

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANZI JISHU SHIYAN

电子技术实验

于增安 秦 宏 编 著
赵忠厚 胡 宁



中国电力出版社

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

电子技术实验

第二版

电子工业出版社
www.eel.com.cn

DIANZI JISHU SHIYAN

电子技术实验

赵忠厚 胡 宁

主 审 尹常永

中国电力出版社

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

本书可作为本、专科电类专业的电子技术基础实验教材或参考书。

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 083022 号

版權專有 翻印必究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

随着电子技术的发展,为了培养素质型人才,编者根据电子技术实验教学大纲的要求,并结合课程建设以及新设专业课程的需要,编写了这本《电子技术基础实验》。本书以突出实践技能为重点,理论联系实际,注重电子实验方法与应用的研究。在内容上,基本按照实验操作过程由浅入深的顺序编写。使用本教材,可按照不同的专业,不同的教学时数以及各类专业实验教学大纲的要求,在电子技术基础实验教学过程中合理的进行选项实验。

本书是在编者多年实践知识的积累和大量的电子技术实验教学经验的基础上,对沈阳工程学院编写的《电子技术实验与应用》一书,参考了相关参考文献重新编写而成的。全书内容共分四章三十三节,由浅入深,采用阶梯性教学结构,按电子技术实验基础知识简介,电子技术基础实验,电子技术综合实验和电子技术设计实验来编排的,并附有国际部分集成电路型号命名规则和部分元器件外引线排列及功能的附录。书中内容充实、编排新颖、层次分明、实验方法具体、可操作性强。

书中第一章的第二节、第四节由秦宏编写,第二章的第一节、第二节、第三节由赵忠厚编写,第二章的第四节、第五节、第六节由胡宁编写,其余部分由于增安编写并统稿。

全书由尹常永副教授审阅,并对全书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。同时也向参考文献中的作者表示衷心的感谢。

本书由于编写时间有限,加上作者水平所限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

第一章 电子技术基础实验	编者
第二章 电子技术综合实验	2007.2
第一节 正反比例运算电路	53
第二节 光电耦合器的应用	54
第三节 光电二极管控制电路	57
第四节 AD590 温度传感电路	59
第五节 四位数据比较电路	60
第六节 数据选择器的扩展应用	62
第七节 双时基NE555的应用	64
第八节 数字电路实验综合应用	67
第九节 十进制计数译码与显示电路	68
第十节 集成稳压电源	71

目 录

前言	1
第一章 电子技术实验基础知识简介	1
第一节 电子测量基本知识	1
第二节 电子技术实验常用仪器使用	3
第三节 电子技术实验基本要求	10
第四节 电子技术实验常用元器件识别与使用	11
本章小结	22
第二章 电子技术基础实验	23
第一节 三极管放大电路	23
第二节 集成运算放大器的应用	25
第三节 集成功率放大电路	28
第四节 集成稳压电路	30
第五节 与非门电路	32
第六节 集成D触发器电路	35
第七节 集成JK触发器电路	37
第八节 集成全加器电路	40
第九节 集成数据选择器电路	42
第十节 集成异步十进制计数器电路	44
第十一节 集成同步十进制计数器电路	45
第十二节 RC环形振荡器与整形电路	47
第十三节 多谐振荡器与单稳态触发器电路	49
本章小结	52
第三章 电子技术综合实验	53
第一节 正反比例运算联级电路	53
第二节 光电耦合器的应用	54
第三节 光电二极管控制电路	57
第四节 AD590 温度传感电路	59
第五节 四位数据比较电路	60
第六节 数据选择器的扩展应用	62
第七节 双时基NE556的应用	64
第八节 数字电路实验综合应用	67
第九节 十进制计数译码与显示电路	68
第十节 集成稳压电源	71

第十一节	单片开关可调集成稳压电源	73
第十二节	单相可控整流电路	76
第十三节	数字/模拟转换电路	78
第十四节	模拟/数字转换电路	80
	本章小结	83
第四章 电子技术设计实验		84
第一节	模拟电路设计实验	84
第二节	数字电路设计实验	88
	本章小结	91
附录 A 国际部分集成电路型号命名规则		92
附录 B 部分元器件外引线排列及功能		94
参考文献		98

