

新世纪高等院校精品教材

# 电路分析基础实验

主编 黄培根 任清褒

副主编 黄晓艳 邱榕 朱维婷 朱利洋

浙江大学出版社

## 内容提要

本书根据国家教育部高等院校电子电信专业、机电专业教学大纲要求,结合面向 21 世纪课程教材《电路分析》(胡翔骏主编)编写。除了实验室操作实验内容之外,并应用加拿大 PSpice 公司的优秀电子仿真软件 PSpice 对每一个实验进行虚拟仿真,有助于提高实验教学质量及学生的分析设计和创新能力。

本书第一章安排的是电子仿真软件 PSpice 的快速入门及运用 PSpice 典型电路原理实验箱和常用电子仪器的使用方法,第二章是结合教材《电路分析》各章节内容安排的基础实验 12 个,第三章为附录,收录了部分电气图用图形符号、部分常用电子元件参考资料以及电子仿真软件 PSpice 的元件库和元器件等资料,供读者参考。

本书除适合电子信息工程专业、机电类专业学生使用外,也可供计算机专业、电大函授学员和高职学生选用,对自学者和从事电子工程设计人员也有一定的参考价值。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础实验 / 黄培根, 任清寰主编

—杭州: 浙江大学出版社, 2004

ISBN 7-309-04811-7

I. ①电... ②任... ③任... ④电子电路 ⑤电路设计:

计算机辅助设计 ⑥应用软件, ⑦高等学校 ⑧原

教材 ⑨电路分析 ⑩实验 ⑪高等学校 ⑫教材

Ⅳ. ①TN71 ②TN711

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 048117 号

电路分析基础实验

主编 黄培根 任清寰

副主编 黄晓艳 邱榕 朱维婷 朱利洋

责任编辑 张真

封面设计 宋纪浔

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 1 号 邮编 310027)

(电话: 0571-87959389)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州好友排版工作室

印刷 杭州浙大同心教育彩印有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 8.5

字数 200 千字

版次 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数 1000 册

书号 ISBN 7-309-04811-7

定价 12.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 87959389

## 丽水学院特色教材建设出版资助

# 几点说明

在电子仿真软件 Protel 99 SE 中,由于元件标注不能采用下标形式标注,故书中仿真电路图上一律没有下标形式标注,如元件标注“ $R_{10}$ ”即表示“ $R_{10}$ ”。书中部分用 Multisim 99 SE 软件绘制的电路图部分元件标注亦如此。凡书中所见元件标注“ $R_{10}$ ”和“ $R_{10}$ ”、“ $C_{10}$ ”和“ $C_{10}$ ”等都视为等效。

在电子仿真软件 Protel 99 SE 和 Multisim 99 SE 软件中,电容单位标注用“ $\mu F$ ”代替“ $\mu C$ ”,书中“ $\mu F$ ”和“ $\mu C$ ”被视为等效通用。

书中“单击”一词指:用鼠标左键点击一次,故有些地方叙述时习惯上写成“点击”,书中凡见“单击”或“点击”一词,所指意思相同。

凡书中首次出现的虚拟仪表仪器或元件调用方法,会比较详细介绍调用步骤。再次调用这些仪器或元件时,则简单提及或提示参阅某某页内容,以节省篇幅。

严格意义上讲,“电阻”和“电阻器”是有区别的,前者是理想状态下的定义,后者是考虑了功率等因素在内的定义,除非需特别指明的情况,一般情况下“电阻”和“电阻器”通用;同样,“电容”和“电容器”,“电感”和“电感器”也被视为相同。

以上诸点可能会给读者阅读时带来不便,特此说明,敬请读者谅解。

编者

# 前 摇 摇 言

电路分析是模拟电子技术、电工学、高频电路、通信原理等课程的基础,也是电气信息类专业学生必修的基础课程之一。学好电路分析这门基础课程将有助于学生对后续专业课程的理解和掌握。

跟学习其他电子专业课程一样,除了必须认真、透彻地学习掌握电路分析的定理定律理论知识之外,一个必须且重要的手段就是在实验室进行电路分析的实验。理论知识往往比较抽象、深奥,在实验室通过直观的实验演示和数据测量,可以加深对理论知识的理解;另一方面,作为电子信息类专业、机电类专业学生,对动手能力的培养、实践操作技能的提高,不仅是电子信息类专业、机电类专业学生的基本功之一,更是将来就业解决实际问题的需要。

