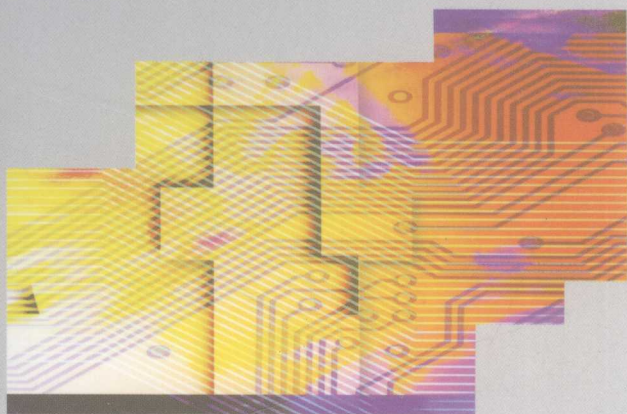


高等院校规划教材



电工与电子技术实验教程

主 编 朱小龙 梁秀荣



煤炭工业出版社

高等院校规划教材

电工与电子技术实验教程

主 编 朱小龙 梁秀荣

副主编 潘玉民

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书介绍了电工与电子技术实验与实践教学的基本知识和基本训练,包括基础实验、综合设计实验、系统设计以及 EDA 技术的应用。

全书共分 6 章。第 1 章介绍电工与电子学实验基础知识,包括电工与电子学测量基础知识,常用仪器仪表的使用方法;第 2 章介绍电工学基础实验;第 3 章介绍模拟电子技术实验;第 4 章介绍数字电子技术实验;第 5 章介绍电子电路综合设计实验;第 6 章介绍 EDA 技术,包括 EWB 仿真应用,Protel 在原理图设计及 PCB 板制作中的应用和 MAX+PLUSII 在数字电路设计实验中的应用。

本书可作为高等院校电工与电子学实验教材用书,也可供从事电工及电子技术的工程技术人员使用和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术实验教程/朱小龙、梁秀荣主编.

—北京:煤炭工业出版社,2006

高等院校规划教材

ISBN 7-5020-2953-2

I. 电… II. ①朱…②梁… 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. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 101733 号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 6¹/₂

字数 149 千字 印数 1—1,000

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 5752 定价 24.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

随着微电子技术、计算机技术的飞跃发展,新技术、新知识和新手段的不断涌现,现代电子技术的发展已经日新月异。“电工与电子技术”课程是高等院校理工科专业的一门专业基础课,是一门具有工程特点和实践性很强的课程。作为电工电子学类重要的实践性教学环节——实验,必须适应教学内容和现代化教学手段的要求。为了适应现代科学技术的发展,满足非电专业的实验教学的要求,我们根据多年的教学、实验经验,遵循既要满足教学的基本要求,又要体现新技术的指导思想,本书在内容的组织和编写上既体现原有基础实验内容,又增加了新器件、新技术及新的实验手段与方法,加强了综合性与设计性实验的内容,较好地体现了工程应用型人才培养的要求。其主要特点是:

1. 在实验教学内容上,在验证性基础实验教学内容的基础上,增加一定比例的综合设计性实验,形成多层次的实践内容,培养学生独立思考和实际操作能力。

2. 实验手段方面,除实验操作台、实物实验外,还采用了 Electronics Workbench 计算机辅助分析和设计,基于 Protel 软件的电子电路原理图设计及 PCB 板制作,数字电路中基于 CPLD 可编程器件设计仿真软件 MAX+PLUS II 等目前最为流行的电工电子 EDA 工具。

3. 教材强调培养学生的实际操作能力,对具体实验提供了详细的指导。

4. 每个基础实验都有思考题,这些思考题不同于作业题,注重实践,对分析实验内容和加深对理论知识的理解很有帮助。

5. 本教材集电路理论、电工技术、模拟电子技术和数字电子技术于一体。在实验的安排上,既考虑了与理论教学保持同步,又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程。

本书由朱小龙、梁秀荣任主编,潘玉民任副主编。参加编写工作的有:第 1、2 章由潘玉民编写,第 3 章由赵文杰编写,第 4 章、第 6.3 节由梁秀荣编写,第 5 章由朱小龙编写,第 6.1 节由薛伟宁编写,第 6.2 节由林亭生编写。本书由朱小龙负责全书的统稿工作。薛鹏骞教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的修改意见,谨此表示衷心感谢。在编写过程中作者参考了书末所列

