

电子电路的仿真测量

DIANZI DIANLU DE FANGZHEN
CELIANG

总主编 聂广林

副总主编 辜小兵 邱绍峰

主 编 王 毅

副主编 刘晓书



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

内容简介

本书为适应工学结合、校企合作、顶岗实习的人才培养模式,依据教育部最新颁布的教学大纲,结合劳动社会保障部颁布的职业标准编写而成,是以就业为导向、学生为中心的一体化教材。

本书包括5个项目:走进虚拟电子实验室,电工电路的仿真测量,模拟电路的仿真测量,数字电路的仿真测量,综合电子电路的仿真测量。利用NI Multisim 10 仿真软件在计算机上建造一间虚拟电子实验室,以“搭建电路和仿真测量电路”为主线,项目引领,任务驱动、图文并茂地阐述电子信息专业典型实习项目,同时递进式地介绍了NI Multisim 10 的使用方法。

本书是中等职业学校电子与信息技术类专业必修教材,同时也是电子工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路的仿真测量/王毅主编. —重庆:重庆大学出版社,2013.9

中等职业教育电子与信息技术专业系列教材

ISBN 978-7-5624-7448-7

I. ①电… II. ①王… III. ①电子电路—计算机仿真—测量技术—中等专业学校—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第125008号

电子电路的仿真测量

总主编 聂广林

副总主编 辜小兵 邱绍峰

主 编 王 毅

副主编 刘晓书

策划编辑:王 勇 陈一柳 王海琼

责任编辑:文 鹏 姜 凤 版式设计:王海琼

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:418千

2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7448-7 定价:32.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

序 言

重庆大学出版社组织编写的中等职业教育电子与信息技术专业系列教材即将问世了,那么,什么是电子与信息技术呢?

简而言之,就是微电子技术与信息技术的知识相互渗透、相互结合的一个知识技术集合,即采用电子技术来采集、传递、控制和处理信息的技术,它可分为:

传感技术——信息的采集技术,对应于人的感觉器官;

通信技术——信息的传递技术,对应于人的神经系统的功能;

计算机技术——信息的处理和存储技术,对应于人的思维器官;

控制技术——信息的使用技术,对应于人的执行器官。

为什么要组织编写电子与信息技术专业系列教材呢?

理由之一:随着电子信息技术的广泛应用和深入发展,它已渗透到社会领域的各个方面。计算机是信息处理的工具,通信是信息的传播手段,微电子技术是信息技术的基础。集成电路的高集成化、高密度化和高速度化,带来了电子计算机的小型化、微型化、高性能化、高速度化和价格低廉化。电子信息技术正成为现代化产业的重要支柱,它以工厂生产自动化、办公室自动化、农业自动化、家庭自动化为重要应用领域,正深刻地改变着今天的社会面貌。

理由之二:有科学家预言,工业化社会将向后工业化社会(即信息化社会)转换,这一预言正在成为现实。社会信息化正以人们料想不到的范围、规模和速度向前推进。从劳动力结构来看,一个世纪以前,不到 10% 的美国劳动力从事信息工作,现在已超过 60%;日本以及欧洲经济合作与发展组织的几个成员国从事信息技术的劳动力已占本国劳动力总数的 2/3;自第二次世界大战以来,信息工作者在劳动力总数中的比例,每 5 年增长 2.8%。我国电子信息产业的从业人员已达上千万人。

理由之三:电子与信息技术产业已成为带动经济增长的引擎,已成为支撑当今社会经济活动和社会生活的基石。在这种情况下,电子信息产业成为世界各国,特别是发达国家竞相投资重点发展的战略性新兴产业部门。在过去 10 年中,全世界电子信息产业的增长率是相应的国民生产总值增长率的 2 倍,电子信息产业已成为带动经济增长的关键产业。我国目前电子信息产业的规模已居世界前三位,且一直保持着世界电子产品第一制造大国的地位,电子信息产业年销售收入约 10 万亿元,年均增长 15% 左右,进出



