

应用型本科院校“十二五”规划教材

电子技术基础实验 教程

● 主 编 单 峡 邓全道
● 副主编 张静静 杨 莉

013024509

TN-33
88

应用型本科院校“十二五”规划教材

电子技术基础实验 教程

●主 编 单 峡 邓全道
●副主编 张静静 杨 莉



北航

C1631884

●南京出版

TN-33
88
P

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验教程 / 单峡, 邓全道主编. — 南京: 南京大学出版社, 2012. 12

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 305 - 10826 - 6

I. ①电… II. ①单… ②邓… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 285637 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出版人 左 健

丛 书 名 应用型本科院校“十二五”规划教材

书 名 电子技术基础实验教程

主 编 单 峡 邓全道

责任编辑 胥橙庭 单 宁 编辑热线 025 - 83596923

照 排 江苏南大印刷厂

印 刷 南京人文印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 12 字数 300 千

版 次 2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 305 - 10826 - 6

定 价 30.00 元(含光盘)

发行热线 025-83594756 83686452

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

电路与电子技术基础类课程实验教学是电气类实践教学的重要环节。为了加强此类基础课实验教学,夯实学生工程实践基础,我们根据相关课程的教学要求,结合多年教学改革和一线实践教学经验,编写了本书。

本书涵盖了电路分析、模拟电子技术、数字电子技术、电工电子实习等课程的内容,并根据电气类工科专业基础课程的特点以及加强实践教学、突出工程训练的改革思想编写。本教材具有以下特色与创新:

1. 分层次实验

本书将每门基础课程中的实验分为三个层次:第一层次为基础性实验,其中主要提供每门课程数学模型的验证性实验,用以辅助学生对理论教学的理解;第二层次为提高性实验,该层次的实验多为综合性或设计性实验,配合理论教学,初步锻炼学生对每门课程的综合应用能力以及工程设计能力;第三层次为综合设计性实验,主要以一些规模较大且应用性较强的实验为主,可作为每门课程理论教学完成后的课程设计,培养学生的工程设计能力及创新能力。

2. 软硬件结合

本书中各层次的实验在实际电路实验的基础上都配套了软件仿真实验。实际电路实验以相关实验仪器为平台,培养学生的实际操作能力、工程设计能力以及创新能力。软件仿真实验以 MULTISIM 10 软件为平台,对每个实验进行仿真,学生可以自主学习,不用局限于实验仪器也可以单独进行仿真实验。

3. 适用性广泛

本教材可适用于电气信息类本专科学生使用,教师可以根据学生的层次以及课程的实际需要对实验项目进行选取,适用于各层次及需要的实践教学。

本书共分为六章:第一章为基本电子元器件识别及常用电子仪器认知,介绍基本电子元器件的识别及常用电子仪器的基本使用方法;第二章为 MULTISIM 10 仿真软件简介,介绍 MULTISIM 10 的操作界面及电路搭建、仿真等基本操作;第三章为电路分析实验,其中基础性实验 7 个,提高性实验 7 个;第四章为模拟电子技术实验,其中基础性实验 5 个,提高性实验 4 个,综合设计实验 3 个;第五章为数字电子技术实验,其中基础性实验 5 个,提高性实验 4 个,综合设计实验 3 个;第六章为电子工艺概述,介绍 PCB 的制造工艺、手工焊接的方法及注意事项等。

参加本教材编写的有:单峡(第五、六章),邓全道(第一、三章),张静静(第四章),杨莉(第二章及电子光盘内容编辑)。本书由单峡、邓全道担任主编并统稿。

由于时间仓促,加之水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者予以批评指正,以便今后不断改进。

目 录

第一章 基本电子元器件识别及常用电子仪器认知	1
1.1 基本电子元器件识别	1
1.1.1 电阻	1
1.1.2 电容	2
1.1.3 电感	3
1.1.4 半导体器件	3
1.1.5 集成电路	5
1.2 常用电子仪器认知	6
1.2.1 万用表	6
1.2.2 示波器	10
1.2.3 信号发生器	11
1.2.4 毫伏表	12
1.2.5 频率特性测试仪	13
第二章 MULTISIM 10 仿真软件简介	16
2.1 MULTISIM 10 软件简介	16
2.1.1 概述	16
2.1.2 MULTISIM 10 操作环境	17
2.2 MULTISIM 10 组成及基本功能	17
2.2.1 MULTISIM 10 的基本界面	17
2.2.2 MULTISIM 10 的工具栏	18
2.2.3 MULTISIM 10 的元件库	19
2.3 MULTISIM 10 仿真电路的创建	27
2.3.1 元器件的操作	27
2.3.2 电路图选项设置	29
2.3.3 导线操作	34
2.3.4 仪器仪表的使用	34
2.3.5 电路分析方法	37
第三章 电路分析实验	40
3.1 基础性实验	40
实验一 基本仪表测量误差的计算及减小测量误差的方法	40
实验二 电路元件伏安特性的测绘	46

