

■ 高等院校精品教材

DIANLU DIANGONG JICHU SHIYAN

电路电工基础实验

主 编 胡叶民 朱利洋 沈世耀 樊楼英
副主编 赵小杰 彭亦稭



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

高等院校精品教材

电路电工基础实验

主 编 胡叶民 朱利洋 沈世耀 樊楼英
副主编 赵小杰 彭亦稍



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内 容 提 要

本书根据国家教育部高等院校自动化专业、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)、《电工学》(浙江大学电工教研室主编)编写。除实验室操作实验内容之外,本书第一章引入了加拿大 IIT 公司的优秀电子仿真软件 Multisim 7 对实验进行虚拟仿真,有助于提高实验教学质量及学生的分析设计和创新能力。

本书分四章编写,第一章简明扼要地介绍了 KHDL-1 型电路原理实验箱等仪器使用方法和电子仿真软件 Multisim 7 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 16 个相关实验;每三章根据《电工学》各章节内容及教学大纲的要求,编写了 9 个相关实验;第四章为附录,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 Multisim 7 的元件库及相关参考资料。

本书除适合自动化专业、机电类专业学生使用外,也可供电子信息专业、计算机专业和高职学生选用,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

电路电工基础实验 / 胡叶民等主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-308-08027-9

I. ①电… II. ①胡… III. ①电路理论—实验—高等学校—教材②电工学—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 199547 号

电路电工基础实验

主 编 胡叶民 朱利洋 沈世耀 樊楼英

副主编 赵小杰 彭亦稱

责任编辑 张 真

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13.5

字 数 329 千

版 次 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-08027-9

定 价 28.00 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)88925591

2009 年度省科协育才工程资助项目

前 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,也是自动化等电类专业学生必修的基础课程之一。电工技术课程是高等学校非电类专业的一门技术基础课,学生通过学习,能够获得电工技术必要的基本理论、基本知识和基本技能。

跟学习其他专业课程一样,除了必须认真、透彻地学习掌握电路电工学中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实验操作。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,作为自动化类专业、电子信息类专业以及非电类专业学生,对动手能力的培养、实践操作技能的提高也是将来就业后解决实际问题的需要。

为满足培养 21 世纪创新人才的要求,本实验教材中引入了计算机虚拟仿真软件介绍,本书选用加拿大 Interactive Image Technologies 公司近年推出的 Multisim 7 版本电子仿真软件。与国内同类教材相比具有独创性和先进性的特点。对于自动化类专业、电子信息类专业及非电类专业学生来说,掌握一种以上 CAD 软件的使用,是教学大纲上要求达到的基本目标之一。

本书分四章编写,第一章简明扼要地介绍了 KHDL-1 型电路原理实验箱等仪器使用方法和电子仿真软件 Multisim 7 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 16 个相关实验;每三章根据《电工学》各章节内容及教学大纲的要求,编写了 9 个相关实验;第四章为附录,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 Multisim 7 的元件库及相关参考资料。

本书由胡叶民承担第一章和第二章理论内容的编写;朱利洋承担所有实验内容的编写;樊楼英、沈世耀承担第三章理论及第四章附录内容的编写;赵小杰教授对本书提出了许多宝贵的建议,并对全书作了审校;彭亦稍负责相关资料查阅收集。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,丽水学院叶寿林教授的大力支持,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
2010 年 7 月

目 录

第一章 电路原理实验箱和电子仿真软件使用方法	1
第一节 KHDL-1 型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 Multisim 7.0 简介	8
第三节 定制用户界面	18
第四节 调出和连接电子元件操作	21
第五节 虚拟仪器的调用和设置方法	26
第六节 用电子仿真软件 Multisim 7.0 进行电路仿真	33
第二章 电路分析基础实验	47
实验 2.1 电阻元件电压电流关系特性曲线的测定	47
实验 2.2 基尔霍夫定律研究	52
实验 2.3 网孔和结点分析法	57
实验 2.4 受控源电路分析	64
实验 2.5 叠加定理研究	73
实验 2.6 戴维南定理和有源二端网络等效参数的测定	76
实验 2.7 双口网络的参数测定	81
实验 2.8 互易双口和互易定理研究	87
实验 2.9 RC 一阶电路的过渡过程	91
实验 2.10 二阶电路响应研究	95
实验 2.11 RLC 串联电路过渡过程	101
实验 2.12 交流电路的基尔霍夫定律和欧姆定理研究	106
实验 2.13 交流电路中欧姆定理的相量形式	110
实验 2.14 RC 选频网络特性测试	117
实验 2.15 RLC 串联谐振电路研究	121
实验 2.16 RLC 并联谐振电路研究	125

