出 A_u 。

(3) 组合测量。组合测量是兼用直接测量和间接测量的测量方法。测量时,将被测量量

与另外几个测量量组成联立方程,求得被测量的大小。

二、选择测量方法的原则

在选择测量方法时,应首先研究被测量本身的特性及所需要的精确程度、环境条件及所具有的测量设备等因素,综合考虑后,再确定采用哪种测量方法和哪些测量设备。

测量方法的选择得当,可以得到准确测量结果。否则,即便使用高性能的仪器也得不到正确的测量数据,而且还有可能损坏测量仪器、仪表以及被测元器件或设备。

第二节 测量误差

测量的目的就是要获得被测量的真实值。但在测量中,由于测量设备的不准确、测量方法的不合理、测量环境的变化以及测量工作中的疏忽或错误等原因,总会使测量结果与其真实值有所不同,这个差异就称为测量误差。

一、测量误差的来源

误差是各种因素综合作用的结果。测量误差的来源主要有以下几个方面。

1. 理论误差与方法误差 由于测量时所依据的理论不严密或使用了不适当的简化,用近似公式或以近似值计算测量结果时所引起的误差,称为理论误差。由于测量方法不合理所造成的误差称为方法误差。

2. 仪器误差 由于仪器本身及其附件的电气、机械等性能不完善所造成的误差,称为仪器误差。例如,由于元器件老化、环境温度、湿度等原因造成仪器、仪表偏离正常工作状态而使测量出现误差。

3. 影响误差 由于各种环境因素与要求的条件不一致所造成的误差称为影响误差,也称为环境误差。例如,由于电源电压、电磁场和大气压强等因素的影响,造成测量的误差。

4. 人为误差 在测量过程中,由于测量者运用的测量方法不合理、操作不正确以及测量者分辨能力、反应速度等生理因素而引起的误差,称为人为误差。

二、误差的表示方法

1. 绝对误差 绝对误差 Δx 是指被测量值 x 与测量的真实值 x_0 之间的差值:

$$\Delta x = x - x_0$$

Δx 的值越小,测量的误差就越小,即测量的结果越准确。

2. 相对误差 测量不同大小的参数时,用绝对误差难以比较测量结果的准确程度,因此需要用相对误差来描述测量的准确程度。相对误差是绝对误差与约定值的比值,通常用百分数、分数的形式来表示。约定值可以是实际值 x_0 、示值 x 或仪器量程的满度值 x_m 。

实际相对误差 γ_0 为: $\gamma_0 = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$

示值相对误差 γ_x 为: $\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$

满度相对误差 γ_m 为: $\gamma_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\%$

例 1-1-1 某电压表的量程为 100V,测真实值为 80V 的电压时电压表指示为 81V,测量 20V 电压时指示为 19.2V。求绝对误差、实际相对误差、满度相对误差。

解: 绝对误差

$$\Delta x_1 = (81 - 80)V = 1V$$

$$\Delta x_2 = (19.2 - 20)V = -0.8V$$

$$\gamma_{01} = \frac{81 - 80}{80} \times 100\% = \frac{1}{80} \times 100\% = 1.25\%$$

$$\gamma_{02} = \frac{19.2 - 20}{20} \times 100\% = \frac{-0.8}{20} \times 100\% = -4\%$$

$$\gamma_{m1} = \frac{81 - 80}{100} \times 100\% = 1\%$$

$$\gamma_{m2} = \frac{19.2 - 20}{100} \times 100\% = \frac{-0.8}{100} \times 100\% = -0.8\%$$

三、误差的分类

根据测量误差的性质和特点, 可以将测量误差主要分为以下几类。

1. 系统误差 系统误差是指在相同的条件下多次测量同一量值时, 误差的大小和符号保持不变, 或指测量条件改变时按一定规律变化的误差。系统误差一般可以通过分析查明产生误差的原因, 所以这种误差是可以预测的, 也是可以减少和消除的。

2. 随机误差 随机误差是指在相同的条件下多次测量同一量值时, 误差的大小和符号无规律的变化, 它又称为偶然误差。随机误差是由那些对测量值影响较微小, 又互不相关的多种因素共同造成的。