的文献资料，在此向其作者表示感谢。

由于作者水平和经验所限，书中如有错误和不妥之处，敬请读者批评、指正。

编 者

2006年7月

目 录

1	电工电子实验基础知识	1
1.1	电工、电子测量基础知识	1
1.2	常用电路元器件	4
1.3	常用电子测量仪器	7
2	电工技术实验	13
2.1	线性有源二端口网络等效电路测量	13
2.2	电感性负载电路和功率因数的提高	16
2.3	三相交流电路电压、电流的测量	19
2.4	RC电路的暂态分析	21
2.5	变压器参数和特性测试	24
2.6	异步电动机的启动	27
3	模拟电子技术实验	32
3.1	半导体元件的测试	32
3.2	单级放大器的测试与测量	34
3.3	集成运放的线性应用	37
3.4	直流稳压电源测试	41
4	数字电子技术实验	47
4.1	组合逻辑电路的设计与测试	47
4.2	数据选择器及其应用	48
4.3	触发器及其应用	51
4.4	计数器及其应用	54
4.5	555定时器及其应用	57
5	电子电路综合设计实验	60
5.1	三相异步电动机正反转控制线路实验	60
5.2	波形发生器的设计	63
5.3	多功能集成直流稳压电源的设计	67
5.4	四路优先抢答器电路设计	73

6 EDA 技术	76
6.1 EWB 在电子电路实验中的应用	76
6.2 Protel 99 SE 在电子电路设计制作中的应用	82
6.3 MAX+PLUSII 在数字电路实验中的应用	86
参考文献	98

1 电工电子实验基础知识

1.1 电工、电子测量基础知识

测量是通过实验对客观事物取得定量信息的重要手段。电工、电子测量是以电工电子技术为基本手段的一种测量技术，它是通过电工、电子仪器仪表实现对电流、电压、功率因数、频率等参数的测量。正确运用电工电子仪器仪表首先需要了解其工作原理、测量方法及仪表分类。

1.1.1 测量方法

1. 按测量方式分类

通常交、直流电量的测量方法可以分为指示测量和比较测量。

(1) 指示测量。它是通过仪表的测量机构，由指针直接指示被测量的大小，如磁电系仪表。直读式电流表、电压表、功率表等均属于指示测量。

(2) 比较测量。它是将被测量与已知标准量进行比较，如交、直流电桥属于比较测量。

2. 按测量性质分类

(1) 时域测量。也称瞬态测量，主要测量被测量随时间变化的规律。

(2) 频域测量。也称为稳态测量，主要获取被测量与频率之间的关系。

(3) 数据域测量。也称为逻辑量测量，主要是用逻辑分析仪等设备对数字量或电路的逻辑状态进行测量。

(4) 随机测量。又称统计测量，主要是对各类噪声进行动态测量和统计分析。

1.1.2 仪表分类

(1) 按工作原理分为：磁电式（或磁电系）仪表、电磁式仪表、电动式仪表和整流式仪表等。

(2) 按被测量的名称（单位）分为：电流表、电压表、功率表、相位表、频率表等。

(3) 按电流的种类分为：直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。

(4) 按仪表准确度等级分为7个：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。其中0.1、0.2级常用于精确测量或作为标准表；0.5~1.5级仪表用于实验室的一般测量；1.5~5.0级仪表常用于工业或作为安装仪表。

磁电式、电磁式、电动式和整流式等构成仪表的测量机构——表头，它是电工仪表的核心部件。表头允许流过的电流通常很小，如磁电式为微安级或毫安级的电流。这些表头通过测量线路扩大量程形成各种电流表、电压表、功率表等电工仪表。

测量直流量时多采用磁电式表头作为测量机构，测量交流时多采用电磁式表头作为测量机构，精密测量或功率测量时常采用电动式测量机构。

1.1.3 测量仪表

1. 磁电系仪表

磁电系仪表内部结构如图 1-1 所示。该仪表由永久磁铁、极掌、铁芯构成固定的磁路系统。在设计加工时,使空气隙中产生辐射状均匀磁场,以获得均匀刻度。当线圈中有被测电流流过时,线圈在磁场的作用下发生偏转,直到和游丝的反作用力矩相平衡为止。偏转角的大小与通过线圈的电流成正比,由指针进行指示。平衡锤使可动部分的重心落到转轴上。

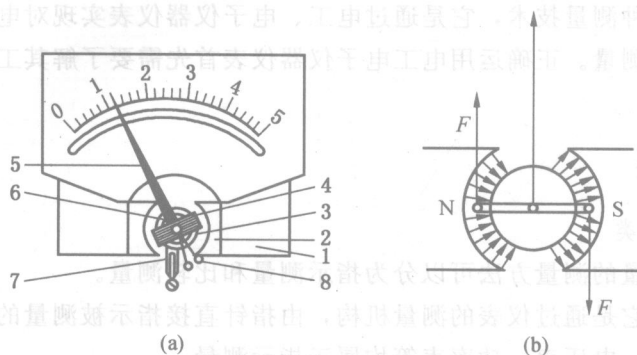


图 1-1 磁电系仪表结构图

a—内部结构; b—气隙磁场及受力

1—永久磁铁; 2—极掌; 3—圆柱形铁芯; 4—线圈; 5—指针; 6—游丝;