为了满足培养新世纪创新人才的要求,本实验教材中增加了计算机虚拟仿真电路分析实验的方法和内容,本书选用加拿大阿波罗公司近年推出的配电网版本电子仿真软件,对书中每个实验都先进行虚拟仿真,与国内同类教材相比具有独创性和先进性的特点。对于电子信息类专业、机电类专业学生来说,起码掌握一种以上仿真软件的使用,不仅是大纲上要求达到的基本目标之一,也是时代对电子信息类专业、机电类专业学生提出的新要求,用电子仿真技术作为传统实验室操作实验的一种改革和辅助手段,它代表了时代的新潮流。

本书分三章编写,第一章简明扼要地介绍了运行型电路原理实验箱等仪器使用方法和电子仿真软件配电网的快速入门知识;第二章根据胡翔骏编写的教材《电路分析》各章节内容及教学大纲的要求,编写了12个相关实验;第三章为附录,收录了部分常用电子元器件和电气图用图形符号以及电子仿真软件配电网的元件库和元件中文译意等参考资料。书中每个实验均分成两部分编写,同一实验内容既有在实验箱上搭建电路进行的实际操作内容,也有在计算机上进行虚拟仿真的内容。教师可以根据课时多少在操作实验或仿真实验两者中取舍,亦可将计算机仿真实验作为进实验室实验之前的预习内容。实验前预习和不预习,实验效果将大相径庭。

本书由黄培根、任清褒承担第一章和第三章内容及全书仿真内容的编写和书稿的整理及电子排版;黄晓艳承担第二章实验1~12内容的编写;邱榕承担第二章实验13~14内容的编写;朱维婷、朱利洋承担全书实验室操作内容的编写。本书在编写过程中,得到了丽水学院特色教材建设资金出版资助,得到了院长助理申世英教授、浙江师范大学数理信息学院院长赵建民教授、丽水学院叶寿林教授、计算机与信息工程学院院长蒋黎红、电子信息系赵小杰教授的大力支持。赵小杰教授对本书提出了许多宝贵的建议,并对全书作了试用和审校,谨此对他们深表谢意。

由于时间匆促,加上实验条件和编者水平所限,书中难免会出现差错和疏漏,恳请读者批评指正。

编者

2009年10月

# 目 录

## 第一章 电路原理实验箱和电子仿真软件使用方法

第一节 电路原理实验箱及常用仪器使用方法 .....	1
第二节 电子仿真软件 介绍 .....	2
第三节 定制用户界面 .....	3
第四节 调出和连接元件操作 .....	4
第五节 虚拟仪器的调用和设置方法 .....	5
第六节 用电子仿真软件 进行电路仿真 .....	6

## 第二章 电路分析基础实验

实验 欧姆定律研究 .....	7
实验 基尔霍夫定律研究 .....	8
实验 网孔和结点分析法 .....	9
实验 受控源电路分析 .....	10
实验 叠加定理研究 .....	11
实验 戴维南定理和有源二端网络等效参数的测定 .....	12
实验 双口网络的参数测定 .....	13
实验 互易双口和互易定理研究 .....	14
实验 一阶电路的过渡过程 .....	15
实验 二阶电路响应研究 .....	16
实验 串联电路过渡过程 .....	17
实验 交流电路的基尔霍夫定律研究 .....	18
实验 交流电路中欧姆定理的相量形式 .....	19
实验 选频网络特性测试 .....	20
实验 串联谐振电路研究 .....	21
实验 并联谐振电路研究 .....	22