实验三 基尔霍夫定律的验证	50
实验四 叠加原理的验证	51
实验五 戴维南定理和诺顿定理的验证 ——有源二端网络等效参数的测定	54
实验六 RC 一阶电路的响应测试	58
实验七 正弦稳态交流电路相量的研究	63
3.2 提高性实验	67
实验一 二阶动态电路响应的研究	67
实验二 R 、 L 、 C 元件频率特性研究	69
实验三 RLC 串联谐振电路的研究	72
实验四 双口网络参数的测定	75
实验五 负阻抗变换器	78
实验六 回转器	81
实验七 互感线圈参数的测定	85
第四章 模拟电子技术实验	89
4.1 实验装置介绍	89
4.2 基础性实验	90
实验一 集成运算放大器的基本应用	90
实验二 晶体管共射极单管放大电路	94
实验三 负反馈放大器	99
实验四 RC 正弦波振荡器	102
实验五 直流稳压电源-集成稳压器	104
4.3 提高性实验	107
实验一 场效应管放大器	107
实验二 差动放大器	111
实验三 LC 正弦波振荡器	115
实验四 集成函数信号发生器芯片的应用与调试	117
4.4 综合设计实验	119
实验一 简易电子琴的设计	119
实验二 函数信号发生器的组装与调试	121
实验三 用运算放大器组成万用电表的设计与调试	123
第五章 数字电子技术实验	126
5.1 实验装置介绍	126
5.2 基础性实验	126
实验一 TTL 集成逻辑门电路参数测定	126
实验二 组合电路设计与测试	132
实验三 译码器和数据选择器	134
实验四 触发器	143
实验五 计数器	148

5.3 提高性实验	152
实验一 脉冲分配器	152
实验二 单稳态触发器	156
实验三 555 时基电路	161
实验四 A/D 与 D/A 转换电路	165
5.4 综合设计实验	171
实验一 智力抢答器	171
实验二 拔河游戏机	173
实验三 数字频率计	176
第六章 电子工艺概述	181
6.1 PCB 简介	181
6.1.1 PCB 的分类	181
6.1.2 PCB 制作工艺流程	181
6.2 手工焊接	182
6.2.1 手工焊接方法	182
6.2.2 焊接质量判断	183
6.2.3 焊接注意事项	184

第一章 基本电子元器件识别 及常用电子仪器认知

1.1 基本电子元器件识别

1.1.1 电阻

电阻(Resistance,通常用“ R ”表示)是所有电路中使用最多的元件之一。在物理学中,用电阻来表示导体对电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大,表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体,电阻一般不同,电阻是导体本身的一种特性。电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件。因为物质对电流产生阻碍作用,所以称其为该作用下的电阻物质。电阻将会导致电子流通量的变化,电阻越小,电子流通量越大,反之亦然。

电阻的基本单位是欧姆,用希腊字母“ Ω ”表示,欧姆常简称为欧。表示电阻阻值的常用单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。

电阻阻值的标识方法一般有数字法以及色环法两种。

1. 数字法

通常由于贴片电阻面积比较小,在标识阻值的时候一般用数字法来表示。

数字法是指用三位数字表示阻值,前两位表示片状电阻器标称阻值的有效数字,第三位表示“0”的个数,或用 R 来标识小数点的位置。如标有 104 的电阻表示 $10 \times 10^4 \Omega$,即 $100 k\Omega$;标有 5R1 的电阻阻值为 5.1Ω 。

2. 色环法

所谓色环法,是用不同颜色的色标来表示电阻参数。色环电阻有 4 个色环的,也有 5 个色环的,各个色环所代表的意义如表 1.1 所示。

表 1.1 色环对照表

颜色	阻值	倍乘数	公差
黑色	0	$\times 1$	—
棕色	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
红色	2	$\times 100$	$\pm 2\%$
橙色	3	$\times 10^3$	—
黄色	4	$\times 10^4$	—
绿色	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$

续表

颜色	阻值	倍乘数	公差
蓝色	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫色	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰色	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白色	9	$\times 10^9$	—
金色		$\times 0.1$	$\pm 5\%$
银色		$\times 0.01$	$\pm 10\%$