7—调零螺杆; 8—平衡锤

设通入线圈的电流为 I , 在动圈的两个有效边上产生电磁力 F , 如图 1-1b 所示, 从而产生转动力矩 T , 使动圈偏转。

$$T = 2rF = C_1 I, F = NLBI, C_1 = 2rNLB$$

式中 $2r$ ——动圈宽度;

L ——动圈有效边长;

B ——磁感应强度;

N ——线圈匝数。

当动圈转动时, 由游丝产生反作用力矩: $T_a = C_2 \alpha$ 。 C_2 是与游丝的几何参数及弹性模量有关的常数, α 为偏转角。达到平衡时, $T = T_a$, 于是 $\alpha = (C_1/C_2)I = S_I I$, 其中 S_I 为测量机构的电流灵敏度。

上式表明, 磁电系测量机构的指针偏转角 α , 与流过动圈的电流 I 成正比, 因此磁电系仪表的刻度盘均匀。当动圈的电流 I 不同时, 指针偏转角 α 也不同, 于是可以从仪表刻度盘直接读出被测的数值。

磁电系测量机构通过测量线路可以作成直流电流表、直流电压表、欧姆表等磁电系仪表。磁电系仪表具有准确、灵敏度高、刻度均匀等特点, 缺点是不能直接测量交流量且过载能力差。由于被测电流通过游丝进入线圈, 易使游丝发热, 使弹性系数变化或损坏动圈。

2. 电磁系仪表

1) 电磁系仪表测量原理

电磁系测量机构主要由固定线圈和固定在转轴上的软磁动铁片组成。当电流通过固定线圈时产生磁场使软磁动铁片磁化,使仪表可动部分产生偏转,实现测量电流的目的。这类测量机构分为扁线圈结构和圆线圈结构两种不同的结构形式。

扁线圈结构又称吸引型结构,这里以圆线圈排斥型结构为例,如图 1-2 所示。在圆线圈的内部,有固定铁片 2 和可动铁片 3,当圆线圈 1 通有电流后产生磁场,将使固定铁片 2 和可动铁片 3 同时磁化,他们顺圆线圈的同一侧产生的磁极是同极性的,因此产生磁斥力,使可动铁片带动指针偏转,并由游丝或张丝平衡。同样当线圈中电流方向改变时两铁片磁极极性同时改变,因此可以测量交流电量。

2) 表达式

测量直流电流 I 时,线圈中的电磁能量 $A = \frac{1}{2} I^2 L$, 力矩 $T = \frac{dA}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$, 游丝或张丝的反作用力 $T_s = K_s \alpha$, 其中 K_s 为游丝或张丝的反作用力矩系数。当测量机构处于平衡状态时有 $T = T_s$, 在制作仪表时使 $dL/d\alpha = \text{常数}$, 则有偏转角 $\alpha = KI^2$ 。

当测量机构通入交流电流 i 时,在一个周期内对力矩取平均值,偏转角 α 的表达式与测量直流时相同,只是式中的 I 代表交流电流的有效值。这表明电磁系仪表在测量交流电流时,其偏转角所对应的是交流电流的有效值,但仪表刻度是不均匀的。

3) 电磁系仪表的特点

其优点是过载能力强,交直流两用,结构简单,价格便宜;缺点是准确度、灵敏度低、工作频率范围不大,一般宜工作在 1kHz 以下,且易受外界电磁干扰的影响。

3. 电动系仪表

1) 工作原理

电动系仪表是利用两个通有电流的线圈相互之间产生电动力原理制成的。内部结构包括固定线圈和固定在转轴上的可动线圈。当电流流入固定线圈后在空间形成磁场,而在可动线圈中同时也有电流流过,则与磁电式仪表一样,此可动线圈将受到力矩的作用,会带动与轴相连的指针转动,直至与游丝产生的反作用力矩相平衡。电动系仪表的结构原理如图 1-3 所示。