第一章 电子技术实验基础知识简介

电子技术实验基础知识是要求学生在实验以前,应对实验项目、原理、手段,实验过程与方法做到提前预习和准备,并按照课程的基本要求,掌握和熟悉电子实验仪器的使用及测量、电子元器件的识别与使用、实验数据的处理和实验报告的撰写等相关知识和内容。

第一节 电子测量基本知识

电子测量是通过电子仪器定量的测取电参数的一种方法。通常实验中所涉及到的内容主要包括:

- (1) 电能量的测量,如电压、电流、电功率等参数;
- (2) 信号特性的测量,如信号波形、幅值、频率、相位、时间等参数;
- (3) 电路性能的测量,如电路的放大倍数、功率及效率、输入输出阻抗、频率特性、带宽等参数;
- (4) 元器件和参数的测量,如电阻、电容、二极管、三极管、特种半导体管,集成电路等元器件的识别和特性。能正确的使用实验仪器设备,且要求操作、测量方法正确,实验结果真实,误差小,并确保人身和仪器设备的安全。

一、电子测量方法分类

1. 直接测量

直接测量一般是用电子测量仪器,对所需数据结果直接测取被测对象的测量方法。

2. 间接测量

间接测量一般是用电子测量仪器,对所需数据结果有一定函数关系的被测对象的测量方法。

3. 组合测量

组合测量一般是用电子测量仪器,兼用直接测量与间接测量,对所需数据结果有一定函数关系的被测对象两个以上不同电量的测量方法。

例如,在图 1-1-1 集成功率放大电路中,三种测量方法如下:

1) 若用万用表的直流电流档直接测量所需结果 I_C 电流值的方法,就是直接测量法。

2) 若用万用表的直流电压档直接测量电流 I_C 值,而所需结果是 +5V 电源供给电路的总功率 P_C ,那么,根据 $P_C = U_+ \times I_C$ 的函数关系,从而计算出所需结果的方法,就是间接测量法。

3) 若用示波器观察最大不失真输出信号波形,并用晶体管毫伏表测量出最大不失真输出信号电压

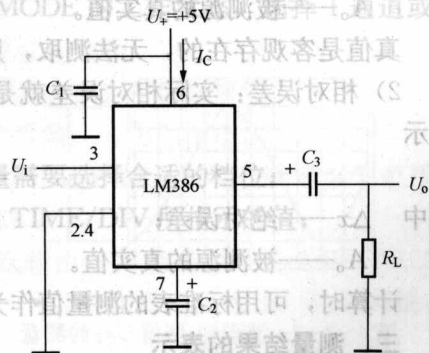


图 1-1-1 集成功率放大电路

U_{omax} , 计算最大不失真输出信号功率 $P_{\text{omax}} = U_{\text{omax}}^2 / R_L$, 再用万用表的直流电流档测量出 I_C 电流值, 计算 +5V 电源供给电路的总功率 $P_C = U_+ \times I_C$, 而所需结果是此时的电路效率 η , 那么, 根据 $\eta = P_{\text{omax}} / P_C \times 100\%$ 的函数关系, 从而计算出所需结果的方法, 就是组合测量。在组合测量中, 有时被测量的量与所需数据结果的函数关系更为复杂, 需要通过建立联立方程来求解确定所需数据结果。

电子测量不仅仅是电压、电流、电阻的测量, 而且常常还有波形、幅值和频率的测量等。

在上述测量方法中, 通常使用最多的是直接测量, 直接测量操作方法简单、快速、准确。间接和组合测量比较费时, 适用于不能直接测量或不适合于直接测量时使用。总之, 测量方法的选择, 应根据具体电路、测量内容、测量仪器、测量环境和测量目的而定, 不可拘于一格, 应正确灵活使用。

二、测量误差

在实际测量中由于受测量的精度、方法和环境或人为因素的影响等, 使得测量值与真实值之间不可避免地存在差别, 这种差别称为误差。在测量允许的条件下, 我们尽可能的减小误差, 合理地选择测量仪器, 采用正确的测量方法, 克服或减小环境的影响, 避免人为误差, 力求减小测量误差的产生。

1. 误差的性质

1) 系统误差: 系统误差一般是指测量仪器精度不够、性能差、测量不合理、周围环境的影响和被测源不良等因素造成的。这种误差有其规律可循, 通过分析研究可以找出解决问题的办法, 使误差降低到最小的程度。