读取色环电阻的参数,首先要判断读数的方向。一般来说,表示公差的色环离开其他几个色环较远并且较宽一些。判断好方向后,就可以从左向右读数。

4 色环电阻从左向右的前 2 条色环表示电阻的有效值,第 3 条表示倍乘数,最后一条表示误差值。例如,某 4 色环电阻的颜色从左到右依次是红(2)、紫(7)、黄($\times 10\ 000$)、银(正负 10%),则此电阻的阻值为 $27\ \Omega \times 10\ 000 = 270\ 000\ \Omega$,也就是 $270\ \text{k}\Omega$,公差为 $\pm 10\%$ 。

5 色环电阻从左向右的前 3 条色环表示电阻的有效值,第 4 条表示倍乘数,最后一条表示误差值。例如:某 5 色环电阻的颜色从左到右依次是红(2)、绿(5)、蓝(6)、红($\times 100$)、棕(正负 1%),则此电阻的阻值为 $256\ \Omega \times 100 = 25\ 600\ \Omega$,也就是 $25.6\ \text{k}\Omega$,公差为 $\pm 1\%$ 。

1.1.2 电容

电容器是一种储能元件。常用的电容器种类有电解电容、云母电容、陶瓷电容等。在电路中常用于调谐、滤波、耦合、旁路、能量转换和延时等。

电容器的容值标注方法如下:

1. 用 2~4 位数字和一个字母的表示法

用 2~4 位数字和一个字母表示标称容量,其中数字表示有效数值,字母表示数值的量级。字母为 m、 μ 、n、p,其中字母 m 表示毫法(10^{-3}F)、 μ 表示微法(10^{-6}F)、n 表示纳法(10^{-9}F)、p 表示皮法(10^{-12}F)。字母有时也表示小数点,如: 33m 表示 $33\ 000\ \mu\text{F}$; 47n 表示 $0.047\ \mu\text{F}$; $3\mu 3$ 表示 $3.3\ \mu\text{F}$; 5n9 表示 $5\ 900\ \text{pF}$; 2p2 表示 $2.2\ \text{pF}$ 。另外,也有些是在数字前面加 R,表示为零点几微法,即 R 表示小数点,如 R22 表示 $0.22\ \text{pF}$ 。

2. 不标单位的直接表示法

这种方法是用 1~4 位数字表示,容量单位为 pF。如用零点零几或零点几表示,其单位为 μF ; 3 300 表示 $3\ 300\ \text{pF}$; 680 表示 $680\ \text{pF}$; 7 表示 $7\ \text{pF}$; 0.056 表示 $0.056\ \text{pF}$ 。

3. 电容量的数码表示法

一般用三位数表示容量的大小。前面两位数字为电容器标称容量的有效数字,第三位数字表示有效数字后面零的个数,它们的单位是 pF。如: 102 表示 $1\ 000\ \text{pF}$; 221 表示 $220\ \text{pF}$; 224 表示 $22 \times 10^4\ \text{pF}$ 。在这种表示方法中有一个特殊情况,就是当第三位数字用“9”表示时,是用有效数字乘上 10^{-1} 来表示容量的。如: 229 表示 $22 \times 10^{-1}\ \text{pF}$,即 $2.2\ \text{pF}$ 。

4. 电容量的色码表示法

色码表示法是用不同的颜色表示不同的数字。具体的方法是：沿着电容器引线方向，第一、二种色环代表电容量的有效数字，第三种色环表示有效数字后面零的个数，其单位为 pF。颜色意义：黑=0、棕=1、红=2、橙=3、黄=4、绿=5、蓝=6、紫=7、灰=8、白=9。如遇到电容器色环的宽度为两个或三个色环的宽度时，就表示这种颜色的两个或三个相同的数字。如沿着引线方向，第一道色环的颜色为棕，第二道色环的颜色为绿，第三道色环的颜色为橙色，则这个电容器的容量为 15 000 pF，即 0.015 μ F；又如第一宽色环为橙色，第二色环为红色，则该电容器的容量为 3 300 pF。

1.1.3 电感

电感(Inductance of an ideal inductor)是闭合回路的一种属性。当线圈通过电流后，在线圈中形成感应磁场，感应磁场又会产生感应电流来抵制通过线圈中的电流。这种电流与线圈的相互作用关系称为电的感抗，也就是电感，单位是“亨利”(H)。