当通过 2 个线圈的电流方向改变时,所产生的偏转力矩方向不变。因此电动系仪表同样可以交直流两用,刻度也是非均匀的。

2) 电动系仪表的特点

其优点是准确度高,交直流两用,测量参数范围广。由于电动系仪表中没有铁磁物质,不存在涡流和磁滞的影响,可以达到很高的准确度。电动系仪表能够测量多种参数,如电压、电流、功率、频率等。缺点是易受外磁场影响,过载能力小。由于可动线圈中电流由游丝导入,因此过载能力差。电动系电流表、电压表的刻度不均匀,但功率表的标度尺刻度均匀。

3) 表达式

当测量直流时,转动力矩 $T \propto I_1 I_2$ 。游丝或张丝的反作用力矩 $T_s = K_s \alpha$, K_s 为游丝或张丝的反作用力矩系数。当测量机构处于平衡状态时有 $T = T_s$, 因此偏转角 $\alpha = K' I_1 I_2$ 。

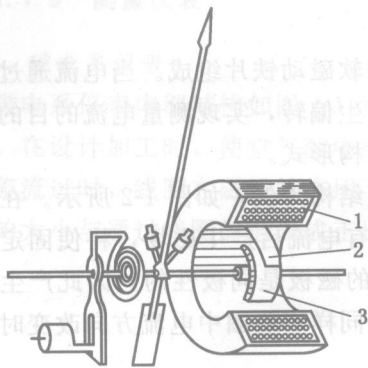


图 1-2 电磁系（排斥型）仪表结构
1—圆线圈；2—固定铁片；3—可动铁片

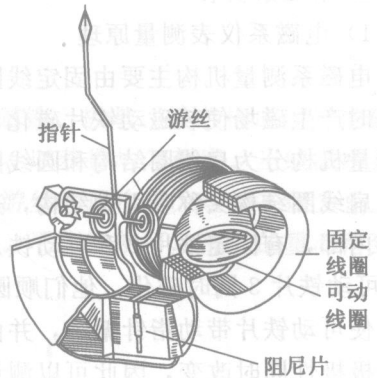


图 1-3 电动系测量机构原理图

测量交流时， $T \propto I_1 I_2 \cos \varphi$ ， I_1 、 I_2 为交流有效值， φ 为固定线圈中电流和可动线圈中电流的相位差。偏转角 $\alpha = K I_1 I_2 \cos \varphi$ ，即偏转角与流过两线圈电流的相位角有余弦关系，这说明电动系测量机构可以反映相位。利用这一原理可以制作交流功率表测量功率。

1.1.4 功率的测量

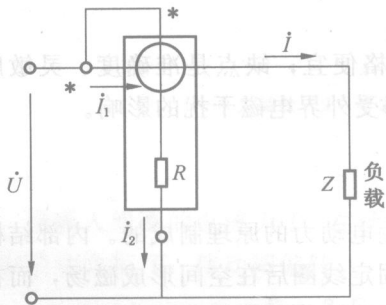


图 1-4 功率测量原理图

图 1-4 为单相交流电动系功率表测量原理图。将固定线圈和负载串联，使其流过负载电流 I ，称为电流线圈；可动线圈与其串联的附加电阻 R 一起与负载并联，称为电压线圈，流过的电流取决于负载电压 U 。选择 R 使可动线圈支路纯电阻分量远大于感抗，则 $I_2 \approx U/R$ 。由于功率 $P = UI \cos \varphi$ ，则偏转角

$$\alpha = K \frac{U}{R} I \cos \varphi = K' U I \cos \varphi = K' P$$

式中 φ 为 I_1 和 I_2 之间的相位差角，因此通过偏转角可以测量功率的大小。

1.2 常用电路元器件

1.2.1 电阻器和电位器

电阻器和电位器是电气、电子设备中应用最广泛的元件之一。

1. 电阻器的技术指标

电阻器的技术指标主要有标称阻值、额定功率、精度等，电位器还有滑动噪声、分辨率、极限电压等技术指标。

(1) 标称阻值。它是指电阻器出厂时标注在电阻上的数值。电位器的标称阻值与电阻

器相同。

(2) 额定功率。电阻长时间工作时允许消耗的最大功率称为额定功率。电位器与其类似。

电阻的额定功率的标称值，常见的有 $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 、 2W 、 3W 、 5W 、 10W 等。当电阻超过额定功率长时间运行其阻值会发生变化或烧坏。因此在选择电阻器额定功率时，通常取计算值的 $1\sim 2$ 倍以上。如消耗功率为 5W ，可以选用 10W 的电阻。

(3) 精度。也称为容许误差，它是指电阻器的实际阻值和标称阻值的相对误差。

2. 电阻器的型号及表示方法

电阻器的表示方法有直接表示法、文字标注法和色环表示法 3 种。

(1) 直接表示法。它是将阻值、精度等级直接标示在电阻器上。

(2) 文字标注法。如： $4\text{k}7\text{F}$ 表示 $4.7\text{k}\Omega \pm 1\%$ ，F 表示误差范围为 $\pm 1\%$ 。