2) 随机误差: 随机误差一般是指测量仪器、环境和被测源等偶然因素所造成的影响。这种误差的出现无规律可循, 只能利用比较删除法加以修正。

3) 人为误差: 人为误差一般是指测量仪器操作不当, 方法不正确, 判断和读取数据不准确, 运算和处理数据错误等因数的影响。这种误差的出现是人为因素造成的, 完全可以纠正和消除。

2. 误差的表示方法

1) 绝对误差: 绝对误差是指测量值和被测源的真实值之间的差值, 用 Δx 来表示

$$\Delta x = A_x - A_0 \quad (1-1-1)$$

式中 A_x ——仪表测量值;

A_0 ——被测源的真实值。

真值是客观存在的, 无法测取, 只能用更高精度的仪表做到尽可能地接近它。

2) 相对误差: 实际相对误差就是绝对误差与被测源的真实值之比, 通常用百分数来表示

$$r = (\Delta x / A_0) \times 100\% \quad (1-1-2)$$

式中 Δx ——绝对误差;

A_0 ——被测源的真实值。

计算时, 可用标准表的测量值作为被测源的真实值。

三、测量结果的表示

在电子电路测量中, 其结果一般有波形图、曲线图和数值等。对测量所取得的数据, 根

据具体要求应有坐标、表格、数值运算和数值单位等表示方法。

在测量数据的记录中,除末位数位是估计数字外,其他各位数字都应是确定的数,所以即使“0”出现在末尾也不能不写。有效数字的位数反映了误差的大小、测量精度的高低。

例如:用 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表 200mV 档测量 10mV 电压时,其测量结果是 10.0mV;而用 2V 档测量 10mV 电压时,其测量结果是 0.010V。前者 10.0mV 是三位有效数字,而后者 0.010V 是两位有效数字。由此可见,测量数值单位的选择要合理,力求得出符合实际的结果。

在测量数据的运算中,对几个数据进行运算时,其运算结果只能保留数据中小数点后位数最少那位。例如

$$3.65 \times 10.1 \times 1.01 = 37.23365$$

所以运算结果应计为 37.2,它与参加运算的 10.1 这个数据小数点后面的位数一样。

第二节 电子技术实验常用仪器使用

一、双踪示波器的一般使用

双踪示波器是一种观察、测量电信号的电子仪器,在电子电路中它可以观察、测量随时间连续变化的电信号,也可以观察、测量(离散的、直流的和各种干扰)不随时间连续变化的电信号。电子示波器的种类较多,但其测量原理、使用方法一般基本相同。

1. 双踪示波器在接通电源以前部分开关与旋钮所处的位置
 - 1) 电源开关 POWER: 断开;
 - 2) 亮度旋钮 INTEN: 中位;
 - 3) 聚焦旋钮 FOCUS: 中位;
 - 4) 垂直通道放大器工作模式开关 VERT MODE: 根据测量需要选择 1 通道、2 通道、双通道或叠加档;
 - 5) 光点或扫描线垂直定位控制旋钮 POSITION $\uparrow \downarrow$: 中位;
 - 6) 垂直轴灵敏度序列开关 VOLTS/DIV: 根据测量需要预选合适的档位;
 - 7) 垂直轴灵敏度微调旋钮 VARIABLE: 关掉;并将 PULL $\times 5$ MAG 推进关掉;
 - 8) 输入信号与垂直通道连接工作模式开关 AC-GND-DC: 置 GND 档;
 - 9) 触发信号源开关 SOURCE: 根据开关 VERT MODE 的工作状态,选择 1 通道或 2 通道;
 - 10) 触发模式开关 TRIGGER MODE: 自动档;
 - 11) 触发斜率开关 SLOPE: 选择+;
 - 12) 扫描时间范围序列开关 TIME/DIV: 根据测量需要选择合适的档位;
 - 13) 扫描时间游标控制旋钮 SWP VER: 关掉校准 TIME/DIV 所指示的值;
 - 14) 扫描速度放大 $\times 10$ 倍开关: 关掉;
 - 15) 光点或扫描线水平定位控制旋钮 POSITION $\leftarrow \rightarrow$: 中位。
2. 示波器单踪基本使用

例: GOS-620 双踪示波器,如图 1-2-1 所示,其基本使用方法如下:

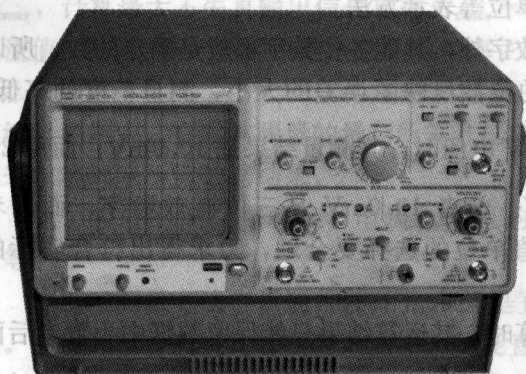


图 1-2-1 GOS-620 双踪示波器

1) 接通电源开关 POWER, 电源指示灯应有指示, 应无异常现象, 经预热后, 显示器 CRT 出现扫描线。

2) 如需要可调整亮度 INTEN、聚焦 FOCUS 和位置 POSITION $\leftarrow \rightarrow$ 、 $\uparrow \downarrow$ 。

3) 根据被测信号的需要, 选择输入信号耦合方式 AC-GND-DC。

4) 将被测信号接入 CH1 通道或 CH2 通道。

5) 根据波形显示可调整图像的幅度 VOLTS/DIV 和位置 POSITION。

6) 根据波形显示可调整图像的扫描时间 TIME/DIV。

7) 根据波形显示是否稳定, 可调整图像的稳定 LEVEL。

3. 示波器双踪基本使用

在上述单通道的使用基础上, 改变垂直通道放大器工作模式开关 VERT MODE 至 DUAL 档, 将信号输入 CH1 和 CH2 通道。而后, 示波器双踪工作时的调整方法与单踪工作时基本相同。

4. 波形测量

1) 波形峰-峰值的测量: 不含有直流电压成分波形峰-峰值的测量, 如图 1-2-2 所示。

首先应将波形的显示幅度调至屏幕显示有效面积的 0.7 倍左右大, 这样有利于减少读数误差, 再将波形的顶点定在屏幕标尺刻度线的某个横线位置上, 然后从这条横线开始向波形的另一个顶点垂直查取格数, 所得的格数乘以所在通道 VOLTS/DIV 波段序列开关的档位值, 即为波形的峰-峰值 U_{PP} = 垂直方向的格数 (单位 cm) $\times$ VOLTS/DIV 档位值。

2) 含有直流分量矩形波高低电平的测量: 含有直流分量矩形波高低电平的测量, 被测波形如图 1-2-3 所示。首先应将通道耦合方式开关 AC-GND-DC 放在电路地 GND 档, 根据被测波形的需要, 将扫描线调在屏幕标尺刻度线的某个横线位置上, 进行 0V 输入校准。再将输入耦合方式开关放在直流 DC 档, 应将波形的显示幅度调至屏幕显示有效面积的 0.7 倍左右, 这样有利于减少读数误差。最后以这条横线为基准, 垂直查取格数。

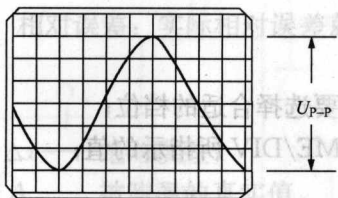
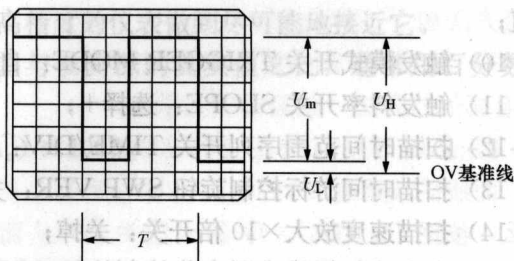
图 1-2-2 波形峰-峰值 U_{PP} 的测量

图 1-2-3 波形高低电平和幅值及周期的测量

当测取高电平时, 从基准横线开始向波形的顶点查取格数, 所得的格数乘以所在通道

VOLTS/DIV 波段序列开关的档位值,即为波形的高电平值 $U_H = \text{垂直方向的格数 (单位 cm)} \times \text{VOLTS/DIV 档位值}$ 。

同样,当测取低电平时,从基准横线开始向波形的低点查取格数,所得的格数乘以所在通道 VOLTS/DIV 波段序列开关的档位值,即为波形的低电平值 $U_L = \text{垂直方向的格数 (单位 cm)} \times \text{VOLTS/DIV 档位值}$ 。