口一直占全国外贸总额的 1/3 以上,在全国外贸出口中持续位列第一,对国民经济的贡献率显著提高。

理由之四:我国中等职业教育新一轮教材及课程改革正如火如荼地进行。

综上所述,从电子与信息技术产业自身的发展、产业规模、用人需求等方面看,该产业是创新性最活跃、带动性最强、渗透性最广的战略性朝阳产业,需要大量的高素质劳动者和技能型人才。因此,我们开发出版一套电子与信息技术的系列教材是形势的需求、时代的要求、民生的需要,对中等职业教育自身教学改革来说,也是非常必要的。

按照“基础平台 + 专门化方向”的思路,结合当前经济发展和产业结构的实际需要,我们将电子与信息技术专业下设三个专门化方向,它们各自的课程构建如下表所示。

课程类别	专门化方向	必修课程名称	主 编	选修课程名称	主 编
基础平台课程		电工技术基础与技能	聂广林	职场健康与安全	辜小兵
		电子技术基础与技能	赵争召		
		电工技能实训	聂广林		
		电子技能实训	聂广林		
专业化方向课程	电子测量技术	电子测量技术与仪器	谭定轩、杨鸿	电子产品装配与检验	冉建平
		传感器检测技术及应用	官 伦	电子电路仿真测量	王 毅
		单片机应用技术	辜小兵、尹金		
		电子产品整机装配与调试	谭云峰、彭贞蓉	通信技术	邱绍峰
	通信与监控技术方向	安防系统设备安装及维护	高岭、官伦	多媒体技术及应用	吕如川
		通信技术	邱绍峰	电子产品装配与检验	冉建平
		传感器检测技术及应用	官 伦	电子电路仿真测量	王 毅
		单片机应用技术	辜小兵、尹金		
	汽车电子技术方向	汽车、摩托车电子设备技术及维护	张 川	通信技术	邱绍峰
		多媒体技术及应用	吕如川	电子产品装配与检验	冉建平
		单片机应用技术	辜小兵、尹金		
		电子产品整机装配与调试	谭云峰、彭贞蓉		

本专业毕业生主要面向电子与信息设备的生产企业、销售和服务部门,从事日用电器、家用电器和办公自动化设备的装配、调试、销售和检修维护等工作,其主要的业务工作岗位群是:

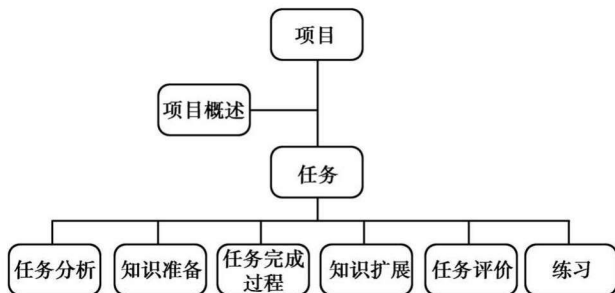
- (1)在电子与信息技术产品制造业从事产品的生产、调测、维修服务等工作。
- (2)在电子与信息技术营销行业从事产品的销售、售后服务和营销等方面的工作。
- (3)在专业通信公司、企事业单位从事通信系统运行管理和维护保障工作。
- (4)在网络工程公司、企事业单位从事用户网络工程的管理、维护保障工作。
- (5)在电子生产企业从事生产工艺管理、电子产品调试与质量检测工作。

本套系列教材的编写理念为:

- ◆继承:继承前人的优秀成果;
- ◆创新:追求与其他教材的不同之处,具有独立性,新颖性;
- ◆实用:在内容选取上与中职学生的就业岗位相关;
- ◆易学:关注中职学生的基础,简洁易懂;
- ◆特色:突出以就业为导向、学生为主体的职教特色,突出“四新”(新技术、新材料、新工艺、新方法)的要求,着眼于学生职业生涯的发展,注重职业素养的培养,有利于课程教学改革。

本套系列教材的编写原则为:贴近时代,贴近生活,贴近学生实际。本套系列教材的编写特点为:

- (1)优秀的作者团队。由中职教育教学第一线的专业骨干教师,企业生产第一线的工程技术人员,教学科研机构的研究员、博士等组成本套系列教材的编写队伍。人员构成合理,行业企业深度参与,从而保证了本系列教材的编写质量。
- (2)在内容选取上以“必需”为度。
- (3)在深难度把握上以“够用”为度。
- (4)在编写模式上,采用模块结构,各校可在本系列教材中任意选取3~5门课程来搭建符合自己学校基础和条件的专业课程体系。
- (5)在教材的编写体系上,采用“教、学、做合一”的行动体系,以项目、任务、活动案例为载体组织教学单元,体现模块化、系列化。每一个教学单元的编写结构如下图所示。



(6)内容呈现方式上,以图形、表格为主,配以简短的文字解说,语言叙述流畅上口,学生愿读易懂。同时,适当穿插一些形象生动、趣味性强、直观鲜明的小栏目提高学生的学习兴趣。

(7)尽量与学生的职业资格鉴定要求相衔接。

(8)注意渗透企业文化和企业精神,如安全、文明、环保、节能、质量意识、职业道德、团队合作、奉献精神等。

该系列教材是在党和国家高度重视职业教育的大好形势下,在国家新一轮中职教育教材改革的大框架下,经过多方认证、多次研讨的情况下进行开发的。力争编写出一套社会满意、学校满意、教师满意、学生满意的适应经济社会发展的好教材,但毕竟我们水平、能力均有限,定有很多不当之处,欢迎同行们在使用中提出宝贵意见。

总主编 聂广林

2012年6月

前言

本书以 Multisim 10 仿真软件为工具,在虚拟的电子电工实验室搭建电子电工电路,使用虚拟的仪器仪表测量电路参数及工作过程,从根本上改变了硬件实验的传统做法,其准确性、灵活性、可重复性、低维修率远远超过实际电子实验室。在中职电子实验室中,虚拟电子实验室应大力提倡。

本书是配合《电工技术基础和技能》《电子技术基础和技能》《电子测量技术》等课程教学和竞赛而设计编写。

Multisim 10 是美国 NI(National Instruments)公司开发的 EWB(Electronics Workbench EDA)仿真软件,是早期 EWB 5.0、Multisim 2001、Multisim 7、Multisim 8、Multisim 9 等版本的升级换代产品。该软件基于 PC 平台,采用图形操作界面虚拟仿真了一个与实际情况非常相似的电子电路实验工作台,它几乎可以完成在实验室进行的所有电子电路实验,应用于电子电路分析、设计、仿真等工作中,是目前世界上最为流行的电子电路全自动设计(EDA)软件之一,已被广泛应用于国内外的教育界和电子技术界。

随着电子技术的高速发展和计算机技术的普遍应用,电子虚拟仿真软件将作为电路设计、电路工作原理验证、电路调试、电路故障维修的有效工具和先进的电化教学方法,所以“电子电路的仿真测量”,将成为中职电子专业的一门重要课程。

本书突破传统教材模式,以具体的实践项目作为载体介绍软件的使用方法;改变以往教材按照理论知识递进的讲解编写方式,根据实践项目的需求将所需知识点进行有效组合,且遵循“够用、必需”的原则编写,培养学生分析电路、测量电路、维修电路和初步设计电路等能力。

全书有 5 个项目,24 个任务,具体如下:

项目 1 有 2 个任务,通过介绍在仿真环境如何搭建电子电工电路和如何使用电子电工仪表测量电路,介绍电子仿真软件 Multisim 10 的使用方法。

项目 2 有 6 个任务,分别对欧姆定律、基尔霍夫定律进行验证,对电阻串并联电路的特点进行总结,对电阻性故障电路进行仿真维修,对电容器充电、放电过程进行观察,对 RLC 正弦交流串联电路的仿真测量交流电路中电流、电压大小与相位关系进行分析;介绍最常用的虚拟仪器仪表和如何使用仪表软件测量电工电路。