例如，RJ71-0.125-5.1k Ω ，该电阻为精密金属膜电阻器，额定功率为 $1/8\text{W}$ ，标称值为 $5.1\text{k}\Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。

(3) 色环表示法。色环表示方法是在电阻标称法中运用最普遍的一种。电阻上自左至右依次为一、二、三、四、五道色环。色标法一般有两种表示法，一种为阻值是两位有效数字，共 4 道色环；另一种是阻值为 3 位有效数字，共 5 道色环。右侧最后一环表示误差等级，右侧第 2 位表示倍率 n ，即在有效数字后面乘以 10^n 。

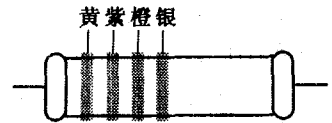


图 1-5 用色环表示电阻值

如图 1-5 所示，该电阻为四环电阻，其中颜色所代表的数字可以查阅手册。色环从左到右顺序为黄（4）、紫（7）、橙（ $\times 10^3$ ）、银（误差为 $\pm 10\%$ ），表示阻值为 $47\text{k}\Omega \pm 10\%$ 。

1.2.2 电容器

电容器是一种储能元件。在电路中用于调谐、滤波、耦合、补偿等。

1. 电容器的分类

电容的种类很多，按结构形式来分，有固定电容、半可变电容器、可变电容器。按介质分有纸介电容、油浸纸介电容、金属化纸介电容、云母电容、薄膜电容、电解电容等。

2. 电容器的常用技术指标

(1) 额定电压：电容长期可靠地工作时两电极间能承受的最大电压，简称耐压值。常用固定电容器的直流工作电压系列为： 6.3V 、 10V 、 16V 、 25V 、 40V 、 63V 、 100V 、 250V 、 400V 。

(2) 标称容量：电容器上标明的电容数值为标称容量。

(3) 允许误差：是实际电容量相对于标称电容量的最大允许偏差范围。

允许误差等级有 8 级：01（ $\pm 1\%$ ），02（ $\pm 2\%$ ），I（ $\pm 5\%$ ），II（ $\pm 10\%$ ），III（ $\pm 20\%$ ），IV（ $+20\% \sim -30\%$ ），V（ $+50\% \sim -20\%$ ），VI（ $+100\% \sim -10\%$ ）。

3. 电容器型号及命名法

电容器的标志代号由 4 部分组成，第 1 部分表示主称，第 2 部分表示材料，第 3 部分表示特征，第 4 部分为品种及尺寸代号、直流工作电压、标称值、允许误差等。电容器型号分别由标志代号、额定电压、标称容量、误差等级组成。

例如, CJX-250-0.33±10%电容的意义:金属化纸介质、小型,额定电压为250V,标称电容量为0.33μF,允许误差为±10%的电容。

1.2.3 电感器

电感又称电感线圈,是用导线绕制在绝缘管或铁芯、磁芯上的一种常用的电子元件。

1. 电感器的分类

电感器可分为带磁芯和不带磁芯两大类,按工作频率,可分为:①低频扼流圈;②空芯式或磁棒式天线线圈;③高频电感线圈。

2. 电感器的主要参数

(1) 电感量。电感量的大小与磁芯材料及线圈匝数有关。

(2) 品质因数Q。品质因数Q反映电感器传输能量的本领。Q值越大表示传输能量的能力越强,损耗越小,一般要求Q=50~300,Q值越大表示相同情况下电感的功耗越小。

(3) 额定电流。线圈长时间工作时允许通过的最大电流。用字母A、B、C、D、E分别表示50mA、150mA、300mA、700mA、1600mA 5个等级。

(4) 分布电容。电感线圈匝与匝之间存在的电容效应。

1.2.4 常用半导体器件

1. 半导体二极管、晶体管命名方法

二极管可以分为点接触型和面接触型两类。常用作全波、整流、混频、稳压、限幅以及在数字电路中做开关元件等。半导体二极管、晶体管是构成分立元件电路的核心,器件的型号由五个部分组成,各部分含义具体见表1-1。常见半导体二极管如图1-6所示。