第三章 电工原理实验	130
实验 3.1 日光灯功率因数的提高	130
实验 3.2 感应式仪表——电度表的检定	134
实验 3.3 变压器及其参数测量	138
实验 3.4 三相鼠笼式异步电动机的 Y— Δ 延时启动控制电路	141
实验 3.5 三相鼠笼式异步电动机的使用与启动	145
实验 3.6 用二表法与一表法测量交流电路等效参数	150
实验 3.7 三表法测量交流电路等效阻抗	152
实验 3.8 三相对称与不对称交流电路电压、电流的测量	154
实验 3.9 三相电路电功率的测量	158
实验 3.10 三相鼠笼式异步电动机用接触器、继电器控制的直接启动及正反转运行	161
第四章 附 录	165
附录 4.1 部分常用电气图用图形符号及文字符号	165
附录 4.2 部分新旧电气图形符号对照	178
附录 4.3 部分常用电子元件参考资料	180
附录 4.4 补充部分常用二极管参考资料	190
附录 4.5 Multisim 7 中的元件库和元器件	193

第一章 电路原理实验箱和电子仿真软件使用方法

第一节 KHDL-1 型电路原理实验箱及常用仪器使用方法

§ 1.1.1 实验目的

1. 熟悉 KHDL-1 型电路原理实验箱使用方法。
2. 学会 DF1641B1 型函数信号发生器、YB43020B 型双踪示波器和 MF-500 型万用表的正确使用。
3. 初步掌握在 KHDL-1 型电路原理实验箱上做一些简单的实验。

§ 1.1.2 实验准备

1. KHDL-1 型电路原理实验箱简介

KHDL-1 型电路原理实验箱它包括 8 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。KHDL-1 型电路原理实验箱面板如图 1.1.1 所示。

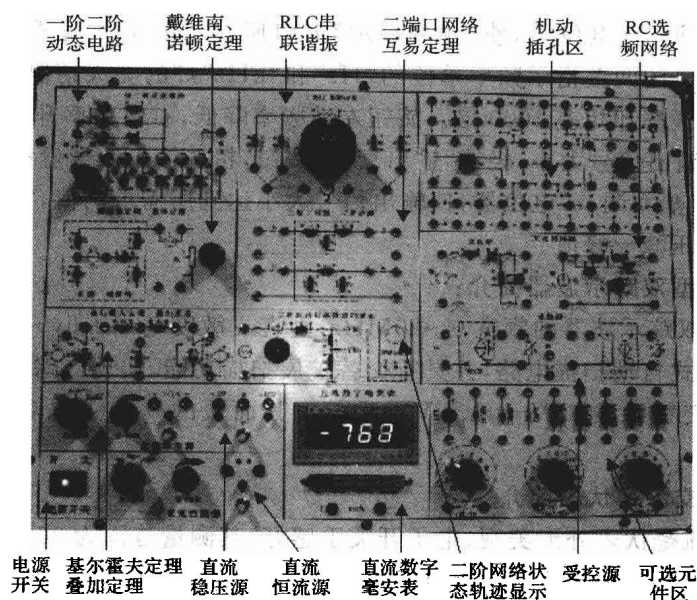


图 1.1.1

2. DF1641B1 型函数信号发生器简介

DF1641B1 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 1.1.2 所示。



图 1.1.2

DF1641B1 型函数信号发生器操作要点：

- (1) 按下红色“电源开关”按钮，接通电源，面板相关指示灯亮。
- (2) 先轻按“波形选择”微动开关，选择所需波形，相应绿灯点亮。
- (3) 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。
- (4) 旋转“频率调节”电位器，使“频率显示”窗口所显示的是你需要的值，同时要注意“频率显示”窗口右侧的两盏指示频率单位的“Hz”和“kHz”灯的亮灭情况，否则“频率显示”窗口显示同一数据频率却相差 1000 倍。旋钮左转频率降低，右转频率升高。
- (5) 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。
- (6) 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。

3. YB43020B 型双踪示波器简介：

YB43020B 型双踪示波器的频宽 0~20MHz；垂直灵敏度 2mV/div~10V/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。具有丰富的触发功能，如交替触发、TV-H、TV-V 等。其面板的一些主要功能按钮说明如图 1.1.3 所示。

