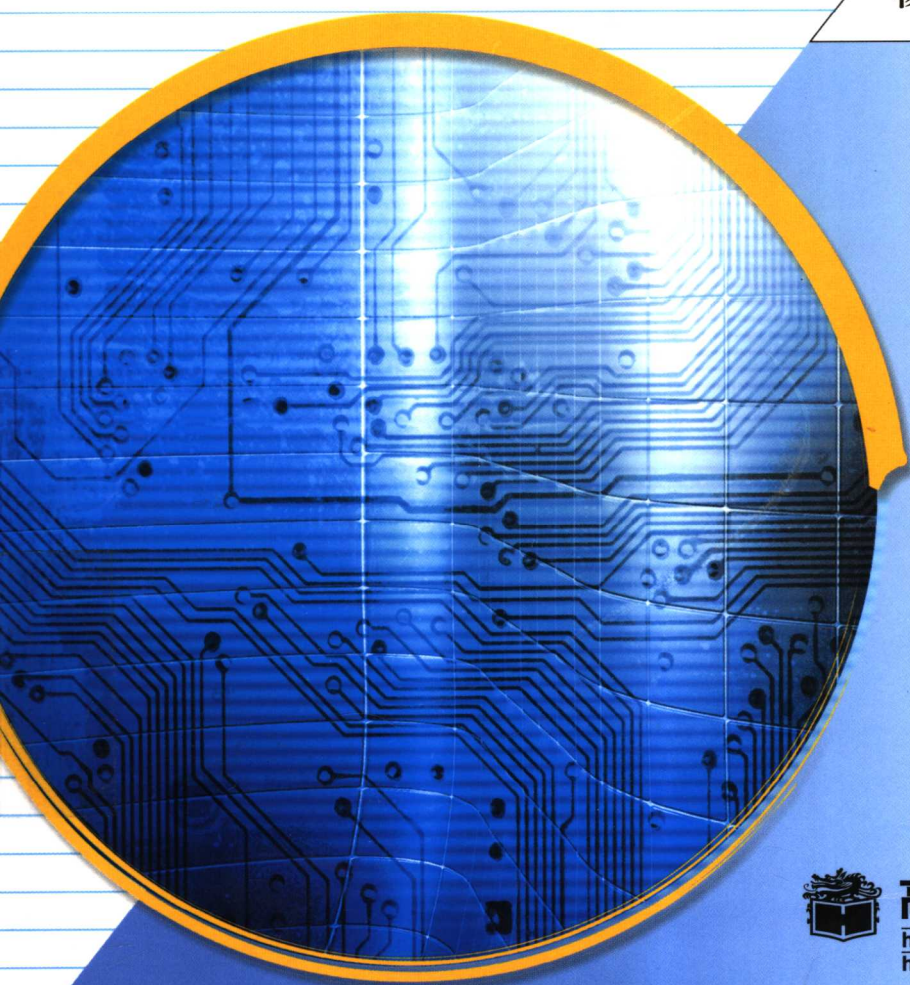




教育部新世纪网络课程建设工程

电子设计自动化

杨 静 主编



高等教育出版社

[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)
[http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)

TN702
126

教育部新世纪网络课程建设工程

电子设计自动化

杨 静 主编

杨 静 沈明山 吕 丽 编

高等教育出版社

内容简介

本书是高职高专的教育部新世纪网络课程建设工程教材。

本书详细介绍了流行的电子设计自动化(EDA)软件、可编程逻辑器件、硬件描述语言和可编程模拟器件。在内容组织上,理论知识以够用为度,主要采用示例、操作示例等方式,使读者较好地理解电子设计自动化技术。

全书共10章,主要包括 Electronics Workbench(EWB)基本操作、EWB 电子电路分析、可编程逻辑器件、ABEL 和 VHDL 硬件描述语言、ispEXPERT System 和 MAX + plus II 基本操作、可编程模拟器件及应用等内容。各章附有大量实训和练习题目。