电感器的种类很多，而且分类方法也不一样。通常按电感器的形式分，有固定电感器、可变电感器、微调电感器。按磁体的性质分，有空心线圈、铜心线圈、铁心线圈和铁氧体线圈。按结构特点分有单层线圈、多层线圈、蜂房线圈。

各种电感线圈都具有不同的特点和用途。但它们都是用漆包线、纱包线、镀银裸铜线绕在绝缘骨架上或铁心上，而且每圈与每圈之间彼此要绝缘。为适应各种用途的需要，电感线圈做成了各式各样的形状，如图 1.1 所示。

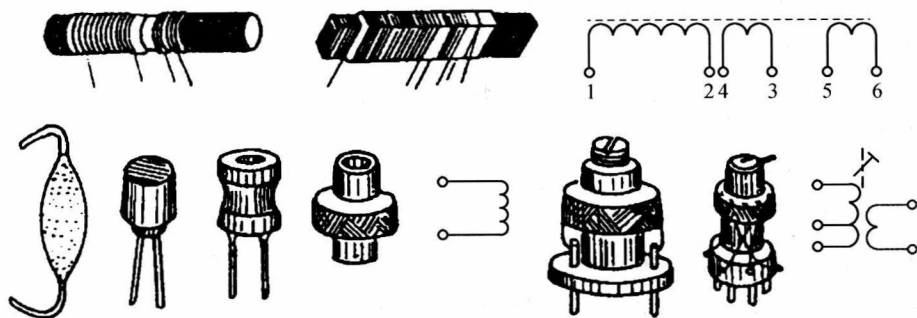


图 1.1 电感器及其电路符号

1.1.4 半导体器件

通常，半导体器件(Semiconductor device)的材料是硅、锗或砷化镓，可用作整流器、振荡器、发光器、放大器、测光器等器材。为了与集成电路相区别，有时也称为分立器件。半导体器件绝大部分二端器件(即晶体二极管)的基本结构是一个 PN 结。利用不同的半导体材料、采用不同的工艺和几何结构，已研制出种类繁多、功能用途各异的多种晶体二极管，可用来产生、控制、接收、变换、放大信号和进行能量转换。晶体二极管的频率覆盖范围可从低频、高频、微波、毫米波、红外直至光波。三端器件一般是有源器件，典型代表是各种晶体管(又称晶体三极管)。晶体管又可以分为双极型晶体管和场效应晶体管两类。除了作为放大、振荡、开关用的

一般晶体管外,还有一些特殊用途的晶体管,如光晶体管、磁敏晶体管、场效应传感器等。这些器件既能把一些环境因素的信息转换为电信号,又有一般晶体管的放大作用,能得到较大的输出信号。此外,还有一些特殊器件,如单结晶体管可用于产生锯齿波,可控硅可用于各种大电流的控制电路,电荷耦合器件可用作摄像器件或信息存储器件等。在通信和雷达等军事装备中,主要靠高灵敏度、低噪声的半导体接收器件接收微弱信号。随着微波通信技术的迅速发展,微波半导体低噪声器件发展很快,工作频率不断提高,而噪声系数不断下降。微波半导体器件由于性能优异、体积小、重量轻和功耗低等特性,在防空反导、电子战、C(U3)I等系统中已得到广泛的应用。

1. 晶体二极管

晶体二极管按材料分,有锗二极管、硅二极管、砷化镓二极管;按结构不同分,有点接触型二极管和面接触型二极管;按用途分,有整流二极管、检波二极管、变容二极管、稳压二极管、开关二极管、发光二极管等。

判别二极管极性及其好坏:将万用表欧姆挡的量程拨到 $R \times 100 \Omega$ 挡或 $R \times 1 k\Omega$ 挡,同时表针调零,用万用表表笔分别搭接二极管的两端,观测电阻值,然后调换两表笔再观测电阻值,若一次阻值大(二极管为反偏),一次阻值小(二极管为正偏),说明二极管是好的。一般硅二极管的正向电阻为几千欧,反向电阻趋于无穷大;锗二极管的正向电阻为几百欧,反向电阻为几百千欧。电阻值小的那次黑表笔所接触端为二极管阳极,红表笔所接触端为二极管阴极。若两次电阻同时都很大或同时都很小,说明二极管已损坏。

2. 晶体三极管

晶体三极管按结构分,有点接触型和面接触型;按工作频率分,有高频三极管和低频三极管、开关管;按功率大小分,有大功率、中功率、小功率三极管;从封装形式分,有金属封装和塑料封装等形式。由于三极管的品种多,在每类当中又有若干具体型号,因此在使用时务必分清,不能疏忽,否则将损坏三极管。