4. DF2175 型交流毫伏表简介

DF2175 型交流毫伏表外形美观、电子开关手感好，其测量范围为 30 μ V~300V；面板如图 1.1.4 所示，是电路分析实验室常用电子仪器之一。

5. MF-500 型万用表简介

MF-500 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

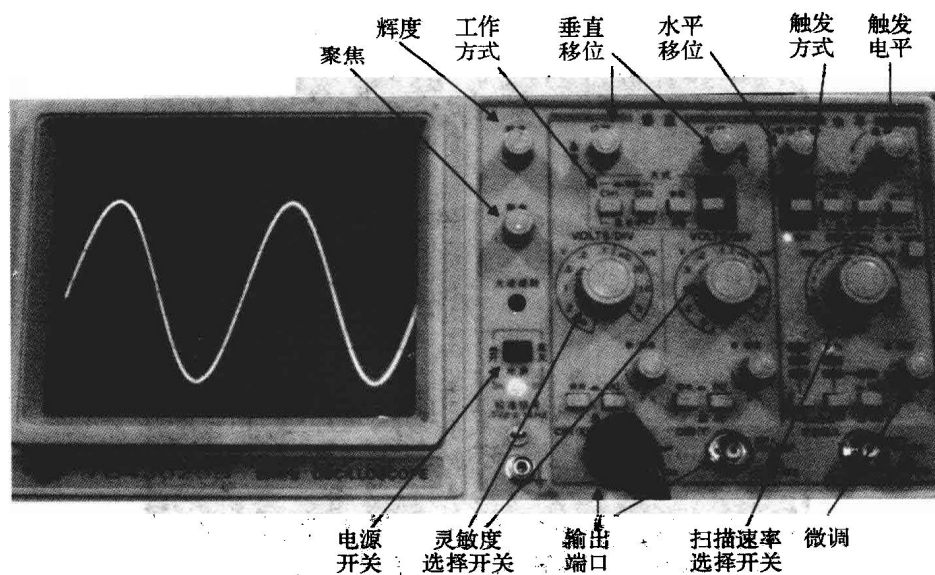


图 1.1.3



图 1.1.4

常用的仪表之一。面板如图 1.1.5 所示,表头刻度见图 1.1.6 所示。



图 1.1.5

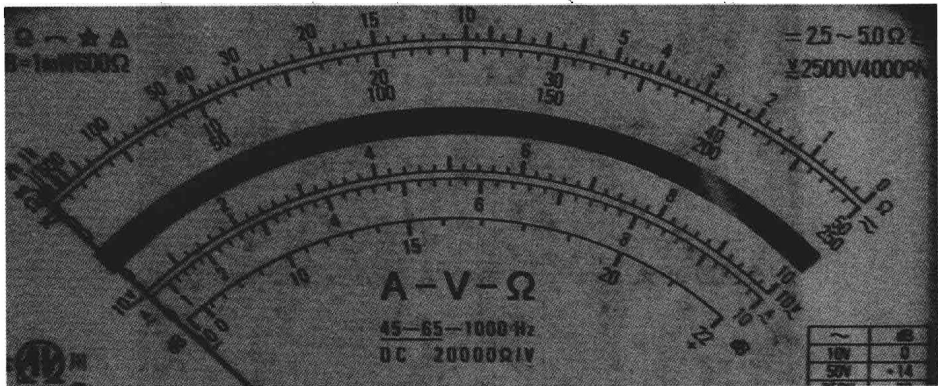


图 1.1.6

6. MF-500 型万用表使用注意事项

(1) MF-500 型万用表面板图 1.1.5 中,左右两只大旋钮配合旋转,用来选择测交、直流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 220V 交流电!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;拨在电压挡应并联电路测电压。

(2) 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。

(3) 表头刻度图 1.1.6 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 1.1.5 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。

(4) 表头刻度图 1.1.6 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 1.1.5 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。

(5) 再往下第三条刻度弧线是交流 10V 专用线,第四条红色刻度弧线是交流 10A 专用线,最后一条为测音频电平分贝专用线,这 3 条线一般不常用。

(6) 红表笔插在“ $\oplus$ ”孔内;黑表笔插在“ $\ast$ ”孔内,不能插错,否则有可能反偏打弯表针;红表笔接的是内部电池负极;黑表笔接的是内部电池正极。

(7) 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。

§ 1.1.3 实验室操作实验内容和步骤

1. 正弦波形观察

(1) 将 DF1641B1 型函数信号发生器设置成 $f=1\text{kHz}$ 正弦波形信号,并用 DF2175 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 1V 左右,直接输入 YB43020B 型双踪示波器通道“CH1”。