本书可作为高职高专院校电子技术、信息、通信、自动化等专业学生的教材,也可供电子类在职研究开发人员和技术人员、无线电爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化/杨静主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-014650-9

I. 电… II. 杨… III. 电子电路—电路设计:计算机辅助设计—高等学校:技术学校—教材
IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044255 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 刘素馨 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 杨 明

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京北苑印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 26

字 数 640 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版

印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷

定 价 32.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前言

随着电子技术和计算机技术的发展,电子产品已与计算机系统紧密相连。采用电子设计自动化(EDA)技术,使电子电路设计人员能在计算机上完成电路功能设计、逻辑设计、性能仿真直至印制电路板或可编程逻辑器件的自动设计。EDA是在计算机辅助设计(CAD)技术基础上发展起来的计算机设计开发系统,这类开发系统自动化程度高、功能较完善、操作界面友好,并且有良好的数据开放性和互换性。目前,EDA技术已被世界上许多公司、企业和科研院所广泛使用。

目前市场上已推出多种电子电路仿真软件,电子电路的仿真和模拟已成为电子电路设计和教学的必要手段。本书第1章到第3章主要介绍了目前较常用的电子电路仿真分析软件 Electronics Workbench 5。通过 Electronics Workbench 5 的学习和实训,使学生能掌握电子电路仿真分析的常用基本方法并能熟练使用常用仪器仪表,提高对电路分析、应用及开发的能力。

随着电子设计自动化的发展,真正具备电子设计自动化意义的可编程逻辑器件(PLD)以它独特的优越性能,已应用到计算机、工业控制、智能仪器仪表、通信等多个领域。目前可编程逻辑器件开发系统较多,较典型的有支持 Lattice 公司器件的 ispEXPERT System、支持 Xilinx 公司器件的 Foundation 及支持 Altera 公司器件的 MaxplusII 等,它们都有各自的特点。由于 ispEXPERT System 和 Maxplus II 开发系统使用界面友好,开发简单,支持在系统编程器件,可满足高等职业学校的一般教学和实训,所以我们选用它们作为电子设计自动化实训的开发系统。本书第4章到第9章主要介绍了可编程逻辑器件的基本原理和基本设计方法,通过这部分的学习和实训,使学生初步了解 EDA 技术进行数字系统成品设计和分析的基本过程和 EDA 发展趋势,能熟练地分析数字系统,并完成简单的逻辑电路的设计。

可编程模拟器件 PAC(Programmable Analog Device)是近年来崭露头角的新型模拟集成电路。与可编程逻辑器件类似,用户可通过编程来配置器件内部连接和元器件参数,一种器件可实现数十种电路类型或功能,但器件的输入、输出及内部状态均为时间连续、取值连续的模拟信号。利用可编程模拟器件开发软件,便可以像可编程逻辑器件那样,方便、快捷地完成部分模拟电路的设计、修改、编程和验证,从而极大地缩短产品的研制周期。本书第10章主要介绍了 Lattice 公司可编程模拟器件 ispPAC 的基本原理和开发应用示例,通过这部分的学习和实训,使学生初步了解可编程模拟器件的基本开发流程,并完成简单的信号放大、增益调整、有源滤波等模拟电路的设计。

本书介绍了两种硬件描述语言 ABEL 和 VHDL 及两种应用软件 ispEXPERT System 和 Maxplus II,可根据实验条件和学时情况,重点讲授一种即可,另一种可供自学。