## 第三章 附录

附录 部分常用电气图用图形符号及文字符号 .....	23
附录 部分新旧电气图形符号对照 .....	24
附录 部分常用电子元件参考资料 .....	25

附录 猿瑶补充部分常用二极管参考资料 .....	圆缘
附录 猿瑶配器能苑中的元件库和元器件 .....	圆愿
参考文献 .....	圆园

# 第一章 电路原理实验箱和电子仿真软件使用方法

摇摇

## 第一节 电路原理实验箱及常用仪器使用方法

摇摇实验目的

熟悉电路原理实验箱使用方法。

学会使用函数信号发生器、双踪示波器和万用表的正确使用。

初步掌握在电路原理实验箱上做一些简单的实验。

摇摇实验准备

电路原理实验箱简介

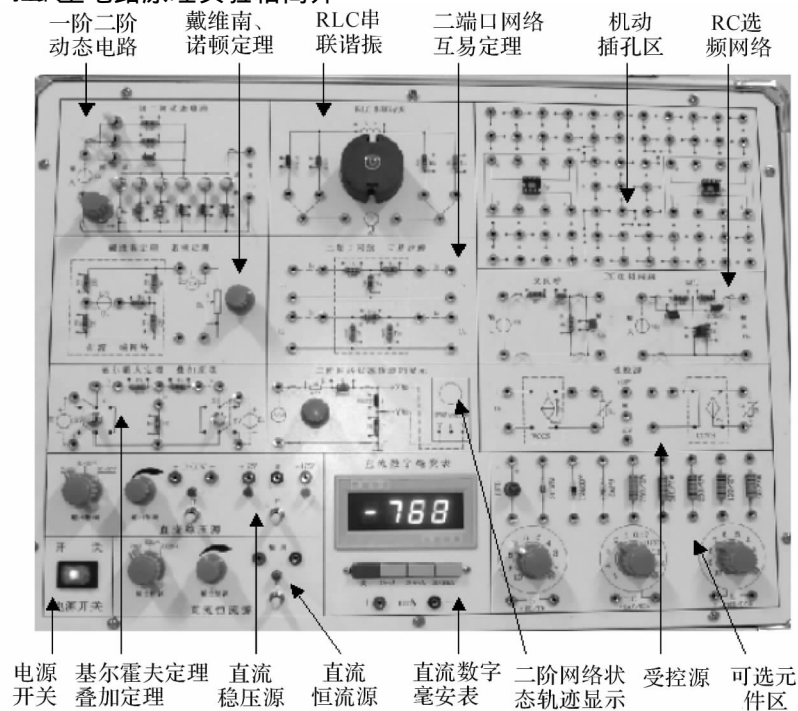
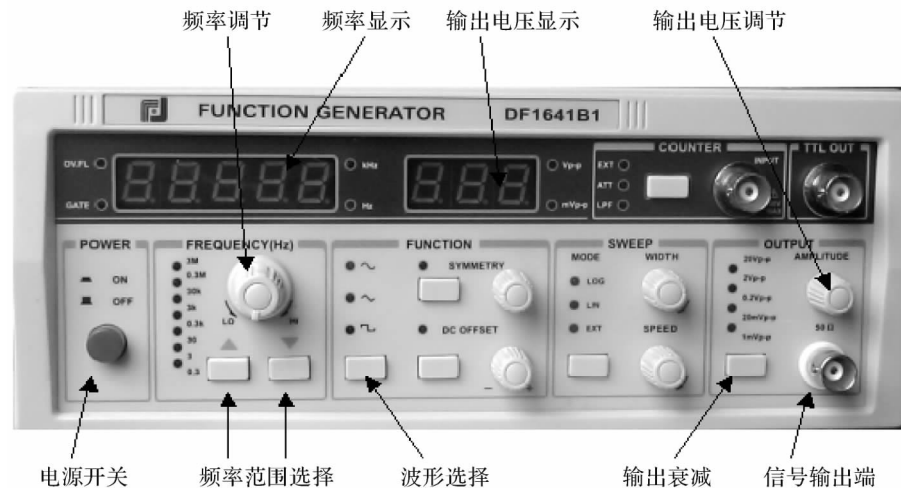


图 1-1-1

运习器型电路原理实验箱包括愿个独立的实验项目区 ;一个机动接线插孔区和可选元件框 ,可供自行设计实验 ;实验箱还备有直流电压源、直流恒流源和直流数字毫安表。运习器型电路原理实验箱面板如图员源所示。

#### 阅器型函数信号发生器简介

阅器型函数信号发生器可以输出方波、三角波和正弦波供电路分析实验。其面板的一些主要功能按钮说明如图员源所示。



图员源

#### 阅器型函数信号发生器操作要点：

- (员)按下红色“电源开关”按钮 ,接通电源 ,面板相关指示灯亮。
- (圆)先轻按“波形选择”微动开关 ,选择所需波形 ,相应绿灯点亮。
- (猿)粗选频率量程 ,轻按“频率范围选择”的“向上▲”或“向下▼”微动开关 ,左侧相应频率量程指示灯亮。
- (源)旋转“频率调节”电位器 ,使“频率显示”窗口所显示的是所需要的值 ,同时要注意“频率显示”窗口右侧的两盏指示频率单位的“ $\mu$ Hz”和“kHz”灯的亮灭情况 ,否则“频率显示”窗口显示同一数据时频率却相差员园倍。旋钮左转频率降低 ,右转频率升高。
- (缘)根据要求输出信号大小 ,轻按“输出衰减”按钮 ,粗选输出信号量程。
- (远)旋转“输出幅度调节”电位器 ,使输出信号大小达到所需求的值 ,“输出电压显示”指示的是输出信号电压峰—峰值。