(2) 调整 YB43020B 型双踪示波器相关旋钮,使示波器屏幕上出现如图 1.1.3 所示相似波形,要求正弦波形峰—峰值占垂直方向 5~6 大格左右。

(3) 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。

2. KHDL-1 型电路原理实验箱的使用

(1) 认读色环电阻:

根据 5 环色环电阻表示法(参阅附录 4.3 相关内容),读出 KHDL-1 型电路原理实验箱右下角 5 只色环电阻的阻值,并与旁边的标注值比较,再和用万用表实测值比较。

(2) 测稳压管 2CW51 的稳压值:

1) 在 KHDL-1 型电路原理实验箱上按图 1.1.6 接好实验电路。

2) 直流电压 0~10V 取自 KHDL-1 型电路原理实验箱左下角“直流稳压源 0~30V”插孔,“输出粗调”置“0~10V”位置,先将“输出细调”旋钮逆时针旋到底,然后慢慢顺时针旋加电压;电流表用 KHDL-1 型电路原理实验箱下方“直流数字毫安表”,按下“20mA”挡;电压表用 VC890D 型万用表直流 20V 挡,黑表笔接稳压管负极,红表笔接稳压管正极。

3) 当逐渐加大直流电压时,图 1.1.6 中数字毫安表指示逐渐增大,当达到 10mA 时,记下电压表的值,该值就定义为 2CW51 的稳压值。

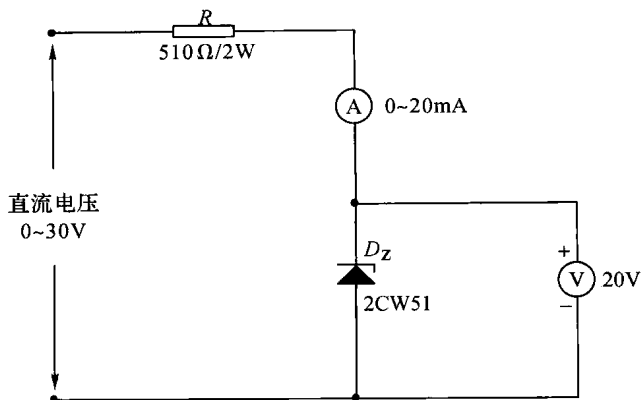


图 1.1.6

(3) 测量发光二极管：

1) 在 KHDL-1 型电路原理实验箱上按图 1.1.7 接好实验电路。

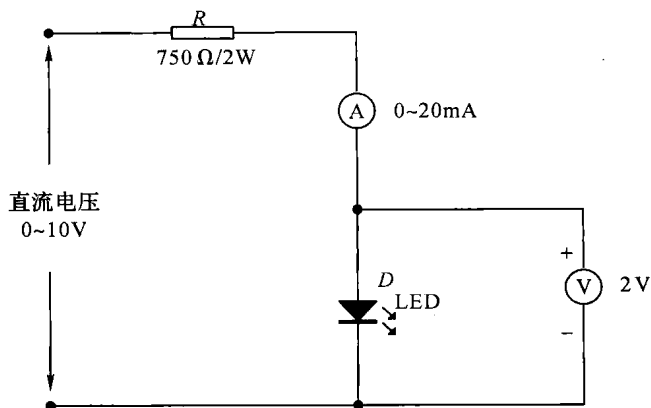


图 1.1.7

2) 直流电压 0~10V 仍取自 KHDL-1 型电路原理实验箱左下角“直流稳压源 0~30V”插孔，“输出粗调”置“0~10V”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 KHDL-1 型电路原理实验箱下方“直流数字毫安表”，按下“20mA”挡；电压表用 VC890D 型万用表直流 2V 挡，红表笔接发光二极管正极，黑表笔接发光二极管负极。