三极管有两个PN结,三个电极(发射极、基极、集电极)。按PN结的不同构成,有PNP和NPN两种类型。

塑封管是近年来发展较迅速的一种新型晶体管,应用越来越普遍。这种晶体管有体积小、重量轻、绝缘性能好、成本低等优点,但塑封管的不足之处是耐高温性能差,一般用于 125°C 以下的范围(管壳温度 T 小于 75°C)。常见的塑封管有高频管为 3DG201-204、3DG1674、3DG945 等,中功率管为 3DX204、3DX815、DA1514 等,大功率管为 3DD206、DS31、DS33、3DD408 等。

确定三极管的三个电极以及类型:

(1) 确定基极 b 及分辨三极管类型

利用PN结正向的电阻小、反向电阻大的原理找基极并确定类型。步骤如下:先将万用表的表笔固定在某一管脚上,用另一支表笔去碰其余两管脚。若测得两次电阻都大或都小,再调换固定表笔,再测另两管脚的电阻。满足两次都小或都大时才能确定固定表笔所接端是基极。若不符合上述结果,则可任换固定表笔所接管脚,重复上述过程,直到找出基极为止。

当两次阻值都小时,固定表笔是黑表笔,则该管为NPN型;若固定表笔是红表笔,则为PNP型管。

(2) 判别 c 和 e 极及硅管或锗管

如待测的管子为 PNP 型锗管, 先将万用表拨至 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡, 测出基极以外的另两个电极, 得到一个阻值, 再将红、黑表笔对调测一次, 又得到一个阻值, 在阻值较小的那一次中, 红表笔所接的那个电极就为集电极, 黑表笔所接的就为发射极。对于 NPN 型锗管, 红表笔接的那个电极为发射极, 黑表笔所接的电极为集电极, 如图 1.2(a, b) 所示。

对于 NPN 型硅管可在基极与黑表笔之间接一个 $100 \text{ k}\Omega$ 的电阻, 用上述同样方法, 测出基极以外的两个电极间的阻值, 其中阻值较小的一次黑表笔所接的为集电极, 红表笔所接的电极就为发射极, 如图 1.2(c) 所示。

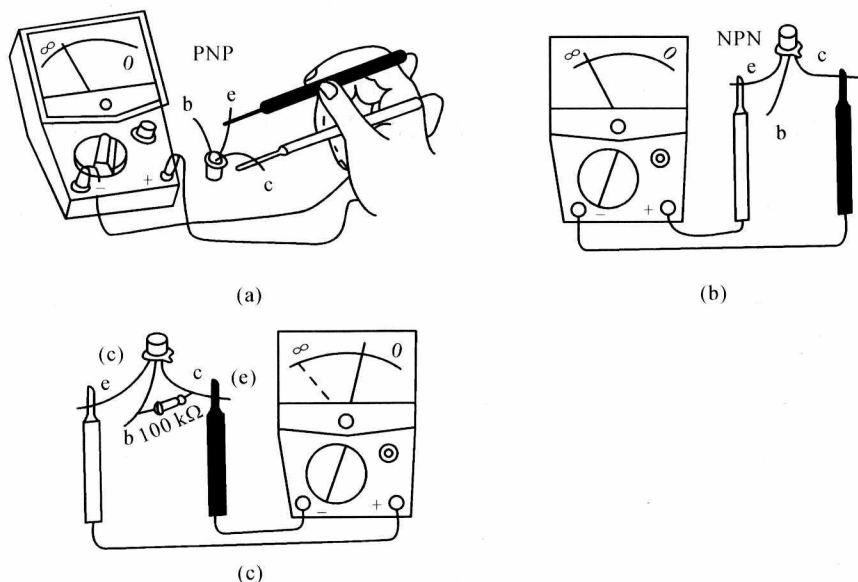


图 1.2 三极管电极判别方法

1.1.5 集成电路

集成电路(Integrated circuit, IC)是 20 世纪 60 年代初期发展起来的一种新型半导体器件。它是经过氧化、光刻、扩散、外延、蒸铝等半导体制造工艺, 把构成具有一定功能的电路所需的半导体、电阻、电容等元件及它们之间的连接导线全部集成在一小块硅片上, 然后焊接封装在一个管壳内的电子器件。其封装外壳有圆壳式、扁平式或双列直插式等多种形式。

集成电路具有体积小、重量轻、引出线和焊接点少、寿命长、可靠性高、性能好等优点, 同时成本低, 便于大规模生产。它不仅在工、民用电子设备如收录机、电视机、计算机等方面得到广泛的应用, 同时在军事、通信、遥控等方面也得到广泛的应用。用集成电路来装配电子设备, 其装配密度比晶体管可提高几十倍至几千倍, 设备的稳定工作时间也可大大提高。