#### 猿器型双踪示波器简介

再器型双踪示波器的频宽为园~圆MHz ,垂直灵敏度为圆V/div~员V/div ,扫描系统采用全频带触发式自动扫描电路 ,并具有交替扩展扫描功能 ,实现二踪四迹显示。另具有丰富的触发功能 ,如交替触发、裁切和裁取等。其面板的一些主要功能按钮说明如图员源所示。

#### 源器型交流毫伏表简介

阅器型交流毫伏表外形美观、电子开关手感好 ,其测量范围为猿V~猿V ,面板如图员源所示 ,是电路分析实验室常用电子仪器之一。

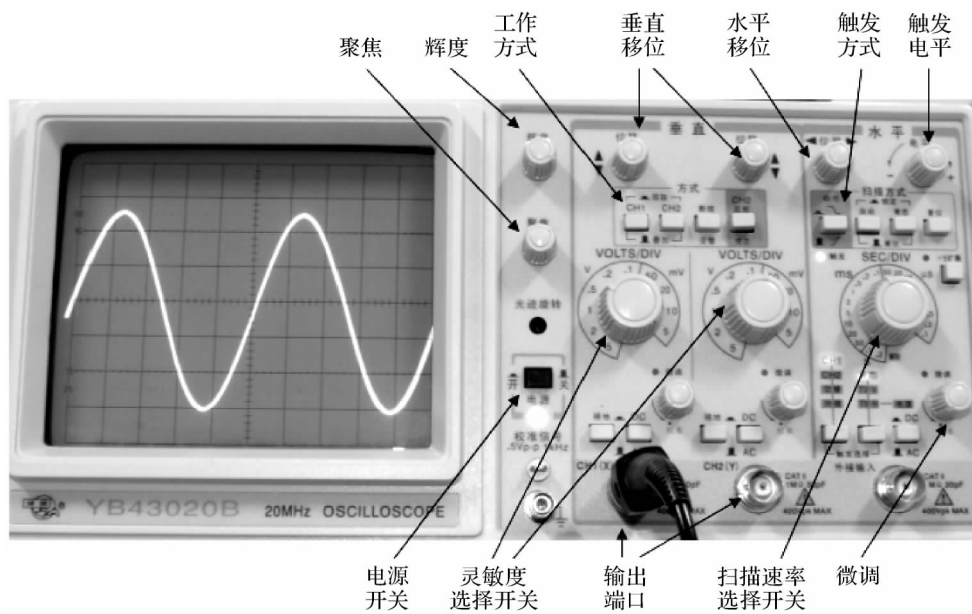


图 1-1-1 示波器



图 1-1-2 毫伏表

### 缘云猿云型万用表简介

缘云猿云型万用表主要用来测量交、直流电压和电流,还可用来测电阻等,是实验室最常用的仪表之一。面板如图 1-1-3 所示,表头刻度见图 1-1-4 所示。

### 缘云猿云型万用表使用注意事项

(员)缘云猿云型万用表面板图 1-1-3 中,左右两只大旋钮配合旋转,用来选择测交、直流



图 1-1 万用表

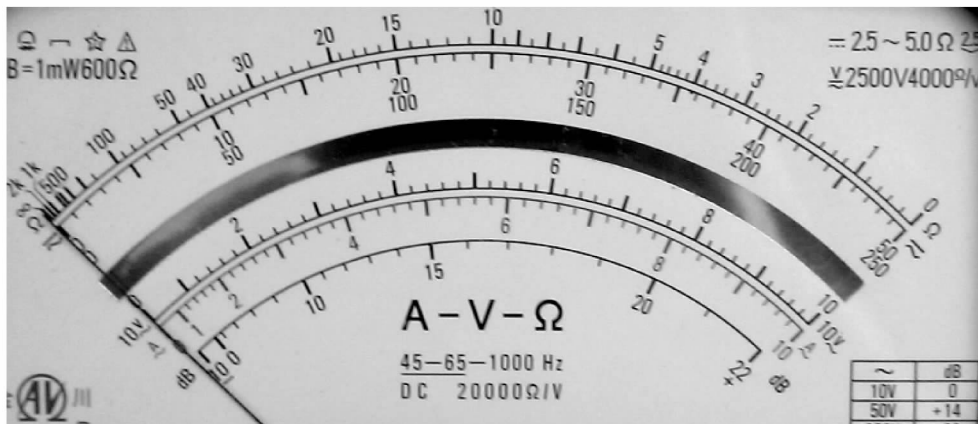


图 1-2 表头刻度

电压和电流以及用来测电阻。特别要引起注意的是：绝对不能把万用表拨在电阻挡去测交流电。否则瞬间将烧毁万用表。也不能把万用表拨在电流挡去并联测电压，拨在电流挡应串入电路测电流，拨在电压挡可并联在电路或元件上测电压。

(圆)在不明电路中电流大小或电压高低情况下，先用量程高档位测，然后才能逐渐减小量程挡位。

(猿)表头刻度图 1-2 中，最外一条刻度弧线是用来读取电阻欧姆大小的，右边起始为零欧姆，在测电阻前应将两表笔并接在一起，然后调整图 1-1 下方标有“Ω”的旋钮，使表头指针位于右侧零刻度处，称“电阻调零”，否则测量结果存在误差。

(源)表头刻度图 1-2 中，第二条刻度弧线是用来读取交、直流电压和电流大小的，左

边起始为零,如果发现指针没有位于零刻度处,应用小螺丝刀小心地稍微左右调整一下图员源猿表头下方小旋钮,使表头指针位于左侧零刻度处,称“机械调零”,否则测量结果也存在误差。