表1-1 国产半导体器件型号的命名方法

第一部分 主称		第二部分 材料与极性		第三部分 类别		第四部分 序号	第五部分 规格
数字	含义	字母	含义	字母	含义	用数字表示同一类别产品序号	用数字表示产品规格、档次
2	二极管	A	N型锗材料	P	普通管		
		B	P型锗材料	W	稳压管		
		C	N型硅材料	L	整流堆		
		D	P型硅材料	N	阻尼管		
3	晶体管	A	锗材料、PNP型	Z	整流管		
		B	锗材料、NPN型	G	高频小功率管		
		C	硅材料、NPN型	X	低频小功率管		
		D	硅材料、NPN型	A	高频大功率管		
		E	化合物材料	D	低频大功率管		

普通二极管一般分为玻璃封装和塑料封装两种。在外壳上有二极管标记,有的则只有一个色点,有色点的一端为阳极,或者采用符号P极(正极)或N极(负极)来表示。

发光二极管的正负极可从引脚长短来识别，长脚为正，短脚为负。也可以用万用表测试极性。

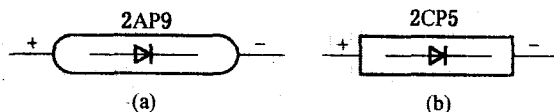


图 1-6 半导体二极管

a—玻璃封装；b—塑料封装

2. 晶体管的识别与测量

晶体管主要有 NPN 型和 PNP 型两大类，晶体管的识别有以下几种方法。

(1) 根据命名法从晶体管外壳上的符号辨别出型号和类型。国产晶体管型号的命名方法见表 1-1。

示例 1：晶体管外壳上型号为 3DG81，则该管是 NPN 型高频小功率硅材料晶体管。

示例 2：如 3AX81，表明它是 PNP 型低频小功率锗材料晶体管。

(2) 从管脚的排列规律辨别电极。

对于小功率晶体管来说，有塑料外壳和金属外壳封装两种。如果外壳上带有定位标志，则可以将管脚面对自己，从定位标志开始，按顺时针方向，3 个电极依次为 e、b、c；如果管壳上没有定位标志，且 3 个电极在半圆内成等腰三角形排列，则可以将管脚面对自己，将等腰三角形的底边置于下方，按顺时针方向，3 个电极依次为 e、b、c。也可采用万用表进行测试，或用晶体管图示仪获得更详细的特性。

1.3 常用电子测量仪器

1.3.1 数字万用表

1. 数字万用表的外形结构

UT-51~55 系列数字万用表的面板如图 1-7 所示。该表的前面板主要包括：

(1) ①电源开关：按下开关电源接通。

(2) ②电容测试座：UT-55 型表不具有测电容的功能。

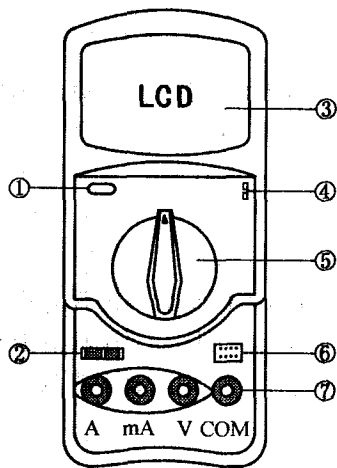


图 1-7 数字万用表面板

(3) ③液晶显示器：采用 FE 型大字号 LCD 显示器，最大显示值为 1999 或 -1999。仪表具有自动调零和自动显示极性功能。如果被测电压或电流的极性为负，则在显示值前面出现负号“-”，当电池不足时，则显示屏左下方会出现“电池”符号。超量程时，显示“1”或“-1”，视被测电量的极性而定。小数点由量程开关进行同步控制，使小数点左移或右移。

(4) ④温度测试座：UT-51 型不具有此功能。

(5) ⑤功能开关：所有量程与种类选择均由一个旋转开关完成，根据被测信号的大小，将量程开关置于所需档位即可。

(6) ⑥晶体管插口：采用四芯插座，上面标有 E、B、C、E 孔共 8 个，在内部连通，可测量晶体三极管参数值。

(7) ⑦输入插孔。

2. 数字万用表的使用

1) 直流电压测量

(1) 将黑表棒插入 COM 插孔, 红表棒插入 V 插孔。

(2) 将功能开关置于 \underline{V} 的量程范围, 并将测试表棒并接到待测电源或负载上, 红表棒所接端子的极性将同时显示。

2) 交流电压测量

(1) 将黑表棒插入 COM 插孔, 红表棒插入 V 插孔。

(2) 将功能开关置于 $V\sim$ 的量程范围, 并将测试表棒并接到待测电源或负载上。

3) 直流电流测量

(1) 将黑表棒插入 COM 插孔, 当测量最大值为 200mA 以下的电流时, 红表棒插入 mA 插孔。当测量最大值为 20A (10A) 以下的电流时, 红表棒插入 A 插孔。