集成电路按其功能、结构的不同, 可以分为模拟集成电路、数字集成电路和数/模混合集成电路三大类。模拟集成电路又称线性电路, 用来产生、放大和处理各种模拟信号(指幅度随时

间变化的信号。例如半导体收音机的音频信号、录放机的磁带信号等),其输入信号和输出信号成比例关系。而数字集成电路用来产生、放大和处理各种数字信号(指在时间上和幅度上离散取值的信号。例如 3G 手机、数码相机、电脑 CPU、数字电视的逻辑控制和重放的音频信号和视频信号)。

1.2 常用电子仪器认知

在模拟电子电路实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。它们和万用电表一起,可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局,各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 1.3 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称共地。信号源和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器接线使用专用电缆线,直流电源的接线用普通导线。

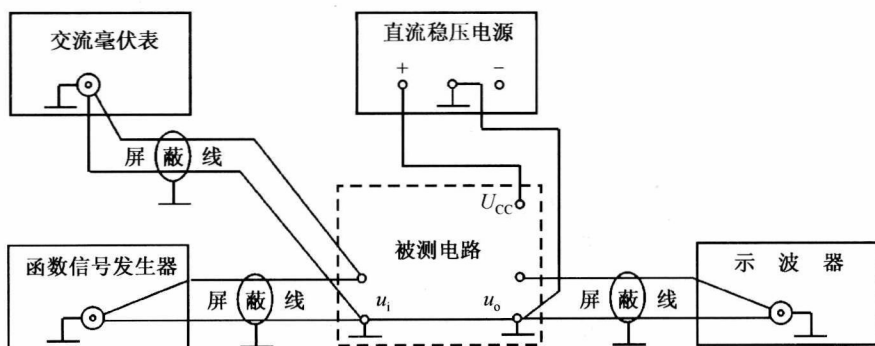


图 1.3 常用电子仪器与被测装置连接图

1.2.1 万用表

万用表有时也被称为三用表,主要测量电压、电流、电阻。准确地说,它能够测量直流电压、交流电压、直流电流和电阻值,还能测量晶体管的直流放大倍数,检测二极管的极性,判别电子元器件的好坏,有的还可测量电容和其他参数。它是一种多功能、易操作、便携式小型测量仪表。

万用表有指针式和数字式两大类。指针式万用表小巧结实,经济耐用,灵敏度高,但读数精度稍差;数字式则读数精确,显示直观,有过载保护,但价格较贵。

1. 指针式万用表

万用表的准确零位非常重要,否则测出的参量就失去了意义,犹如市场上买东西时要校准称盘一样。万用表的调零分为机械调零和电位器调零两种,适用在不同场合。

(1) 调零

① 电流、电压的调零——使用机械调零

在测量电流或电压之前,将连接面板插口正、负极的两根表棒悬空,观察表头指针是否向左满偏,指在零位上,如不在零位,可适当调整表盖上的机械零位调节螺丝,使其恢复调至零位上,测试的电流电压读数才会准确。

注意:万用表在使用中很少进行机械调零,并且不建议学生自行使用机械调零。当遇到需要机械调零的万用表,一般应交给指导教师操作。

② 电阻调零——使用电位器调零

测量电阻共有5个挡位,每个挡位下,都需要重新使用调零电位器,以保证准确的零位。因此,几乎每次测量电阻前,都需要对万用表进行电阻调零。

在测量电阻之前,将连接面板插口正、负极的两根表棒短接,观察表头指针是否向右满偏,指在零位上,如不在零位,可适当左右调整电阻调零电位器,使其调至零位上。

(2) 测量

① 电阻测量

为了能够测量不同数量级的电阻,一般万用表都设有 $\Omega \times 1 \sim \Omega \times 10\text{ k}$ 共五个挡位,且共用表头中第一条欧姆标尺刻度。转换开关所选欧姆值与指针偏转读数以倍率关系计算。指针指在不同位置的读值应乘以所选挡位的欧姆数,即为所测电阻的数值。

由于零欧姆电阻调零不能覆盖五个挡位,故每换一挡量程,就必须调零,以确保测量电阻的精确度。通过换挡,使指针位于表头中部时读数精度最高。

为了保证测量电阻的准确性,有以下几点注意:

(a) 保证电阻不和其他导体连接,避免出现并联。不要用双手接触电阻,避免将人体电阻与被测电阻并联;尽量不要在电路中测量电阻,其他电路很可能成为并联电阻。因此,最好将电阻拆卸下来测量。

(b) 选择合适的挡位,使得指针尽量处于表头中部占总表头的 $1/3$ 范围内。

(c) 准确调零。

(d) 正确读取测量值。

② 交流电压测量

指针式万用表的直流电压测量范围从 $1 \sim 500\text{ V}$ 共五个挡位。测试直流电压时,把转换开关换至直流电压量程挡,根据被测电压大小,应从小到大选定量程,再将万用表插孔的“+、-”极性通过表棒并联接入待测电路,在表头第二条刻度(具有V标识符)的线上找出相应读值。转换开关所选值为指针向右满偏时的读值,指针指在不同位置,读数应按比例计算。通过换挡,使指针位于表头中部时读数精度最高。

③ 交流电压测量

磁电式结构万用表测量交流电压时,刻度标尺上标出的是正弦交流电的有效值。因此,万用表的交流电压挡只能测正弦交流电压且读数为有效值,仅适合测量 $45 \sim 1\,000\text{ Hz}$ 频率范围内的电压。

交流电压的测量范围从 $10 \sim 500\text{ V}$ 共三挡。测试交流电压的方法与测试直流电压的方法相同,只需将转换开关选至交流电压量程范围。

若测量小于 10 V 的交流电压,考虑到二极管非线性因素的影响,特别设置了第三条刻度标尺线,测量方法及读数方法与测量直流电压方法相同。

④ 直流电流测量

指针式万用表的直流电流测量范围从 $50\ \mu\text{A}$ ~ $500\ \text{mA}$ 共五个挡位。测试直流电流时,根据被测电流大小,先将转换开关选至合适的直流电流量程挡。如不确定,应从大到小选定量程,再将万用表插孔的+(红色)、-(黑色)极性通过表棒按正入负出原则,把万用表串联接入待测电路,在表头第二条刻度(具有mA标识符)的线上找出相应读值。转换开关所选值为指针向右满偏时的读值,指针指在不同位置,读数应按比例计算。通过换挡,使指针位于表头中部时读数精度最高。

⑤ 指针式万用表使用中的安全注意

(a) 不能带电测量电阻。测量一个电阻的阻值,必须保证电阻处于无源状态,也就是测量时,电阻上没有其他的电源或者信号。特别在电路板带电工作时,严禁测量其中的电阻。否则,除测量结果没有意义外,一般都会将万用表的保险丝烧毁。

(b) 不能超限测量。超限测量是指万用表指针处于超量程状态。此时,万用表指针右偏至极限,极易损坏指针。发生超限测量,一般是由于量程不合适造成的。选择合适的量程或者在外部增加分压、分流措施,都可以避免超限测量。

(c) 不要让万用表长期工作于测量电阻状态。万用表仅在测量电阻时消耗电池。因此,为了让万用表电池工作更长的时间,在不使用万用表时,一般应将量程转换开关置于直流或者交流 $500\ \text{V}$ 挡。

(d) 不要随意调节机械调零。测量电阻时需要调节调零电位器,是因为不同的电阻挡位需要不同的附加电阻,并且电池电压一直在变化。而机械调零在出厂调好后,一般不需要调整。因此,不要随意调节机械调零。

(e) 在万用表测量高电压时,务必注意不要接触高压。万用表的表笔脱离表体、导线漏电等,都有可能导致触电。因此,在测量高电压时,测试者一定要保持高度警觉。

2. 数字式万用表

数字电压表由 RC 阻容滤波器、A/D 转换器(双积分式)、LCD 液晶显示器组成。而数字万用表则是在此基础上增加了交流-直流(AC-DC)、电流-电压(A-V)、电阻-电压(Ω -V)几部分转换器组建而成,其设计采用大规模集成电路,原理框图如图 1.4 所示。

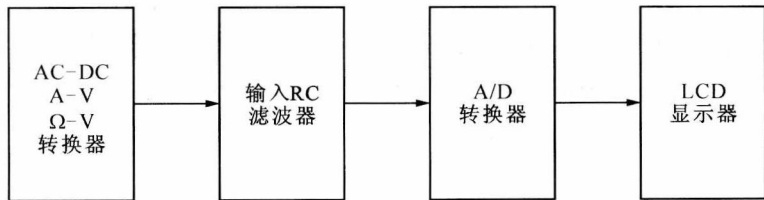


图 1.4 数字万用表原理框图

一般数字万用表可以用来测量直流和交流电压、直流和交流电流、电阻、电容、二极管及晶体管 h_{FE} 和频率。而且多数具有自动调零、极性选择、过量程显示和读数保持功能。数字万用表面板功能如表 1.2 所示。