(缘再往下第三条刻度弧线是交流电压专用线,第四条红色刻度弧线是交流电流专用线,最后一条为测音频电平分贝专用线,这条刻度弧线一般不常用。

(远红表笔插在“ $\ominus$ ”孔内,黑表笔插在“ $\ast$ ”孔内,不能插错,否则有可能指针反偏而打弯表针,红表笔接的是内部电池负极,黑表笔接的是内部电池正极。

(苑平时不用时,最好将万用表两个大旋钮置电压或电流挡,不要置欧姆挡,以免两表笔长期相碰在一起,消耗电池或引起电池发热腐烂。

### 员源猿 摇实验室操作实验内容和步骤

#### 员源猿.1 正弦波形观察

(员将图员源源型函数信号发生器设置成枣园缘孔正弦波形信号,并用图员源缘型交流毫伏表测其输出电压,调节函数信号发生器的“输出幅度调节”旋钮,使输出电压约为员左右,直接输入图员源缘型双踪示波器通道“悦贞”。

(圆调整图员源缘型双踪示波器相关旋钮,使示波器屏幕上出现如图员源缘所示相似波形,要求正弦波形峰—峰值占垂直方向缘~远大格左右。

(猿在示波器屏幕上读出正弦波形峰—峰值和周期,并将示波器所置“灵敏度选择开关”和“扫描速率选择开关”挡位作记录,算出正弦波的有效值,并与函数信号发生器的输出电压作比较。

#### 员源猿.2 匀缘型电路原理实验箱的使用

##### (员) 认读色环电阻

根据缘色环电阻表示法(参阅附录猿猿相关内容),读出图员源缘型电路原理实验箱右下角缘色环电阻的阻值,并与旁边的标注值比较,再和用万用表实测值比较。

##### (圆) 测稳压管员源缘的稳压值

员在图员源缘型电路原理实验箱上按图员源缘接好实验电路。

圆测直流电压园~员应使用图员源缘型电路原理实验箱左下角“直流稳压源园~猿”插孔,“输出粗调”置“园~员”位置,先将“输出细调”旋钮逆时针旋到底,然后慢慢向右旋加电压,电流表用图员源缘型电路原理实验箱下方“直流数字毫安表”,按下“园电粤”挡;电压表用图员源缘型万用表直流园电粤挡,黑表笔接稳压管负极,红表笔接稳压管正极。