3) 矩形波幅值的测量:矩形波幅值的测量,参考被测波形如图 1-2-3 所示。首先应将波形的显示幅度调至屏幕显示有效面积的 0.7 倍左右,这样有利于减少读数误差。再将波形的底边或顶边(图中将波形顶边)调定在屏幕标尺刻度线的某个横线位置上,然后从这条横线开始向波形的另一个顶边垂直查取格数,所得的格数乘以所在通道 VOLTS/DIV 波段序列开关的档位值,即为矩形波的幅值 $U_m = \text{垂直方向的格数 (单位 cm)} \times \text{VOLTS/DIV 档位值}$ 。

4) 波形周期的测量:波形周期的测量,被测波形如图 1-2-3 所示。首先应将波形一个周期的扫描时间调至屏幕显示面积的 0.7 倍左右,这样有利于减少读数误差。再将波形的起点调定在屏幕标尺某个垂直刻度线的位置上,然后从这条垂直刻度线开始横向查取波形一个周期所占有的格数,所得的格数乘以 TIME/DIV 扫描时间波段序列开关的档位值,即为波形的周期 $T = \text{水平方向的格数 (单位 cm)} \times \text{TIME/DIV 档位值}$ 。

二、函数信号发生器的一般使用

函数信号发生器又称信号发生器,它是电子实验中常用的一种电子仪器。函数信号发生器可产生三角波、正弦波、矩形波等多种不同波形、不同频率和不同幅值的信号。信号发生器的种类繁多,但一般输出信号的种类和使用方法基本相同。

1. 函数信号发生器在接通电源以前部分开关与旋钮应处如下准备状态

1) 电源开关 POWER: 断开;

2) 波形选择功能开关 FUNCTION: 根据使用目的输出信号的要求设定;

3) 频率粗选开关 RANGE: 根据使用目的粗选频率范围;

4) 频率细调旋钮 FREQ: 中位;

5) 粗选输出电压衰减器开关 ATTENUATOR: 根据输出信号范围设定;

6) 输出电压细调旋钮 OUT PUT: 旋至最小。

2. 函数信号发生器的基本使用

例如,DF1641D 函数信号发生器,如图 1-2-4 所示,其基本使用方法如下

(1) 正弦波信号的基本使用。

1) 将信号输出连接线插入正弦波输出插座,输出正弦波信号。

2) 将波形选择功能开关 FUNCTION 正弦波档按下,选择为正弦波信号。

3) 接通电源开关 POWER,电源应有指示,无异常现象,一切工作正常。

4) 根据输出正弦波信号的频率大小,选择按下频率粗选开关 RANGE 确定频率范围,调节频率细调旋钮 FREQ,同时观察频率表,确定其频率值。

5) 根据输出正弦波信号的电压大小,选择按下粗选输出电压衰减器开关 ATTENUATOR 确定输出电压范围,调节输出电压细调旋钮 OUT PUT,测量输出电压,确定其输出电压值。

(2) TTL 矩形波信号的基本使用。

- 1) 将信号输出连接线插入矩形波输出插座, 输出 TTL 矩形波信号。
- 2) 将信号波形选择开关旋钮 PULL TO TTL /CMOS LEVEL 拉出, 选择为 TTL 矩形波信号。
- 3) 接通电源开关 POWER, 电源应有指示, 无异常现象, 一切工作正常。
- 4) 根据输出 TTL 矩形波信号的频率大小, 选择按下频率粗选开关 RANGE, 确定频率范围, 调节频率细调旋钮 FREQ, 同时观察频率表, 确定其频率值。



图 1-2-4 DF1641D 函数信号发生器

三、手持式数字万用表的一般使用

手持式数字万用表是一种常用的电子测量仪表。它的种类繁多, 一般有 $3\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位液晶显示数字万用表。数字万用表以测量电压、电流和电阻三大参量为主, 并兼有其他的测量功能。

1.3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表简介

一般数字万用表主要技术性能指标如下:

(1) 一般性能。

1) 按键式电源开关, 电源由 9V 叠层电池供电;

2) 单钮旋转式功能, 功能量程选择波段开关;

3) LCD 显示;