本书第1章到第9章由杨静和吕丽编写,吕丽主要负责部分示例的编写和验证。第10章由沈明山编写。杨静负责全书的统稿。

本书初稿由王毓银教授审阅和修改,提出了宝贵的意见,特此致谢。
由于电子设计自动化技术发展迅速,作者水平有限,错漏之处,恳请读者指正。

编者

2004年2月

目 录

第 1 章 绪论	1	4.1 可编程逻辑器件(PLD)基本结构	111
1.1 电子电路计算机辅助设计	1	4.2 PAL 和 GAL 器件	117
1.2 数字可编程技术	2	4.3 CPLD 基本结构	121
1.3 模拟可编程技术	3	4.4 FPGA 基本结构	125
第 2 章 Electronics Workbench (EWB)		4.5 PLD 开发流程与开发系统简介	128
基本操作	5	练习题	131
2.1 EWB 的特点和组成	5	第 5 章 ABEL 硬件描述语言	133
2.2 电路元器件库和使用参数说明	9	5.1 ABEL 硬件描述语言源文件格式	133
2.3 电路测试仪器仪表和使用	18	5.2 ABEL 硬件描述语言规则	135
2.4 EWB 基本操作	29	5.3 ABEL 硬件描述语言元素	137
练习题	42	5.4 ABEL 语言常用语句	151
第 3 章 Electronics Workbench 模拟		5.5 ABEL 真值表逻辑设计方法	160
电路分析	45	5.6 ABEL 逻辑方程设计方法	163
3.1 直流工作点分析(DC Operating Point Analysis)	45	5.7 ABEL 状态图逻辑设计方法	169
3.2 交流频率分析(AC Frequency Analysis)	50	练习题	177
3.3 瞬态分析(Transient Analysis)	58	第 6 章 VHDL 硬件描述语言	182
3.4 傅里叶分析(Fourier Analysis)	66	6.1 VHDL 基本结构	182
3.5 噪声分析(Noise Analysis)	70	6.2 VHDL 语言的数据类型及运算操作符	187
3.6 失真分析(Distortion Analysis)	74	6.3 VHDL 结构体的描述方式	196
3.7 参数扫描分析(Parameter Sweep Analysis)	80	6.4 VHDL 主要描述语句	199
3.8 温度扫描分析(Temperature Sweep Analysis)	84	6.5 组合逻辑电路设计示例	208
3.9 零-极点分析(Pole-Zero Analysis)	87	6.6 时序逻辑电路设计示例	221
3.10 传递函数分析(Transfer Function Analysis)	92	练习题	230
3.11 直流和交流灵敏度分析(DC/AC Sensitivity Analysis)	95	第 7 章 硬件描述语言逻辑设计进阶	236
3.12 蒙特卡罗分析(Monte Carlo Analysis)	104	7.1 存储器设计	236
3.13 最坏情况分析(Worst Case Analysis)	107	7.2 状态机设计	240
第 4 章 可编程逻辑器件概述	111	7.3 硬件描述语言层次化设计	256
		7.4 VHDL 子程序设计方法	261
		练习题	265
		第 8 章 ispEXPERT System 基本操作	267
		8.1 ispEXPERT System 软件概述	267

8.2	ABEL 硬件描述语言设计输入方法	267	第 10 章 可编程模拟器件及应用	375
8.3	VHDL 硬件描述语言设计输入方法	288	10.1 可编程模拟器件概述	375
8.4	原理图逻辑输入方式	294	10.2 ispPAC 系列在系统可编程模拟 器件结构	376
8.5	层次设计输入方法	306	10.3 ispPAC 接口电路	382
第 9 章 Max + plus II 基本操作	331	10.4 ispPAC 增益调整方法	384	
9.1 Max + plus II 概述	331	10.5 有源滤波器设计	388	
9.2 VHDL 硬件描述语言设计输入方法	332	10.6 可编程模拟器件的应用	390	
9.3 原理图逻辑设计输入方法	345			
9.4 波形设计输入方法	353	参考书目	408	
9.5 层次设计输入方法	358			

第1章

绪 论

随着大规模集成电路和电子计算机的迅速发展,电子电路分析与设计方法发生了根本性变革。以电子计算机辅助分析与设计为基础的电子设计自动化(EDA——Electronic Design Automation)技术已广泛用于集成电路与系统的设计中。电子设计自动化技术改变了以定量计算或估算和电路实验为基础的传统电子电路设计方法,成为现代电子系统设计的关键技术,是新一代电子设计工程师以及从事电子技术开发和研究人员的必备技能。