项目 3 有 7 个任务,分别对二极管伏安特性、二极管整流电路、二极管整流滤波电路、

三极管放大电路、负反馈放大电路、集成运放、低频功率放大电路、振荡电路、稳压电源进行实验,对模拟电路的静态参数和动态性能进行测量;介绍如何使用仿真软件测量虚拟电路。

项目4有5个任务,分别对门电路、组合逻辑电路的设计方法和分析方法、编码器与译码显示器、时序逻辑电路、555定时器进行实验,并对数字电路的逻辑功能和工作波形进行测量;介绍如何使用仿真软件测量数字电路。

项目5有4个任务,列举了音响设备的音调控制电路、节日使用的彩灯循环控制器、节目竞赛用到的智力抢答器和十字交叉路口运用的交通信号控制器,综合应用了电工电路、模拟电路、数字电路知识,初步认识如何使用仿真软件设计综合应用电路系统,并在仿真环境调试电路。

本教材由重庆市渝北进修校聂广林担任总编,重庆市科能高级技工学校王毅担任主编,并负责全书统稿,刘晓书担任副主编。本书项目一、项目五由王毅主编,项目二、四由重庆市科能高级技工学校刘晓书、董杰、张新静编写,项目三由四川富顺县职教中心陈永良编写。本书得到重庆市教科所、市中心教研组、重庆大学出版社以及邱绍峰博士的大力支持和帮助,在此一并致以衷心的感谢。由于编者水平所限,书中难免出现缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2012年8月



Contents 目 录

项目一 走进虚拟电子实验室	1
任务一 电路的搭建	2
任务二 电路的测量	24

项目二 电工电路的仿真测量	52
任务一 欧姆定律的仿真测量	53
任务二 电阻串联、并联电路的仿真测量	62
任务三 基尔霍夫定律的仿真测量	70
任务四 电阻性电路故障的仿真测量	74
任务五 电容器充放电电路的仿真测量	83
任务六 正弦交流电路的仿真测量	90

项目三 模拟电路的仿真测量	103
任务一 二极管整流电路的仿真测量	104
任务二 单管放大电路的仿真测量	113
任务三 负反馈放大电路的仿真测量	136
任务四 集成运算放大电路的仿真测量	141
任务五 低频功率放大器的仿真测量	148
任务六 信号产生电路的仿真测量	152
任务七 直流稳压电源的仿真测量	158

项目四 数字电路的仿真测量	165
任务一 门电路的仿真测量	166
任务二 3 人表决器的仿真测量	182
任务三 编码器和译码显示器的仿真测量	190
任务四 时序逻辑电路的仿真测量	203

任务五 555 集成定时电路的仿真测量 216

项目五 综合电子电路的仿真测量 227

任务一 音调控制电路的仿真测量 228

任务二 彩灯循环控制器的仿真测量 232

任务三 智力抢答器的仿真测量(选学) 237

任务四 交通信号灯控制器的仿真测量 246

参考文献 256

* 可选修。



项目一

走进虚拟电子实验室



【知识目标】

- 初步认识虚拟电子实验室(Multisim 10电子仿真软件);
- 常握调用、连接、删除元器件的方法;
- 掌握搭建电路的步骤;
- 掌握仿真测量电路功能的方法;
- 掌握调用和使用虚拟仪器仪表的方法。



【技能目标】

- 初步学会设置NI Multisim 10的操作界面;
- 初步学会在Multisim 10中搭建简单的电路;
- 初步学会在Multisim 10中使用常见虚拟仪器仪表;
- 初步能对电路参数的仿真测量。

学习电子电工技术的同学们都有两个愿望:一是拥有一间设备齐全的电子实验室;二是有快速学会电子电工技术的捷径。一台计算机和一套电子仿真软件就能实现你的愿望。它解决了电子实验室昂贵的配置和实验耗材的浪费,你可随时随地重复实验,对电路的测量直观、智能,是快速学会电子技术的有利工具。