表 1.2 数字万用表面板功能介绍

名称	开关、插孔及端口	状态及功能
LCD 显示窗口	工作状态时	自动显示相应挡位所测数值及极性
拨动式开关	POWER(电源开关)	OFF: 电源关断 ON: 电源打开
	HOLD(保持开关)	HOLD: 当前数据保持在显示器上
晶体管(NPN、PNP) h_{FE} 测试插孔	晶体管(PNP) h_{FE} 测试插孔	测试 PNP 型晶体管的 h_{FE} 参数时,插在左侧 e、b、c 测试插孔
	晶体管(NPN) h_{FE} 测试插孔	测试 NPN 型晶体管的 h_{FE} 参数时,插在右侧 e、b、c 测试插孔
电容测试插孔	CX 电容测试插孔	测试电容时,插在 CX 插孔
量程转换开关	30 个挡位量程及功能选择	先按不同测量的需要选择功能键,再按从大到小使用原则选择量程挡
四个输入端口 V/ Ω /f(红表棒) COM(黑表棒) mA 10 A	测量电压、电阻、频率、二极管	将红表棒(+)接入 V/ Ω /f 端口,将黑表棒(-)接入 COM 端口
	测量电流	将红表棒(+)接入 mA、10 A 端口,将黑表棒(-)接入 COM 端口
	测量电导	将红表棒(+)接入 V/ Ω /f 端口,将黑表棒(-)接入 mA 端口

数字万用表测量电压、电流以及电阻的方法和指针万用表基本相同,只是在测量电阻时因为数字万用表有自动调零功能,所以不用进行人工调零。但是在使用数字万用表时应该注意以下几点:

- (1) 将 ON - OFF 开关置 ON 位置,查看电池是否充足。若显示器上出现“”符号,表示电池电压低。此表在低电压下工作,读数可能出错,为避免错误的读数造成错觉而导致电击伤害,显示低电压符号时应及时更换电池。
- (2) 在输入插口旁的“”与“”符号是用来警告输入电压或电流不可超过表上指定极限,否则会造成仪表损坏。
- (3) 测量时,须明确面板结构与各部位的作用,并将各功能开关与量程挡位配合使用。量程开关所指数值为该挡量程的上限值。若显示器显示溢出标记“1”,表明量程选值太小,应将量程转至数值较大的挡位上。若不能确定被测参数的范围时,量程挡选择应遵循由大到小的原则。
- (4) HOLD 开关只有需要保持当前数据时才拨动向右,其余时间应拨向左边。
- (5) 不要在量程开关为 Ω 位置时,测量电压或电流值。
- (6) 养成良好的习惯,测完后将电源开关置 OFF 位置。

1.2.2 示波器

1. 示波器说明和功能

我们可以把示波器简单地看成是具有图形显示的电压表。普通的电压表是在其刻度盘上移动的指针或者数字显示来给出信号电压的测量读数,而示波器则与众不同。示波器具有屏幕,它能在屏幕上以图形的方式显示信号电压随时间的变化,即波形。

示波器和电压表之间的主要区别:

(1) 电压表可以给出详测信号的数值,这通常是有效值即 RMS 值。但是电压表不能给出有关信号形状的信息。有的电压表也能测量信号的峰值电压和频率。然而,示波器则能以图形的方式显示信号随时间变化的历史情况。

(2) 电压表通常只能对一个信号进行测量,而示波器则能同时显示两个或多个信号。

2. 示波管和电源系统

(1) 电源(Power)

示波器主电源开关。当此开关按下时,电源指示灯亮,表示电源接通。

(2) 辉度(Intensity)

旋转此旋钮能改变光点和扫描线的亮度。观察低频信号时可小些,高频信号时大些。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(Illuminance)

此旋钮调节荧光屏后面的照明灯亮度。正常室内光线下,照明灯暗一些好。室内光线不足的环境中,可适当调亮照明灯。

3. 垂直偏转因数和水平偏转因数

(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,这一定义对 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为 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。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 1 V/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 1 V 。

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 1 V/DIV ,采用 $\times 5$ 扩展状态时,垂直偏转因数是 0.2 V/DIV 。

在做数字电路实验时,常利用屏幕上被测信号的垂直移动距离与 $+5\text{ V}$ 信号的垂直移动距离之比来判断被测信号的电压值的大小。