随着电子产品的集成化和复杂程度的提高,采用先进的电子电路设计方法,可以大幅度缩短设计周期,并使设计产品小型化、低功耗、高速度、高性能,提高新产品的竞争能力。

利用 EDA 分析与设计应用软件以及相应的下载工具,则从电路设计、性能分析、参数优化到 PCB(印制电路板)和专用集成电路设计,整个过程都可以利用计算机自动处理完成,实现了一个电子产品从设计构思、电路设计到物理结构实现的自动化。

1.1 电子电路计算机辅助设计

电子电路计算机辅助设计主要是在 PC 机上,以 Spice 的电子器件模型为基础,在可视化和集成化设计软件环境下,完成电路图的绘制、电子电路的仿真分析和印制电路板图的设计。利用它一般可对模拟电路、数字电路和数模混合电路进行计算机辅助设计,但仿真分析通过的电子电路,还必须按传统的电子电路设计方法,根据实际所需元器件,进行制板、焊接和调试。因此,可以说这类软件并不是真正意义上完全的电子设计自动化。

Spice(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)是美国加州大学伯克利分校在 20 世纪 70 年代初开发的模拟电路仿真程序,现已作为一种工业标准,许多电子电路计算机辅助设计软件以它为核心。并且现在许多器件生产厂家,在其电子器件数据手册中给出了 Spice 参数。

在 20 世纪 80 年代后期和 90 年代初,不少公司开发成功了运行于 Windows 平台的电子电路计算机辅助设计软件。它们不仅支持原有的 Spice 功能,还可对数字电路进行仿真分析,是可实

用的模拟和数模混合电路计算机辅助设计软件。目前常用的这类软件有 Pspice、Protel、OrCAD、Viewlogic、PADS、Electronics Workbench 等。

要说明的是,随着可编程逻辑器件(PLD)和电子计算机的发展,上述这些软件都在不断改进和提高,最新版本的已是一个比较完整的 EDA 软件。它们不仅可以进行电路图的绘制、模拟电路及数模混合电路的仿真分析和印制电路板图的设计,而且还支持可编程逻辑器件的设计。

电子电路计算机辅助设计软件主要特点和完成的功能:

1. 运行于 Windows 平台,集电子电路设计、分析、仿真为一体,构成功能强大的集成运行环境,为用户提供了方便、友好的操作界面。
2. 提供大量的元器件库,提供层次式电路原理图的绘制,元器件库的编辑,网络表文件的生成和网表格式转换。
3. 以图形方式或文本方式提供全面的模拟电子电路、数字电子电路以及数模混合电子电路的仿真分析。一般包括电路的瞬态分析、时域和频域分析、线性 and 非线性分析、噪声和失真分析等常规电路分析方法。此外还提供了离散傅里叶分析、电路零-极点分析和交直流灵敏度分析等多种高级电路仿真分析方法。
4. 多层印制电路板的设计,它包括 PCB 机械结构的设计、元件的布局设计和电路的布线设计。

以上介绍的电子电路计算机辅助设计软件中,Electronics Workbench 是一个比较独特的软件。它除了具有上述这些特点外,还提供了极为丰富的电路元器件和测试仪器仪表。电路元器件库除了模拟器件库、数字器件库和数模混合器件库外,在 Electronics Workbench 中还包括显示器件库、控制模块库和其他器件库,提供包括电压微分器、电压积分器、电压增益模块、传递函数模块及传输线、晶体、直流电机、数码显示器等独特器件。仿真仪器仪表库提供了数字多用表、函数信号发生器、示波器等,这些仪器仪表与实验室中的实物外形相似,极具亲临实际操作感。

1.2 数字可编程技术

随着计算机技术和大规模数字集成电路工艺的发展,真正意义上的电子设计自动化软件和器件已经出现并使用。它不仅可以用于数字电子电路的自动分析和设计,还可以将仿真通过的数字电子电路直接下载到可编程逻辑器件中,形成所需的专用集成电路。因此,完全摆脱了传统电子电路设计方法中的制板、焊接和调试过程。