3) 当图 1.1.7 中数字毫安表电流达到 5mA 时，发光二极管正常发光。记下这时电压表的值。

(4) 测电阻分压电路：

1) 将 KHDL-1 型电路原理实验箱右下角 5 个电阻相串联如图 1.1.8 所示。

2) 在 5 个串联电阻两端接上 10V 直流电压，分别用万用表直流电压挡测出 V_{AE} 、 V_{BE} 、 V_{CE} 和 V_{DE} 的值。

3) 根据分压公式计算出 V_{AE} 、 V_{BE} 、 V_{CE} 和 V_{DE} 的值，并与测量值作比较。

4) 在 5 个串联电阻与 10V 电压之间串入 20mA 直流数字毫安表，测出电流，并计算值

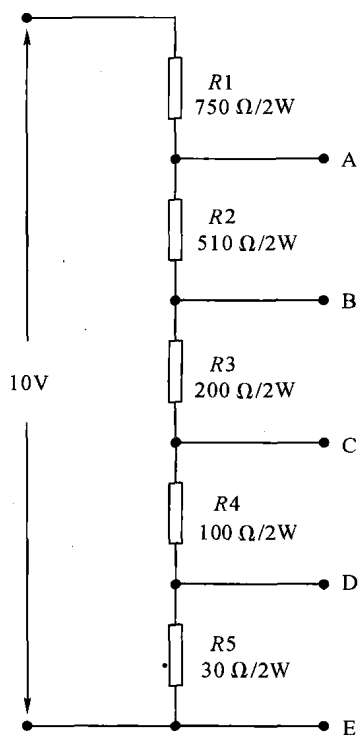


图 1.1.8

作比较。

§ 1.1.4 实验报告要求和思考题

1. 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。
2. 记录所测稳压管 2CW51 的稳压值。
3. 记录发光二极管的工作电流和工作电压,并回答所提问题。
4. 记录串联电阻分压值 V_{AE} 、 V_{BE} 、 V_{CE} 和 V_{DE} 。
5. 为什么无法用万用表的电阻 1k 挡测量发光二极管的正、反向电阻?

§ 1.1.5 实验设备和材料

1. KHDL-1 型电路原理实验箱。
2. YB43020B 型双踪示波器。
3. DF1641B1 型函数信号发生器。
4. DF2175 型交流毫伏表。
5. MF-500 型万用表。

第二节 电子仿真软件 Multisim 7.0 简介

EWB(Electronics Workbench)是加拿大 Interactive Image Technologies 公司(简称 IIT 公司)于 1988 年推出的颇具特色的 EDA 软件,曾风靡全世界。到目前为止,超过 32 个国家、被译成 10 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,早在上世纪 90 年代就在我国得到迅速推广,许多大专院校把 EWB5.0 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 IIT 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 EWB 软件更新换代推出 EWB6.0 版本,称作 MultiSIM(意为多重仿真),也即 Multisim2001 版本;2003 年升级为 Multisim 7.0 版本。Multisim 7.0 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 18 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 17 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。尤其是 RLC 电路的过渡过程、电容的充放电过程等,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 Multisim 7 进行电路分析虚拟仿真实验作一些介绍。

单击“开始/程序/Multisim 7”即可进入电子仿真软件 Multisim 7,首先出现它的启动画面如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1