从统计学的观点分析, 随机误差的分布接近正态分布, 也有少数是均匀分布和其他分布。因而可以通过对多次测量值取得算术平均值的方法来削弱随机误差对测量结果的影响。

当对某一被测量值进行测量次数为 n 的等精密测量时, 得到测量值 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。其算术平均值 $\bar{x}$ 为:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

当测量次数 $n \rightarrow \infty$ 时, 测量值的均方根差 $\sigma(x)$ 为:

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3. 粗大误差 在测量条件一定的情况下, 测量值明显偏离实际值所形成的误差称为粗大误差。粗大误差是一种过失误差, 它往往是由于测量者操作不正确或疏忽等原因引起的。凡是含有粗大误差的测量数据称为坏值, 应予以剔除。

第三节 测量数据的处理

数据处理就是从测量所得的原始数据中求出被测量的最佳估值, 并计算其准确程度。通过误差分析, 对测量数据进行计算、分析、整理, 得出科学的结论, 有时还要把测量数据绘制成曲线或归纳成经验公式。

一、测量数据的数字处理

1. 有效数字及其取舍原则

(1) 有效数字。有效数字是指从左边第一个不为零的数字起, 直到右边最后一个数字为止的所有数字。

在测量过程中,由于测量仪器仪表、测量条件等原因,所以测得的数据总是近似值,它通常由可靠数字和欠准数字两部分组成。欠准数字是指有效数字中含有误差的最低位数字,可靠数字则是除欠准数字之外的其他有效数字。例如,测得某电压为 3.15V,该数字为三位有效数字,其中“5”为欠准数字,“3”、“1”为可靠数字。又如,测得某电路频率为 0.124kHz,它为三位有效数字,其中“4”为欠准数字,“1”、“2”为可靠数字。

(2) 有效数字的取舍原则。由于数字“5”是数字“1~9”的中间数字,传统的“四舍五入”规则对“5”只入不舍是不合理的。在电子测量中,当用 n 位有效数字表示测量结果时,根据误差的大小,对有效数字后的数字按以下原则进行数字的取舍处理。

1) 若第 $n+1$ 位的数字小于“5”,则将其舍去。

2) 若第 $n+1$ 位的数字大于“5”,则将第 n 位数字加“1”。

3) 若第 $n+1$ 位的数字等于“5”,则该位数字的取舍要取决于第 n 位数字,如果第 n 位数字为偶数,则将第 $n+1$ 位数字舍去;如果第 n 位数字为奇数,则第 n 位数字加 1。这个原则会使第 n 位数字为偶数的概率增加,从而使在后面求平均值时,除尽的概率增加,有利于减少计算中的误差。

例 1-1-2 将下列数据保留 3 位有效数字。

7.234 41.15 3.256 0.005561 0.078432

解: 7.234→7.23

41.15→41.2

3.256→3.26

0.005561→ 5.56×10^{-3}

0.078432→ 7.84×10^{-2}

二、测量数据的曲线处理

分析两个或两个以上物理量之间的关系,通常用曲线表示,因为曲线表示比用数字、表格和公式表示更为形象、直观。例如二极管、三极管的伏安特性曲线、与非门的电压传输特性曲线等等,都是以曲线的方式直观地描述了这些器件的特性。

在实际测量过程中,由于各种误差的影响,测量数据会有一些的离散性,如果按照实际的测量数据直接作出曲线,则是一条不光滑、波动的曲线,如图 1-1-1 (虚线)所示。

我们可以利用有关的误差理论,把各种随机因素所引起的曲线波动抹平,使其成为一条光滑均匀的曲线,这个过程称为曲线的修正。

在要求不高的测量中,可以采用一种简便可行的工程方法——分组平均法。将测量数据分成若干组,每组可以含有 2~4 个数据,然后分别取各组的几何重心,将这些重心连接起来,组成一条比较光滑的曲线,如图 1-1-1 (实线)所示。由于这种曲线进行了数据平均,在一定程度上减少了偶然误差的影响,较为符合实际情况。