4) 高位自动过量程显示, 用“1”表示;

5) 直流档极性自动变化;

6) 一般各量程均有一定的保护措施;

7) 有的可测一定范围的电容量;

8) 一般可测晶体管 h_{FE} ;

9) 一般有二极管测试档;

10) 通断检查一般有蜂鸣功能。

(2) 测量范围。

1) 交、直流电压 (交流频率响应范围为 $45 \sim 500\text{Hz}$)。量程为 200mV 、 2V 、 20V 、 200V 、 $1000\text{V}(\text{DC})$ 或 $700\text{V}(\text{AC})$ 五档; 分辨率分别为 $100\mu\text{V}$ 、 1mV 、 10mV 、 100mV 、 1V 。

直流准确度: 200mV 、 2V 、 20V 、 200V 读数的 $\pm 0.5\% \pm 1$ 个字; 1000V 读数的 $\pm 0.8\% \pm 2$ 个字。

交流准确度: 200mV 读数的 $\pm 1.2\% \pm 3$ 个字; 2V 、 20V 、 200V 读数的 $\pm 0.8\% \pm 3$ 个字; 700V 读数的 $\pm 1.2\% \pm 3$ 个字。

输入阻抗: 全部量程为 $10\text{M}\Omega$ 。

过载保护: 直流或交流量程 200mV 档为 $250\text{V}(\text{DC})$ 或 AC 峰值; 其他档为 $1000\text{V}(\text{DC})$ 或 AC 峰值。

2) 交、直流电流。量程为 $200\mu\text{A}$ 、 2mA 、 20mA 、 200mA 、 2A 、 20A 六档; 分辨率分别为 $0.1\mu\text{A}$ 、 $1\mu\text{A}$ 、 $10\mu\text{A}$ 、 $100\mu\text{A}$ 、 1mA 、 10mA 。

直流准确度: $200\mu\text{A}$ 、 2mA 、 20mA 读数的 $\pm 0.8\% \pm 1$ 个字; 200mA 、 2A 读数的 $\pm 1.2\% \pm 1$ 个字; 20A 读数的 $\pm 2\% \pm 5$ 个字。

交流准确度: $200\mu\text{A}$ 读数的 $\pm 1.8\% \pm 3$ 个字; 2mA 、 20mA 读数的 $\pm 1.2\% \pm 3$ 个字; 200mA 、 2A 读数的 $\pm 2.0\% \pm 3$ 个字; 20A 读数的 $\pm 3.0\% \pm 7$ 个字。

最大电压负荷: 250mV (交流有效值)。

3) 电阻。量程为 200Ω 、 $2\text{k}\Omega$ 、 $20\text{k}\Omega$ 、 $200\text{k}\Omega$ 、 $2\text{M}\Omega$ 、 $20\text{M}\Omega$ 六档; 分辨率分别为 0.1Ω 、 1Ω 、 10Ω 、 100Ω 、 $1\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ 。

准确度: 200Ω 读数的 $\pm 0.8\% \pm 3$ 个字; $2\text{k}\Omega$ 、 $20\text{k}\Omega$ 、 $200\text{k}\Omega$ 、 $2\text{M}\Omega$ 读数的 $\pm 0.8\% \pm 1$ 个字; $20\text{M}\Omega$ 读数的 $\pm 1\% \pm 2$ 个字。

4) 二极管检测。反向直流电压约 2.8V , 正向直流电流约 1mA 。

5) h_{FE} 检测。测试条件: $U_{\text{CE}} = 2.8\text{V}$ 、 $I_{\text{B}} = 10\mu\text{A}$ 。

6) 短路检测。测试电阻 $< 30\Omega$ 时, 如有蜂鸣器可发声。

(3) 准确度。

数字万用表误差是客观存在的, 准确度是测量结果中系统误差和随机误差的综合。

数字万用表各种功能各个量程准确度的基本表达式为

$$\Delta A = \pm a\% A_x \pm b\% A_m \quad (1-2-1)$$

$$\Delta A = \pm a\% A_x \pm n \quad (1-2-2)$$

式中 A_m ——数字万用表的满量程;

A_x ——测量值;

$\pm a\% A_x$ ——综合误差, 其中 $\pm a\%$ 是说明书给定的, 它取决于数字万用表 A/D 转换器和功能转换、量程电路的特性;