(2) 将功能开关置于 \underline{A} 的量程范围, 并将测试表棒串接入待测负载回路里, 在显示电流值的同时, 将显示红表棒所接端子的极性。

4) 交流电流测量

(1) 将黑表棒插入 COM 插孔, 当测量最大值为 200mA 以下的电流时, 红表棒插入 mA 插孔。当测量最大值为 20A (10A) 以下电流时, 红表棒插入 A 插孔。

(2) 将功能开关置于 $A\sim$ 的量程范围, 并将测试表棒串接入待测负载回路里。

5) 电阻测量

(1) 将黑表棒插入 COM 插孔, 红表棒插入 Ω 插孔。

(2) 将功能开关置于 Ω 的量程范围, 并将测试表棒跨接到待测电阻上。

6) 电容测试

(1) 连接待测电容之前, 注意每次转换量程时复零需要时间, 有漂移读数存在不会影响测试精度。测量电容时, 应先放电然后进行测试, 以防损坏仪表或引起测量误差。

(2) 测量电容时, 将电容插入电容测试座中。测量大电容时, 稳定读数需一定的时间。

7) 晶体管 hFE 测试

(1) 功能开关置 hFE 量程。

(2) 确定晶体管是 NPN 或 PNP 型, 将基极、发射极和集电极分别插入面板上相应的插孔。

(3) 显示器上将显示 hFE 的近似值, 测试条件: $I_b \approx 10\mu A$, $U_{ce} \approx 2.8V$ 。

1.3.2 交流毫伏表

当测量高于工频的高频电压时, 不能采用电动系、电磁系等组成的仪表来测试, 因为这类测量机构的频率适应范围为 50~60Hz。这时常用电交流毫伏表, 其电压测量范围为 $100\mu V \sim 300V$ 、频率范围为 20Hz~2MHz 或更高。这里以 YB2172B 型交流数字毫伏表为例说明其功能。

1. 技术指标

(1) 测量电压范围: $30\mu V \sim 300V$ 。分 6 个量程: 3mV、30mV、300mV、3V、30V、300V。

(2) 基准条件下电压的固有误差：(以 1kHz 为基准) $\pm 0.5\% \pm 2$ 个字。

(3) 测量电压的频率范围：10Hz~2MHz。

(4) 频率误差：50Hz~100kHz： $\pm 1.5\% \pm 6$ 个字

20Hz~50Hz；100kHz~500kHz： $\pm 2.5\% \pm 8$ 个字

10Hz~20Hz；500kHz~2MHz： $\pm 4\% \pm 15$ 个字

(5) 分辨率： $1\mu\text{V}$ 。

(6) 输入阻抗：输入电阻 $\geq 10\text{M}\Omega$ ，输入电容 $< 35\text{pF}$ 。

(7) 最大输入电压：500V (DC+AC_{pp})。

(8) 输入电压： $1\text{V} \pm 2\%$ (以 1kHz 为基准， $\pm 0.5\% \pm 2$ 个字输入时)。

(9) 电源电压：交流 220V $\pm 10\%$ ，50Hz $\pm 4\%$ 。

2. YB2172B 交流数字毫伏表面板 (图 1-8)

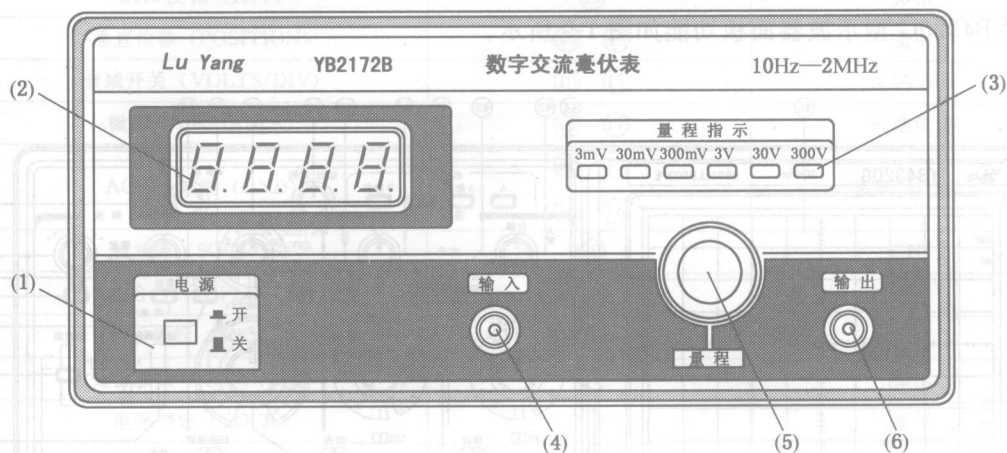


图 1-8 YB2172B 交流数字毫伏表面板

3. 面板说明

(1) 电源开关。

(2) 显示窗口。数字面板表指示输入信号的电压值。

(3) 量程指示。指示灯显示仪器所处的量程和状态。

(4) 输入插座。输入信号由此端口输入。

(5) 量程旋钮。开机后，在输入信号前应将量程旋钮调至最大处，即量程指示灯“300V”处亮，然后将输入信号送至输入端后调节量程旋钮，使数字面板表正确显示输入信号的电压值。