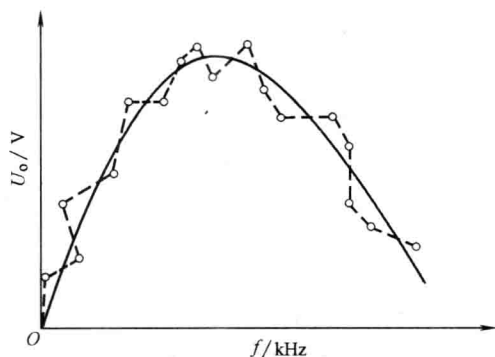


图 1-1-1 实验测量数据的曲线处理

三、电子技术实验测量中的注意事项

(1) 实验前应对实验数据有所估计, 以便及时发现测量数据的谬误。

(2) 若时间允许, 每个数据都应测量几次, 通过比较测量值, 分析引入误差的因素, 尽可能提高测量的准确度。

(3) 由于测量值等于指示值加上误差, 所以要注意测量仪器、元器件的误差范围对测量的影响。测量前, 应掌握测量仪器的误差及校准、维护等情况, 在记录测量数据时, 要注明有关误差, 或决定测量的有效位数。

(4) 正确估计方法误差的影响, 电子技术中采用的理论公式多为近似公式, 这会带来方法误差, 此外选取元器件时参数均用标称值, 与计算出的真实值有一定的差异, 这也将带来实验的误差。因此, 在实验中, 我们还要考虑理论计算值的误差范围。

第二章 常用电子仪器

第一节 功率函数信号发生器(DF1631)

一、概述

本仪器是一种多功能、6 位数字显示的功率函数信号发生器。它能直接产生正弦波、三角波、方波、对称可调脉冲波和 TTL 脉冲波。其中正弦波具有最大为 10W 的功率输出。此外仪器还具有电压控制频率(VCF)的输入控制、直流电平连续调节和频率计外接测频等功能。

二、主要技术特性

1. 频率范围

(1) 电压输出时: $0.2\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$, 分 7 档。

(2) 正弦波功率输出时: $0.2\text{Hz} \sim 200\text{kHz}$ 。

2. 波形 正弦波、三角波、方波、脉冲波。

3. 方波前沿 小于 100ns 。

4. 正弦波

(1) 失真: $(10\text{Hz} \sim 100\text{kHz}) < 1\%$ 。

(2) 频率响应: $(0.2\text{Hz} \sim 100\text{kHz}) \leq \pm 0.5\text{dB}$ ($100\text{kHz} \sim 2\text{MHz}$) $\pm 1\text{dB}$ 。

5. TTL 输出

(1) 电平: 高电平大于 2.4V , 低电平小于 0.5V , 能驱动 20 只 TTL 负载。

(2) 上升时间 $\leq 40\text{ns}$ 。

6. 电压输出

(1) 阻抗: $50(1 + 10\%) \Omega$ 。

(2) 幅度: $\geq 20\text{V}_{\text{p-p}}$ (空载)。

(3) 衰减: 20、40、60dB。

(4) 直流偏置: $0 \sim \pm 10\text{V}$, 连续可调。

7. 功率输出

(1) 输出功率: 10W_{max} , $20\text{Hz} \leq f \leq 100\text{kHz}$, 5W_{max} , $f \leq 200\text{kHz}$ 。

(2) 方波前沿: $< 1\mu\text{s}$ 。

(3) 输出幅度: $\geq 20\text{V}_{\text{p-p}}$ 。

8. 脉冲占空比调节范围 $80:20 \sim 20:80$ $f \leq 500\text{kHz}$ 。

9. VCF 输入

(1) 输入电压: $-5 \sim 0\text{V}$ 。

(2) 最大压控比: 1000:1。

(3) 输入信号: (DC) 1kHz 。

10. 频率计

- (1) 测量范围：1Hz ~ 10MHz。
- (2) 输入阻抗：不小于 1MΩ，电容不小于 20pF。
- (3) 灵敏度：100mV。
- (4) 分辨率：100Hz、10Hz、1Hz、0.1Hz 四档。
- (5) 最大输入：(AC + DC)150V (带衰减器)。
- (6) 输入衰减：20dB。
- (7) 测量误差：不大于 $3 \times 10^{-5} \pm 1$ 个字。