$\pm b\% A_m$ ——由于数字化处理而带来的误差;

$\pm n$ ——量化误差反映在末位数字上的变化量, 若把 $\pm n$ 个字的误差折合成满量程的百分数, 即为 $\pm b\% A_m$, 它是分辨率误差的两种表示方法, 具有同样的效果, 在数字万用表使用说明书中用 $\pm n$ 个字来表示。

3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表直流准确度可达 $\pm 0.5\% \pm 1$ 个字, 并有直接读数的优点, 但还是要注

意其使用方法。使用量程应选择与被测量值接近,以减少分辨力误差对示值的影响, ($\pm b\% A_m/A_x$ 或 $\pm n/A_x$)。另外,还应不超过各种规定的额定条件,以不再增加附加影响误差。例如:在交流电压的测量中,被测信号的频率不应超出交流频率响应范围为 $45\sim 500\text{Hz}$,超出这个范围或测量非正弦波都要产生新的附加误差。

(4) 分辨率。数字万用表在最低电压量程上末位一个字所对应的电压值,称为分辨率。它反映出数字万用表灵敏度的高低,并随显示位数的增加而提高。分辨率指标也可用分辨率来表示,分辨率是指数字万用表所能显示的最小数字(零除外)与最大数字的百分比。 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表可显示的最小数字为 1,最大数字为 1999,故分辨率为 $1/1999 \approx 0.05\%$ 。例如:在 200mV 电压档,该档分辨力为 $200\text{mV} \times 0.0005 = 0.1\text{mV}$ 。



图 1-2-5 DT840D 型数字万用表

2. 使用基本方法

例: $3\frac{1}{2}$ 位 DT840D 型数字万用表,如图 1-2-5 所示,其使用基本方法如下:

- 1) 用时按下开关电源接通,不用时再按一次开关弹出电源关断。
- 2) 输入端插孔:黑表笔总是插接在“COM”公共端(地);测量交流电压、直流电压、电阻、二极管和短路检测时,红表笔插接在“V/Ω”端孔;测量交、直流电流时,根据测量值的大小红表笔对应插在“A”端孔或“20A”端孔。
- 3) 在测量交、直流电压、电流及电阻时,应先检查表笔线接法是否正确,并估计被测量的数值,将功能、量程开关转到所需的档位上再进行测量,其示值读数单位与量程单位一致。
- 4) 用二极管档检测半导体管 PN 结时,红表笔为正,黑表笔为负。一个好的半导体管,正向测量应符合其正向压降值,若示值“000”表示该管 PN 结短路,若示值“1”说明该管 PN 结开路;反向测量应为截止,其示值为“1”。
- 5) 在 h_{FE} 档测试三极管时,根据三极管的类型正确的插入 NPN 或 PNP 插座“C”、“B”、“E”插孔中,即可读出示值(即 β 值)。若示值显示“000”或“1”等不正常值,表明管子是坏的。

3. 注意事项

- 1) 要正确选择功能、量程开关及插孔接线。测量时,应符合表的测量能力,被测量值一定要小于量程。对未知量的测量前,应把量程调到最大,根据测量结果,在表不带电的情况下,将量程调到合适的档位进行测量。
- 2) 不允许用电流档、电阻档或其他不正确的档位测量电压。
- 3) 表用完后,应将功能量程开关放置电压最大档,并关断表的电源。
- 4) 表不要在阳光直接照射或在高温、高湿环境下使用。

四、晶体管毫伏表

晶体管毫伏表是一种交流电压表,型号较多,它具有灵敏度高、测量频率范围宽和输入

阻抗高等特点。DA-16 型晶体管毫伏表是一种放大—检波模拟式电压表，表内测量电路基本由高阻分压器、射极输出器、低阻分压器、宽带放大器、检波器、表头指示电路组成，整机由串联型直流稳压电源供电。