电子仿真软件较多,但 NI Multisim 10 电子仿真软件适合初学者,本书则以 Multisim 10.0.1 教育汉化版本为例,介绍 Multisim 10 电子仿真软件的使用方法。从现在开始,就让我们一起走进虚拟电子实验室,来搭建电路和仿真测量电路。



任务一 电路的搭建

任务分析

初步学会设置 Multisim 10 的操作界面,并能在 Multisim 10 虚拟电子实验室搭建电路,包括调用、连接、删除元器件和删除连线等常用操作;通过三维元器件搭建一个发光二极管指示电路,掌握搭建电路的基本步骤。

知识准备

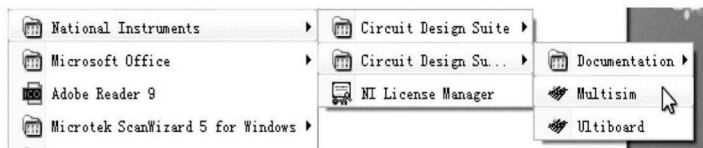
什么是虚拟电子实验室

1. 启动 Multisim 10

启动 Multisim 10 有两种方法:一种是在安装有 NI Multisim 10 软件的计算机桌面双击“”Multisim 10 图标启动该程序(见图 1-1(a));另一种方法是单击“开始”→“程序”→“National Instruments”→“Circuit Design Suite”→“Multisim”启动该程序(见图 1-1(b))。



(a) 桌面快捷图标



(b) Nation Instruments 中程序 Multisim

图 1-1 启动 Multisim 10 的两种方法

当启动 Multisim 10 程序时,将出现如图 1-2 所示的启动界面。

程序启动后,弹出如图 1-3 所示的 Multisim 10 操作界面,即虚拟电子实验室。



I98E04427
Multisim Power Pro Edition / Education Edition
Version 10.0.1



图 1-2 Multisim 10 的启动界面

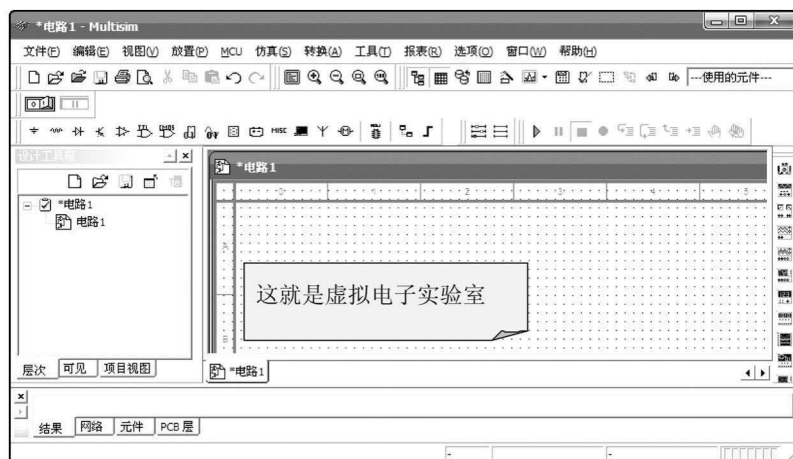


图 1-3 虚拟电子实验室

Multisim 的含义是多重仿真,NI Multisim 10 是美国 NI 公司 2007 年推出的,它不仅可完成一般电子电工电路的虚拟仿真测量,在 LabVIEW 虚拟仪器、单片机仿真等方面都有很大的创新和提高。虽然目前的 Multisim 已升级为 Multisim 11(增强了单片机和制版功能),但 Multisim 10 版本仍在中国电子企业、行业应用极为普及。

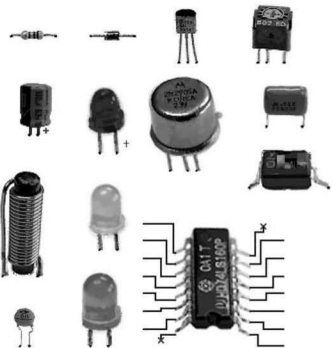
NI 公司推出的电路自动设计软件,具有电路仿真设计模块(Multisim)、PCB 设计模块、布线引擎及通信电路分析模块和设计模块 4 个部分,能完成从电路仿真设计到电路版图生成的全过程,是一套功能完善、操作界面友好、方便使用的 EDA(电子设计自动化)工具。本书只介绍仿真设计模块(Multisim)。