11. 电源适应范围

- (1) 电压：220 (1 ± 10%)V。
- (2) 频率：(50 ± 2)Hz。
- (3) 功率：25VA。

12. 环境条件

- (1) 温度：0 ~ 40℃
- (2) 湿度：不大于 RH90%。

三、功率函数信号发生器 DF1631 面板标志说明及功能见图 1-2-1 和表 1-2-1。

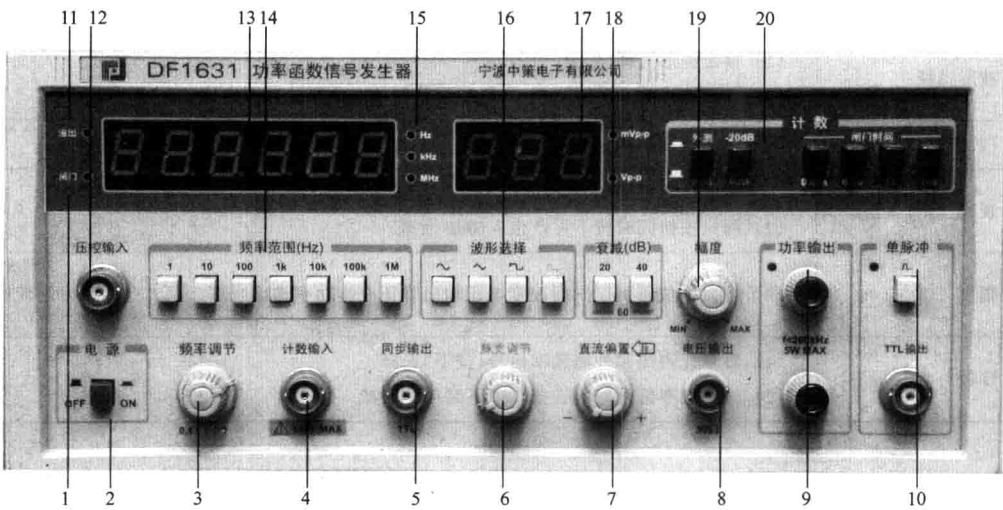


图 1-2-1 DF1631 型功率函数信号发生器面板标志说明

表 1-2-1 DF1631 型功率函数信号发生器面板标志说明

序号	面 板 标 志	作 用
1	闸门(指示灯)	此灯闪烁，说明频率计正在工作
2	电源(开关)	按下开关，电源接通，频率计显示
3	频率调节	与“14”配合选择工作频率
4	计数输入	外测频率时，信号由此输入

(续)

序号	面板标志	作用
5	同步输出	输出波形为 TTL 脉冲, 可作同步信号
6	脉宽调节	当“16”选择脉冲波时, 改变此电位器可改变脉冲的占空比
7	直流偏置	拉出此旋钮可设定任何波形电压输出的直流工作点, 顺时针方向为正, 逆时针方向为负, 将此旋钮推进则直流电位为零
8	电压输出	电压输出波形由此输出, 阻抗为 50Ω
9	功率输出	(1) 当波形选择为正弦波时, 有正弦波输出 (2) 当选择其他波形时输出为零 (3) 当 $f > 200\text{kHz}$ 时, 电路会保护而无输出
10	单脉冲	当单脉冲触发开关时, 输出单个 TTL 电平的脉冲, 同时指示发光二极管闪烁一下
11	溢出(指示灯)	当频率超过 6 个 LED 所显示范围时灯亮
12	压控输入	外接电压控制频率输入端
13	(数字显示)	数字 LED, 所有内部产生频率或外测时的频率均由此 6 个 LED 显示
14	频率范围	(1) 频率倍乘开关与“12”、“14”配合选择工作频率 (2) 外测频率时选择闸门时间
15	Hz、kHz、MHz	指示频率单位, 灯亮有效
16	波形选择	(1) 输出波形选择 (2) 波形选择脉冲波时, 与“6”配合使用可以改变脉冲占空比
17	(数字显示)	显示输出电压的峰—峰值
18	衰减(dB)	(1) 按下按钮可产生 -20dB 或 -40dB 衰减 (2) 两只按钮同时按下可产生 -60dB 衰减
19	幅度	调节幅度电位器可以同时改变电压输出和正弦波功率输出幅度, 顺时针旋转时逐渐增大
20	计数	(1) 频率计内测和外测频率信号(按下)选择 (2) 外测频率信号衰减选择, 按下时信号衰减 -20dB