猿当逐渐加大直流电压时,图员源缘中数字毫安表指示逐渐增大,当达到园电粤时,记下电压表的值,该值就定义为员源缘的稳压值。

##### (猿) 测量发光二极管

员在图员源缘型电路原理实验箱上按图员源缘接好实验电路。

圆测直流电压园~员应使用自图员源缘型电路原理实验箱左下角“直流稳压源园~猿”插孔,“输出粗调”置“园~员”位置,先将“输出细调”逆时针旋到底,然后慢慢向右旋加电压,电流表仍用图员源缘型电路原理实验箱下方“直流数字毫安表”,按下“园电粤”挡;电压表用图员源缘型万用表直流园电粤挡,红表笔接发光二极管正极,黑表笔接发光二极管负极。

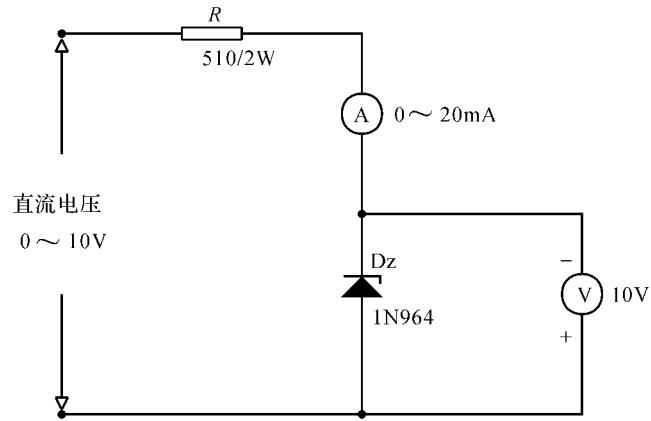


图 1-1-1

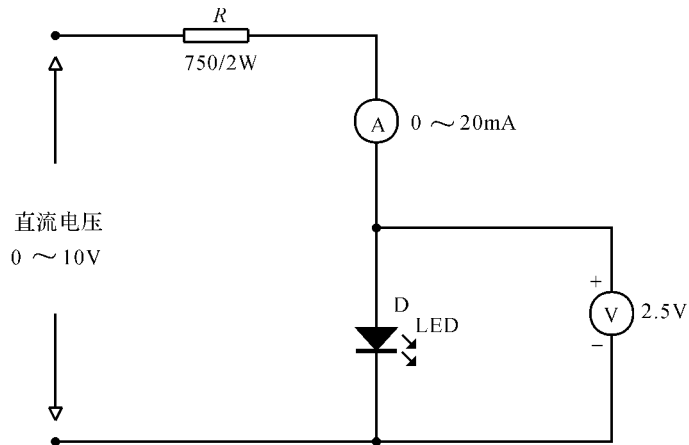


图 1-1-2

当图 1-1-2 中数字毫安表电流达到  $5\text{mA}$  时,发光二极管正常发光。记下这时电压表的值。

(源测电阻分压电路)

将 运习器型电路原理实验箱右下角 缘个电阻相串联如图 1-1-3 所示。

在 缘个串联电阻两端接上 员次直流电压,分别用万用表直流电压挡测出 灾、灾、灾和 灾的值。

根据分压公式计算出 灾、灾、灾和 灾的值,并与测量值作比较。

源在 缘个串联电阻与 员次电压之间串入 圆毫直流数字毫安表,测出电流,并与计算值作比较。

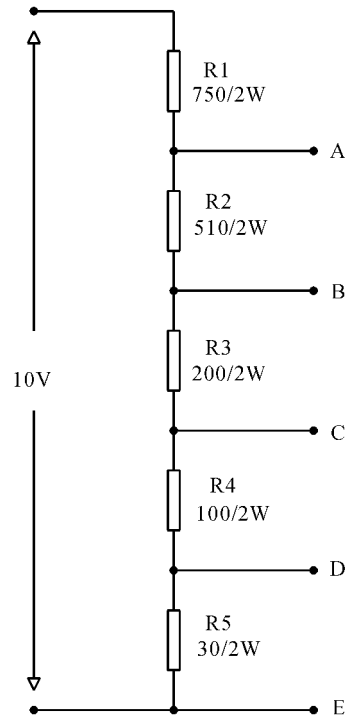


图 1-1-1 电阻分压电路

### 实验报告要求和思考题

记录观察到的正弦波有效值、周期和示波器所置“灵敏度选择开关”和“扫描速率选择开关”挡位值。

记录所测稳压管稳压管的稳压值。

记录发光二极管的工作电流和工作电压,并回答所提问题。

记录串联电阻分压值  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$  和  $U_4$ 。

为什么无法用万用表的电阻挡测量发光二极管的正、反向电阻?