数字电路自动化设计以可编程逻辑器件 PLD(Programmable Logic Device)为基础,以 PC 机和相应的编程器为开发工具,它可以自动完成数字电路设计、仿真、逻辑综合、布局布线等工作,设计者只需提供对数字电路设计的功能描述即可。此外,修改设计就如同修改电子文档一样方便。利用 EDA 技术进行数字电路的设计,可大大简化硬件系统,降低设计和生产成本,提高系统的可靠性、灵活性和保密性。

PLD 器件一般分为两类,一类是寄存器功能较强并包含有 RAM 的现场可编程门阵列(FPGA),其典型产品有 Xilinx 公司的 XC4000 系列器件;另一类是组合逻辑功能较强的复杂可编程逻辑器件(CPLD),其典型产品有 Lattice 公司的 ispLSI 系列器件等。与传统的 TTL74 系列和 CMOS4000 系列等数字集成电路不同,PLD 器件更类似于一张空软盘,不能直接使用,要通过

PLD 开发软件,将逻辑功能编程并下载到该 PLD 器件中才能使用。

目前可编程逻辑器件开发软件较多,与上述电子电路计算机辅助设计软件不同的是,每个软件一般只适用于某一类器件型号,而不适用于所有 PLD 器件的开发。较典型的有 ispEXPERT System、Foundation、Maxplus II 等。

ispEXPERT System 可编程逻辑器件开发软件支持 Lattice 公司生产的可编程逻辑器件。设计输入可采用原理图、ABEL-HDL 硬件描述语言、VHDL 语言及混合输入方式,能对所设计的数字电子系统进行功能仿真和时序仿真。ispEXPERT System 可编程逻辑器件开发软件新版更名为 ispDesignEXPERT System、ispLEVER System。

Foundation 开发软件支持 Xilinx 公司生产的可编程逻辑器件。它是一个完整的可编程逻辑设计软件,在集成化设计环境下,可以完成整个数字电路设计流程,包括设计输入、逻辑综合与优化、仿真以及实现(器件编程)。Foundation 开发软件提供电路原理图、硬件描述语言(ABEL-HDL、VHDL、Verilog-HDL)和状态图等多种逻辑设计输入手段。

Max + plus II 开发软件支持 Altera 公司生产的可编程器件。它也是一个完整的可编程逻辑设计软件,在集成化设计环境下,可以完成整个数字电路设计流程,包括设计输入、逻辑综合与优化、仿真以及实现(器件编程)。Max + plus II 开发软件支持电路原理图、硬件描述语言(Altera-HDL、VHDL、Verilog-HDL)和波形图等多种逻辑设计输入手段。

可编程逻辑器件开发软件的主要特点和完成的功能:

1. 提供一套完整的可编程逻辑器件集成化设计环境,可以在其功能强大而易于使用的界面下,完成整个设计流程,包括设计输入、逻辑综合与优化、仿真以及实现(下载编程)。
2. 设计输入工具有逻辑电路原理图和硬件描述语言(ABEL-HDL、VHDL、Verilog HDL),并可自动检查语法错误。
3. 设计实现工具可完成逻辑优化、综合、布局和布线等。
4. 设计仿真工具可验证逻辑设计功能和时序。
5. 支持“自顶而下”的层次化设计方法。

1.3 模拟可编程技术

可编程模拟器件 PAD(Programmable Analog Device)是近年来新开发的集成电路。与可编程逻辑器件类似,用户可通过编程来配置器件内部连接和元器件参数,一种器件可实现数十种电路类型或功能,但器件的输入、输出及内部状态均为时间连续、取值连续的模拟信号。利用可编程模拟器件开发软件,便可以像可编程逻辑器件那样,方便、快捷地完成部分模拟电路的设计、修改、编程和验证,从而极大地缩短产品的研制周期。