第二节 双通道交流毫伏表(DF2172B)

本仪器是一种通用型电压表。由于具有双路输入, 故对于同时测量两种不同大小的正弦交流信号的有效值及两种信号的比较最为方便, 适用于 $10\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$ 的正弦交流信号的电压有效值的测量。

一、技术参数

(1) 电压测量范围: $100\mu\text{V} \sim 300\text{V}$ 分 12 档量程。

(2) 电压标度: 1、3、10、30、100、300mV, 或 1、3、10、30、100、300V。

(3) dB 标度: $-60 \sim +50\text{dB}$ ($0\text{dB} = 1\text{V}$)。

- (4) 电压测量工作误差： $\leq 5\%$ 满标度 (1kHz)。
- (5) 频率响应：100Hz ~ 100kHz， $\pm 5\%$ ；10Hz ~ 1MHz， $\pm 8\%$ 。
- (6) 输入阻抗： $\geq 1\text{M}\Omega$ ，电容 $\leq 50\text{pF}$ 。
- (7) 最大输入电压：不得大于 450V (AC + DC)。
- (8) 噪声：输入端良好短路时，低于满标度的 3%。
- (9) 两通道互相干扰小于 80dB。
- (10) 电源：220V $\pm$ 20V，50Hz $\pm$ 2Hz。
- (11) 外形尺寸：216mm $\times$ 155mm $\times$ 280mm。
- (12) 重量：2.5kg。
- (13) 工作环境：环境温度：0 ~ +40℃
大气压力：(100 $\pm$ 4)kPa

二、使用方法

DF2172B 型双通道交流毫伏表面板控制说明 图 1-2-2 DF2172B 型双通道交流毫伏表面板控制说明
明见图 1-2-2 和表 1-2-2。

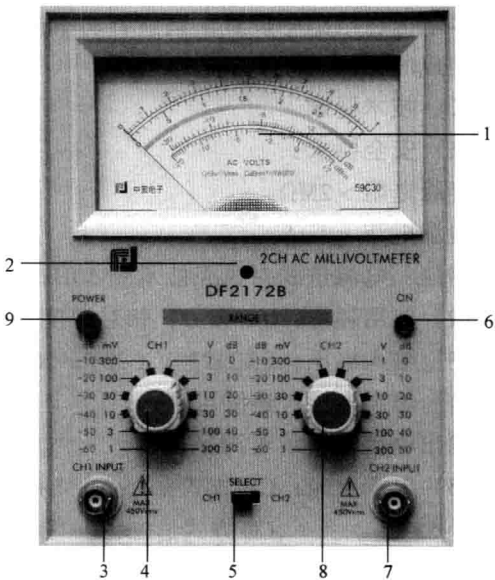


表 1-2-2 DF2172B 型双通道交流毫伏表面板控制说明

序号	面板标志及作用	序号	面板标志及作用
1	表盘	5	左、右通道显示选择开关
2	机械零位调整	6	电源开关
3、7	左(3,黑表笔)、右(7,黑表笔)输入通道	9	电源指示灯
4、8	左、右通道量程开关		

- (1) 通电前，先调整电表指针的机械零位。
- (2) 根据需要进行选择输入 CH1 或 CH2。
- (3) 将量程开关置于高量程档，接通电源，通电后可立刻工作，但为了保证性能可预热 10min 后使用，10s 内指针无规则摆动数次是正常的。
- (4) 若测量电压未知，应将量程开关置最大档，然后逐级减小量程。
- (5) 若要测量市电或高电压时，则输入端黑表笔必须接在地端。

第三节 直流稳压电源(XJ-W30.2.2)

一、概述

XJ-W 系列稳压电源是一种便携式通用电源，其输出电压和输出电流都可以从 0 开始调整到额定值。主、从路电源均采用悬浮输出方式，可以独立输出互不影响，也可以串联或并联输出。串联时，从路输出电压跟踪主路输出电压；并联时，输出电流为两路独立输出电流之和。
两路电源均具有稳压(CV)和稳流(CC)两种输出方式，这两种方式随负载变化而自动进