几秒钟后进入它的基本界面如图 1.2.2 所示。

基本界面最上方一行是主菜单栏(Menu Bar),共 11 项如图 1.2.3 所示。各主菜单中文译意见图 1.2.4。

主菜单栏下方一行左面为“系统工具栏(System Toolbar)”共 11 项如图 1.2.5 所示,各

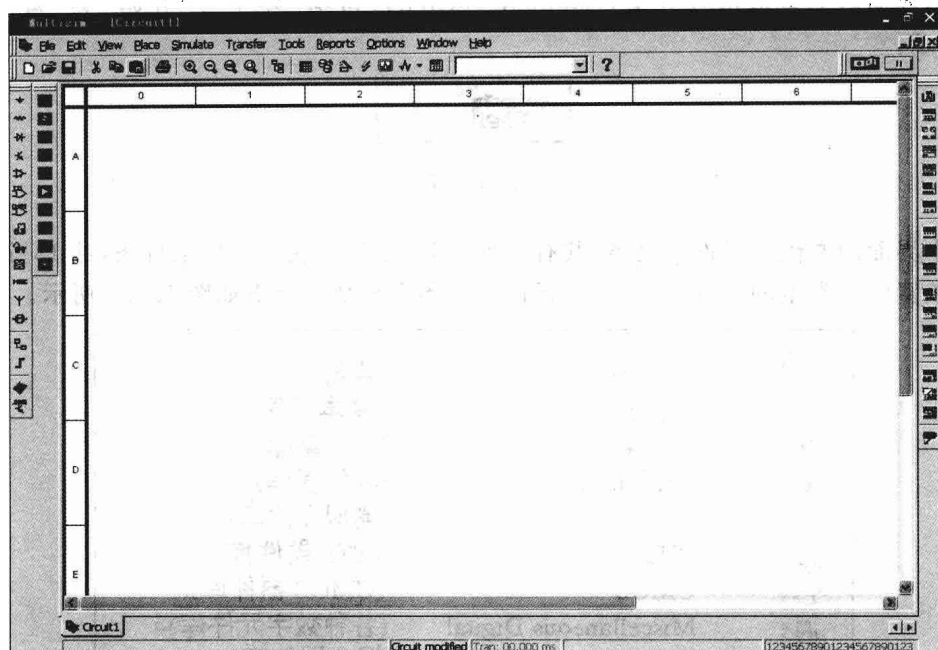


图 1.2.2

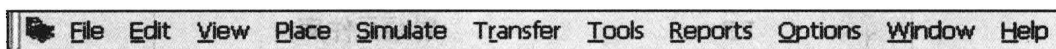


图 1.2.3

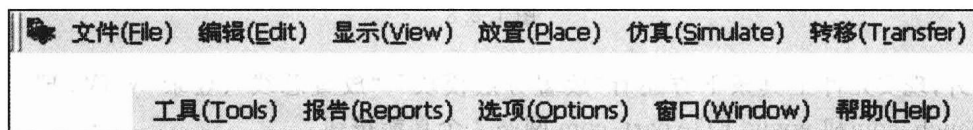


图 1.2.4

项工具含义与一般 Word 软件相同,无需说明。



图 1.2.5

中间为“设计工具栏(Multisim Design Bar)”共 8 项和“使用中的元件列表框(In Use List)”及“帮助按钮”如图 1.2.6 所示。它们都是一些快捷键图标,各项工具含义可在下面提到的各主菜单的下拉菜单中找到。



图 1.2.6

基本界面右上角是仿真开关(Simulate Switch),包括“停止”、“开始”和“暂停”如图 1.2.7所示。

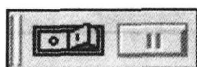


图 1.2.7

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 13 个元件库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 1.2.8 所示。

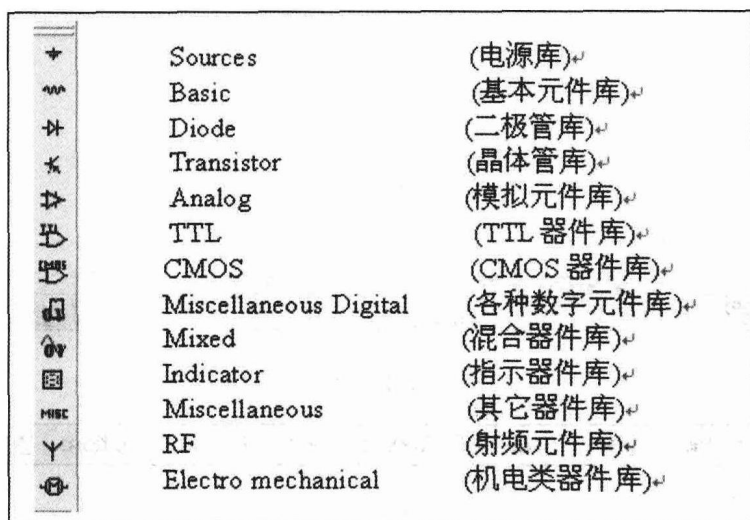


图 1.2.8

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 WWW. Electronics Workbench. com和 www. EDApart. com 网站 4 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 1.2.9 所示。

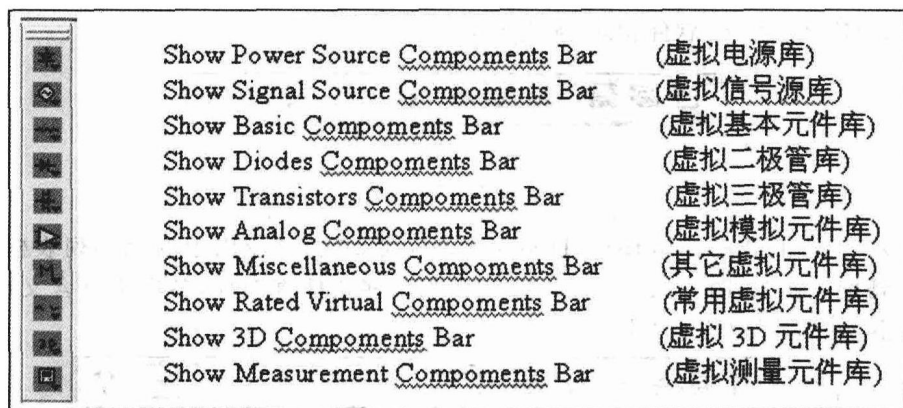


图 1.2.9