### 实验设备和材料

直流稳压电源型电路原理实验箱。

通用型双踪示波器。

通用型函数信号发生器。

通用型交流毫伏表。

通用型万用表。

## 第二节 电子仿真软件 配伍器苑简介

配伍器苑(即 Multisim)是加拿大 配伍器苑公司(简称 配伍器公司)于 1989 年推出的颇具特色的 配伍器软件,曾风靡全世界。到目前为止,超过 100 个国家、被译成 100 多种语言在使用。它以其界面形象直观、操作方便、分析功能强大、易学易用等突出优点,早在 20 世纪 80 年代就在我国得到迅速推广,许多大专院校把 配伍器编入实验教材,作为电子类专业课程教学和实验的一种辅助手段。跨入 21 世纪初,加拿大 配伍器公司在保留原版本的优点基础上,增加了更多功能和内容,将 配伍器软件更新换代推出 配伍器 10 版本,称作 配伍器 10(意为多重仿真),也即 配伍器 10 版本,2004 年升级为 配伍器 苑版本。配伍器 苑版本的功能已十分强大,能胜任电路分析等课程的虚拟仿真实验。它有十分丰富的电子元器件库,可供用户调用组建仿真电路进行实验,它提供 10 种基本分析方法,可供用户对电子电路进行各种性能分析,它还有多达 10 台虚拟仪器仪表,可供用户对电路进行测试,并能通过仪器面板直观地显示各种波形数据。其中虚拟数字万用表、功率表、函数发生器、示波器、波特表等都可以用来进行电路分析仿真实验。尤其像 配伍器电路的过渡过程、电容的充放电过程,由于时间短,用一般示波器很难观察到它的整个过程,用虚拟仪器就能比较理想地实现。

另外,三台虚拟“安捷伦”高精度电子测量仪器,也给我们进一步深入研究电路分析实验内容提供了极大的方便。下面就如何快速学会使用电子仿真软件 配伍器 苑进行电路分析虚拟仿真实验作一些介绍。

单击“开始”按钮,启动 配伍器 苑即可进入电子仿真软件 配伍器 苑,首先出现它的启动画面如图 1-1 所示。



图 1-1 配伍器 苑启动画面

几秒钟后进入它的基本界面如图 1-2 所示。

基本界面最上方一行是主菜单栏(配伍器 苑),共 10 项如图 1-3 所示。各主菜单中文译意见图 1-4 所示。

主菜单栏下方一行左面为“系统工具栏(配伍器 苑),共 10 项,如图 1-5 所示,各项工具含意与一般 配伍器软件相同,无需再加说明。

中间为“设计工具栏(配伍器 苑),共 10 项和“使用中的元件列表框(配伍器 苑)”及“帮助按钮”,如图 1-6 所示。它们都是一些快捷键图标,各项工具含意可在下面