2. Multisim 10 特点

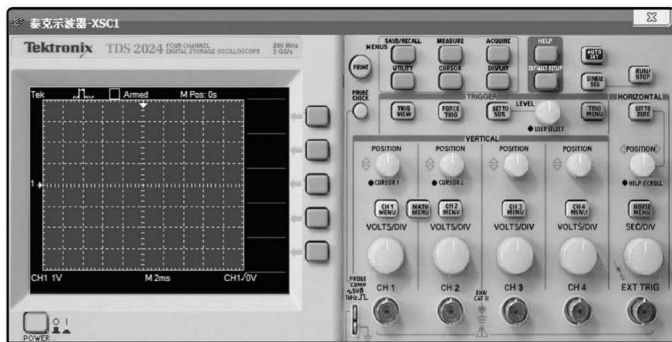
Multisim 10 使用软件的方法虚拟电子与电工元器件,虚拟电子与电工仪器、仪表,从而实现了“软件即元器件”“软件即仪器”。与传统的电子电工电路实验相比,具有如下特点:

- 设计与实验可以同步进行,可以边设计边实验,修改、调试方便;
- 设计和实验用的元器件及测量仪器、仪表齐全,可以完成各种类型的电路设计与实验;
- 可方便地对电路参数进行测量和分析;
- 可直接打印输出实验数据、测试参数、曲线和电路原理图;
- 实验中不消耗实际的元器件,实验所需元器件的种类和数量不受限制,实验成本大大降低,实验速度快,效率高;
- 设计和实验成功的电路可以直接转换为实用产品进行生产使用。

Multisim 10 软件提供了非常友好的操作界面,点击鼠标就可以轻松完成原理图输入的烦琐工作。软件提供了相当广泛的元器件,从无源器件到有源器件,从模拟器件到数字器件,从分离元器件到集成电路,还有单片机模型和三维元器件模型。软件还提供了种类齐全的虚拟电子测量设备及三维测量仪器,操作这些设备如同操作真实的设备一样。如图 1-4 所示为 Multisim 10 提供的三维元器件和三维仪器。



(a) 三维元器件



(b) 三维仪器

图 1-4 三维元件和仪器模型

Multisim 10 软件还提供了全面的电路分析工具,利用这些工具可以完成对电路的静态和动态分析、时域和频域分析、噪声分析和失真度分析等,帮助电路设计者较快地了解电路性能,大大缩短了实验周期,也降低了实验成本。

所有的 Multisim 10 的操作都是在计算机环境下进行的,它不是真实的元器件的搭接和电路的测量,因此将其称为虚拟电子实验室。

任务实施

一、认识 Multisim10 的操作界面

Multisim 10 的操作界面如图 1-5 所示,包含菜单栏、工具栏(标准工具栏和仿真工具栏)、仿真电源开关、元器件工具栏、虚拟仪器仪表栏、电路工作区、设计工具箱、电子表格和状态栏。其中一些操作方法与常用的办公软件相似。