1. 基本技术性能

1) 量程分：1mV、10mV、30mV、100mV、300mV、1V、3V、10V、30V、100V、300V 共 11 个档。

2) 频率范围：20Hz~1MHz。

3) 基本误差： $\pm 3\%$ 。

4) 频率响应：20Hz~100kHz， $\leq \pm 3\%$ ；20Hz~1MHz， $\leq \pm 5\%$ 。

5) 输入阻抗：在 1kHz 时，电阻约 1M Ω ，电容约 70pF。

2. 使用基本方法

DA-16 型晶体管毫伏表，如图 1-2-6 所示，其使用基本方法如下：

1) 将表垂直放置，表针应指示零点，若不在零点则要调整表头的零位调节器使表针指零。

2) 将选档开关拨置到相应测量档位，测量线端口短接，接通电源预热 5min。此时指针应为零点，若不零点，调整较零（零点调整）旋钮使表针指零。

3) 根据被测信号电压的大小选择所需量程，测量时，先将测量线的电路地端接到被测电路地，再将测量线的芯线端接到电路的被测点测取电压值。



图 1-2-6 DA-16 型晶体管毫伏表

3. 注意事项

1) 在 30V 以下档勿使测量线开路，勿使测量线的芯线触及外界任何导电部分，也不可用手触及芯线，否则表针将受到猛烈冲击而易于损坏。

2) 测量线不宜过长，尤其当测量信号频率较高时更是如此。

3) 被测信号电压中如含有直流分量，其值不得大于 300V。

五、直流稳压电源的一般使用

直流稳压电源在电网电压或负载变化时，能使输出电压保持稳定不变。由于直流稳压电源输出电阻近似为零，故可近似看成理想电压源，为负载提供一定的功率输出。

直流稳压电源的类型繁多，输出电压有固定的，有可调的；输出功率有大有小；一般应具有输出电压稳定，纹波电压小和过流、过压保护等特点。

直流稳压电源在使用时，当接通电源以后，电源应有指示，无任何异常现象，否则立即关断电源，停止使用，防止发生不良的后果。使用直流稳压电源时，一定要按照实验电路的供电要求，必须先正确的选择和调整好输出电压，而后再接入电路；如果改变电路时，必须先关断稳压电源后再进行；当发生异常现象或故障时，也必须首先关断电源。

第三节 电子技术实验基本要求

一、实验前的准备

电子技术实验的各个实验项目是不同的,每个实验项目给定的时间是一定的,为了提高实验效果,达到实验目的和要求,使实验内容清楚、方法正确,实验前要做好预习,拟订实验方案和步骤,明确实验方法,做好必要的准备。

二、实验中的要求

(1) 认真听课,理解老师讲解的实验内容、步骤和方法,尤其是重点、难点和注意事项等问题。

(2) 摆放好各种实验仪器的位置便于实验操做,利于安全。

(3) 根据实验项目要求,按实验电路图正确的连接好实验电路。

(4) 将测量仪器设备按操作规程要求依次接通电源,调整好使其处于工作状态,注意电路工作是否正常,如有异常现象立即关机,确保人身安全和仪器设备安全,并报告指导教师。

(5) 实验中掌握正确的操作和测量方法,必须有严肃认真的科学态度,按照实验内容、步骤和方法切实完成实验,如实记录测量数据和所测波形。

(6) 实验中如出现难点问题,应该独立思考,认真分析、判断和排除,不能解决时,请指导教师指导,从中学会分析问题和解决问题的方法。

(7) 如果实验中出现事故,必须立即切断电源,并报告指导教师及时处理。

(8) 实验结束时,按要求依次关断各种仪器设备电源,整理好实验仪器设备,拆除实验电路并整理好电子元器件。将实验结果和有关实验记录送交指导教师审阅签字。

三、实验报告的基本要求

实验报告是实验结束后,对实验归纳总结的一种书面表现,它记录了实验的全过程。一个好的实验报告,实验内容必须齐全,重点突出,条理清楚;实验数据真实、可靠,经过整理和修正;全文文字工整,图表规范,并具有一定分析的规范的表述。实验报告一般应有以下几个主要方面的内容:

(1) 实验项目名称;

(2) 实验目的;

(3) 实验电路与工作原理;

(4) 实验内容与操作方法;

(5) 实验原始数据记录;

(6) 实验结论与分析;

(7) 实验仪器记录。

四、实验电路及测量

实验电路及测量就是按实验电路原理图,由电子元器件、导线和必要的电子实验仪器等组成的电路。目前从电子实验电路实现方法来看,有固定式实验电路,这种实验电路基本不用实验者来组接,实验方法比较简单;有焊接式实验电路,这种实验电路是由实验者按实验电路原理图,在实验电路板上焊接组成的实验电路,实验方法对实验者要求较高;有插接式