(6) 输出端口。输出信号由此端口输出。

4. 基本操作方法

(1) 打开电源开关前，首先检查输入的电源电压是否为交流 220V。

(2) 电源线接入后，按电源开关接通电源，并预热 5min。

(3) 将量程旋钮调至最大量程处 (在最大量程处时，量程指示灯“300V”应亮)。

- (4) 将输入信号由输入端口送入交流毫伏表。
- (5) 调节量程旋钮，使数字面板表正确显示输入信号的电压值。
- (6) 将交流毫伏表的输出用探头送入示波器的输入端，当数字面板表满量程 ($\pm 0.5\% \pm 2$ 个字) 显示时，其输出应满足指标。
- (7) 在测量输入信号电压时，若输入信号幅度超过满量程的 $\pm 14\%$ 左右时，仪器的数字面板表会自动闪烁，此时需调节量程旋钮，使其处于相应的量程，以确保仪器测量准确性（每档量程都具有超量程自动闪烁功能）。

1.3.3 通用示波器

示波器是一种用荧光屏显示电量随时间动态变化的电子测量仪器，可以测量各种电信号的幅值、周期、频率、相位等参数。因此示波器是一种广泛应用的测量仪器。现以 YB4320G 型模拟示波器进行说明。

YB4320G 型示波器面板功能如图 1-9 所示。

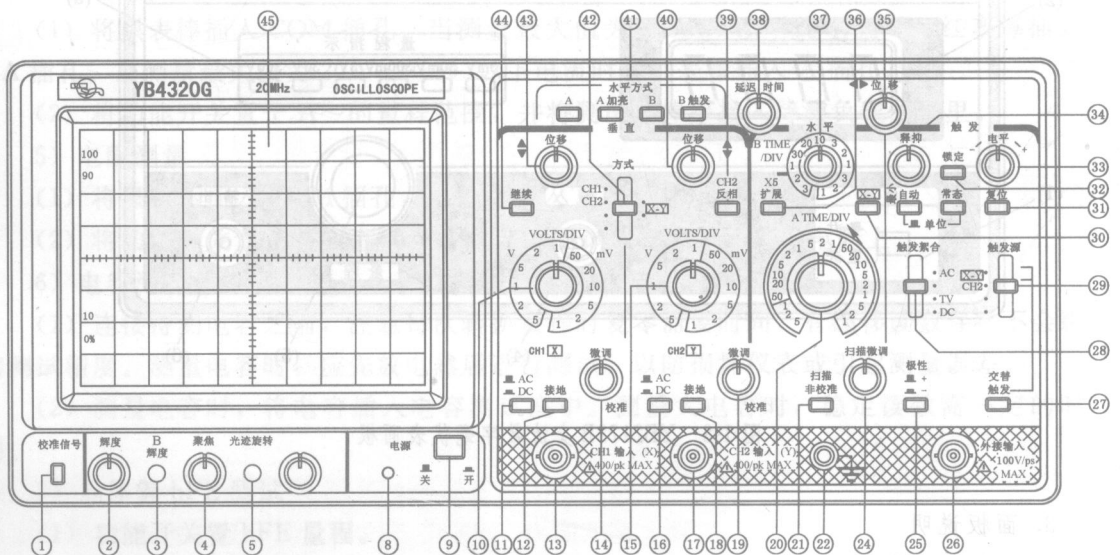


图 1-9 YB4320G 示波器面板示意图

1. YB4320G 示波器的特点

- (1) 频率范围广：DC~20MHz，-3dB。
- (2) 灵敏度高：最高偏转系数 1mV/div。
- (3) 触发源：丰富的触发源功能（CH1、CH2、电源触发、外触发）。使用交替触发操作可获得两个不相关电信号稳定的同步显示。
- (4) 触发耦合：全新的触发耦合电路设计，对各类不同频率、不同电压组合的电信号使用该操作可获得稳定的同步显示。
- (5) 自动聚焦：测量过程中聚焦电平可自动校正。