- 菜单栏: Multisim 10 的所有功能均可在此栏中找到,其中 MCU 表示的是单片机菜单。

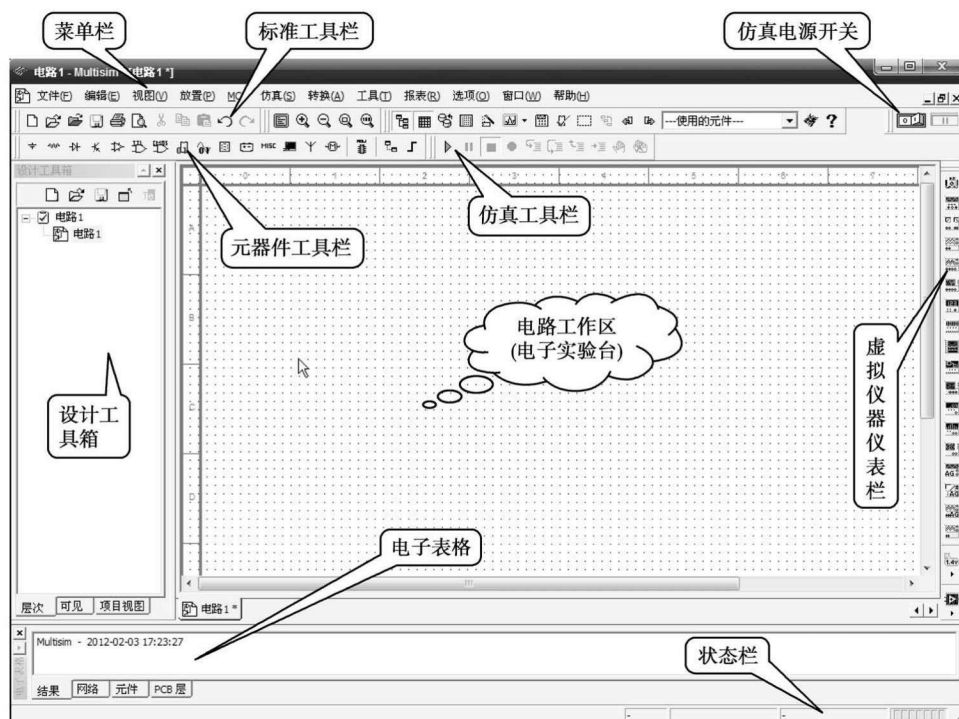


图 1-5 Multisim 10 的操作界面

- 标准工具栏: 包含新建、打开、保存、打印等常用的功能按钮。
- 电路工作区: 即电子实验台, 是搭建、编辑电路图以及进行仿真分析、显示波形的地方。
- 设计工具箱: 利用该窗口可以把有关电路设计的原理图、PCB 图、相关文件、电路的各种统计报告进行分类管理, 还可观察分层电路的层次结构。设计工具箱可在“视图”菜单下关闭或打开。
- 元器件工具栏: 提供电路图中所需的各类电子元器件, 如基本元件(电阻、电容、电感等)、二极管、三极管、集成电路等, 如图 1-6 所示。该工具栏可在“视图”→“工具栏”→“元件”中关闭或打开。

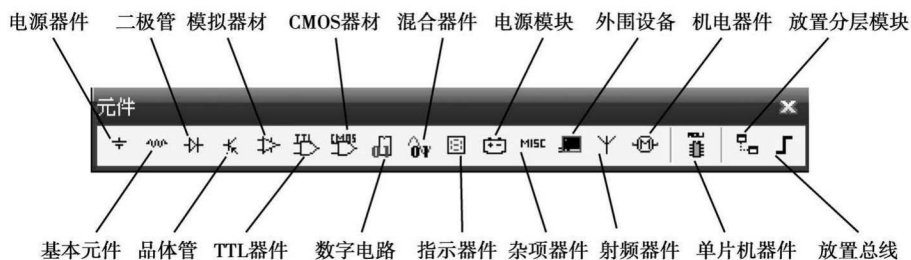


图 1-6 元器件工具栏各按钮的含义

• 虚拟仪器仪表栏: Multisim 10 的所有虚拟仪器仪表均可在此工具条中找到, 如万用表、示波器、频率计、信号发生器、逻辑分析仪等, 如图 1-7 所示。



图 1-7 虚拟仪器仪表工具条

• 电子表格: 即元器件属性视窗, 该视窗是当前电路文件中所有元器件属性的统计窗口, 可通过该视窗改变部分或全部元器件的某一属性。也可在“视图”菜单下关闭或打开该视窗。