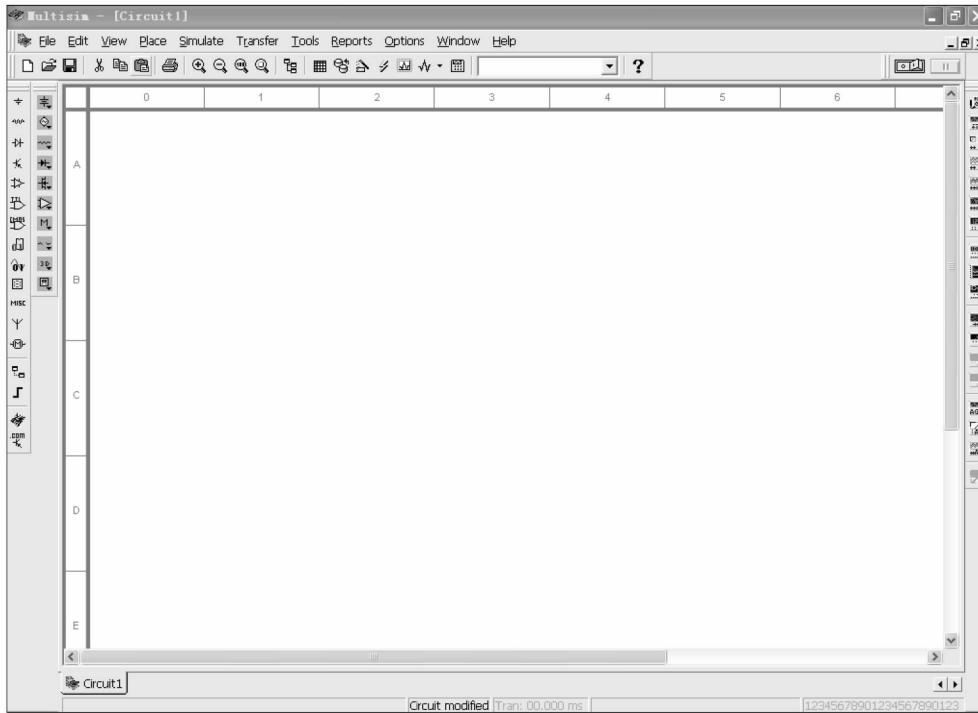


图 员 员 员



图 员 员 员



图 员 员 员



图 员 员 员

提到的各主菜单的下拉菜单中找到。



图 员 员 员

基本界面右上角是仿真开关(杂念者莫杂增增),包括“停止”、“开始”和“暂停”,如图 员 员 员 所示。

基本界面的左侧为元件工具条,共有两列:其中左列为现实元件工具条,共 员 员 个元件

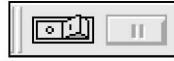


图 5-10

库,其中分别放置同一类型的多种元件,现实元件工具条内容从上至下如图 5-11 所示。

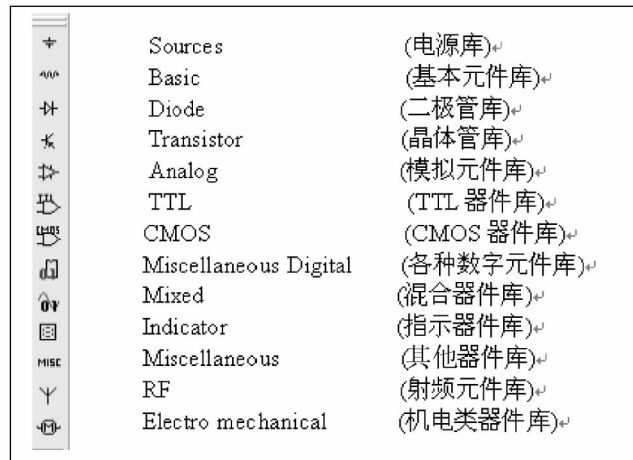


图 5-11

另外,现实元件工具条下方还有“放置分层模块”、“放置总线”、登录、增加元件库、删除元件库、删除元件库和增加元件库网站源个功能按钮。

右列(呈青色)为虚拟元件工具条,共 10 个虚拟元件库,其内容从上至下如图 5-12 所示。

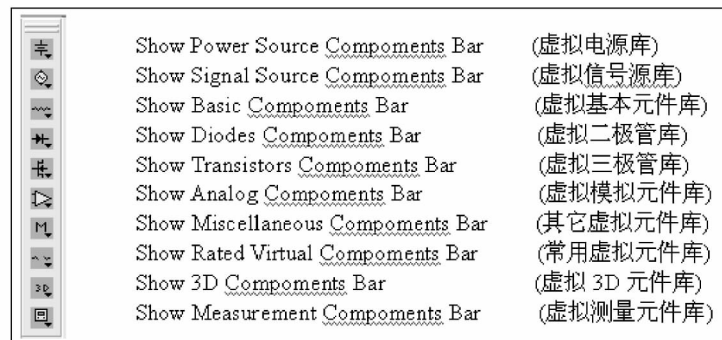


图 5-12

基本界面右侧为虚拟仪器、仪表工具条,该工具条含有 10 种用来对电路工作状态进行测试的仪器、仪表和“动态测量探针”。“动态测量探针”平时呈灰色,只有“仿真开关”开启后呈黄色才可调出使用。10 种测量仪器、仪表和“实时测量探针”从上至下如图 5-13 所示。

基本界面的中间空白部分即电路窗口,也称宰燥器,相当于一个电子工作平台,仿真电路图的编辑绘制、分析及波形数据显示等都将在此窗口中进行。