• 状态栏: 主要用于显示当前的操作及鼠标指针所指条目的有关信息。可在“视图”菜单下关闭或打开该状态栏。

二、设置 Multisim 10 操作界面

在搭建和仿真电路之前, 需要对 Multisim 10 的操作界面进行一些必要的设置, 满足个性要求。

1. 设置视窗

Multisim 10 的操作界面上显示有多个默认视窗, 可以打开或关闭这些视窗, 如单击“电路描述”“设计工具箱”和“电子表格”视窗上“×”即可关闭这些视窗, 操作界面增大, 如图 1-8 所示。

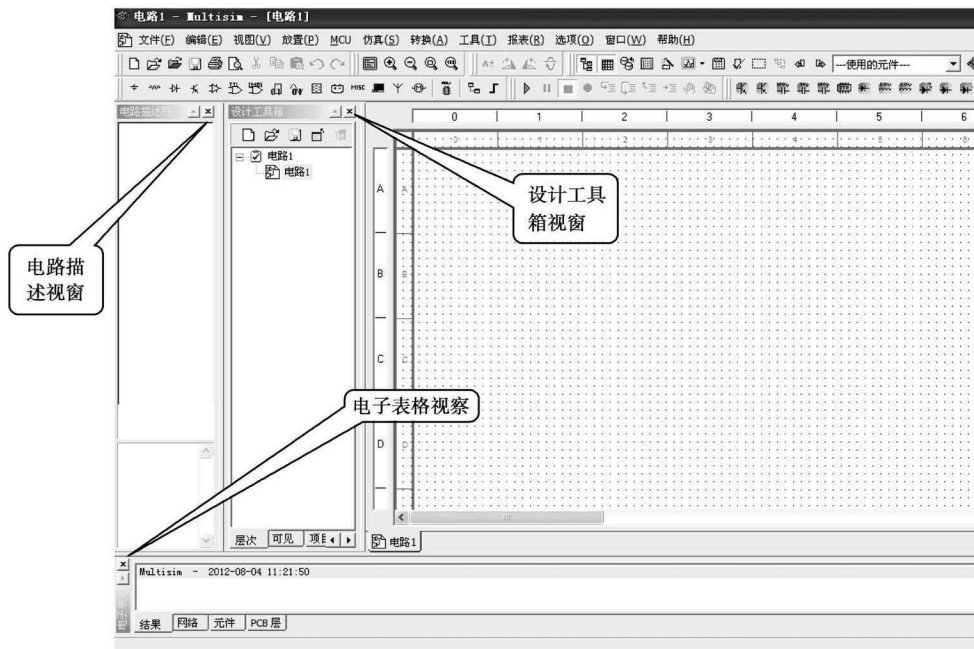


图 1-8 关闭设计工具箱和电子表格视窗

若需重新打开“设计工具箱”视窗,可在主菜单“视图(View)”下拉菜单中勾选“设计工具箱”,即可打开“设计工具箱”视窗,如图1-9所示;使用同样的方法,也可打开“电子表格”视窗。



图 1-9 打开“设计工具箱”和“电子表格”视窗

2. 设置零件、保存路径和语言

单击主菜单“选项”→“Global Preferences...”,如图1-10所示,打开“首选项”对话框。有4个选项卡,如图1-11所示,默认打开“零件(Parts)”选项卡,该选项卡中有4栏内容。

(1) 设置元器件调用方式和电路符号标准

①放置元件方式:如图1-11所示,在“放置元件方式”栏有3种方式,默认“放置单一元件”项,建议选择“连续放置元件(Esc退出)”项,即可连续放置所选元件,按键盘上“Esc”键退出。

②符号标准:有两种标准:一种是美国标准模式“ANSI”,在电子行业、工程上广泛应用,常见电路符号如图1-12(a)所示,本书的电源、接地和开关主要采用ANSI标准;另一种是欧洲标准模式“DIN”,基本符合中国电路符号标准,其符号如图1-12(b)所示,本书大多数元件采用“DIN”标准。



图 1-10 “选项”下拉菜单