可编程模拟器件问世于 20 世纪 90 年代,至今先后有 Lattice、IBM、Motorola 等公司推出多种可编程模拟器件系列,但各公司生产的可编程模拟器件内部结构、实现技术、应用场合等有较大差异。其中 Lattice 公司 ispPAC 系列器件是 1999 年推出的在系统可编程模拟器件,也是目前器件市场较为流行的产品,可用于信号放大、滤波、积分、模/数转换等应用场合。

PAC-Designer 是 Lattice 公司专为 ispPAC 系列可编程模拟器件开发而提供的器件工具软件,可提供 ispPAC 系列可编程模拟器件的设计、仿真和编程等集成化开发环境,是开发 ispPAC

系列器件的必备软件工具。

目前,可编程模拟器件仍处于起步发展阶段,器件品种较少,每种器件完成的功能有限,器件规模较小。

第2章

Electronics Workbench(EWB) 基本操作

在电子电路设计中,经常要求对所设计的电路进行实验和调试,其目的是验证所设计的电路是否能达到设计所要求的性能和指标,并通过电路调试,改变元器件的参数,使整个系统达到最佳工作性能。

早期的电路实验和调试都是在一个实验板上,连接实际的元器件,借助于实验仪器仪表进行的。这种方法实验和调试周期较长,常用电路模块不能共享,并受所用仪器仪表和元器件种类及价格的限制,电子电路设计的工作效率较低。

随着计算机仿真技术的发展,电子电路的设计已发生了根本性的变革。目前,市场上已推出多种电子电路仿真软件。使用这些仿真软件,设计者只需借助计算机,利用键盘或鼠标,即可方便地进行各种电子电路的仿真实验和调试。

采用电子电路仿真分析软件,可以弥补由于经费不足带来的实验仪器仪表、元器件的缺乏或精度缺陷,排除了元器件材料的消耗,可以帮助我们更好更快地掌握电子电路的基本概念和原理,方便地进行电路的实验和调试。因此,电子电路的仿真和模拟已成为电子电路设计和教学的必要手段,并是培养学生电路分析能力、解决问题能力和开发创新能力的有力工具。

目前,常用的电子电路仿真分析软件有 Electronics Workbench、PSpice、Protel 等。它们均提供了良好的系统仿真设计环境,丰富的电路分析功能和大量的器件库、电路库,已在教学和科研领域得到了广泛的应用。尽管这些软件都可以方便地进行电子电路的分析和仿真,但计算机工作界面和仿真过程差别较大,在此不可能一一详细介绍,故只选用 Electronics Workbench 5 作典型介绍和实训。掌握了 Electronics Workbench 5 的电子电路分析和仿真方法,一定会一通百通的,因为百变不离其宗。

2.1 EWB 的特点和组成

Electronics Workbench(EWB) 是 20 世纪 80 年代末 90 年代初,由加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出的专门用于电子电路仿真分析的虚拟“电子电路工作实验台”,利用它可以

方便地进行模拟电路、数字电路和模数混合电路的仿真分析。

2.1.1 EWB 的特点和功能

Electronics Workbench 5 具有以下特点和功能。

(1) 界面直观、操作方便。EWB 在创建仿真测试电路时,元器件和仪器仪表均可直接从屏幕显示的器件或仪器仪表库中选取或删除。元器件用符号表示,仪器仪表与实验室中的实物控制面板外型相似,极具亲临实际操作感。使学生在电路仿真的同时,既掌握了电路的特性,又熟悉了常用仪器仪表的使用方法。

(2) 提供了数千种元器件。如果你是电路设计的高手,你还可以根据电路需要,建立自己的元器件库。每种元器件均可以设置多种参数,例如元器件数值、理想值、工作环境温度等。

(3) 提供了丰富的电路分析功能。它不仅可以进行电路的瞬态分析、时域和频域分析、线性和非线性分析、噪声和失真分析等常规电路分析方法,还提供了离散傅里叶分析、电路零-极点分析和交直流灵敏度分析等多种高级电路分析方法。采用高级电路分析方法,不仅可以大大缩短实验时间,减少实验费用,而且还可以帮助学生更好地掌握课堂讲授的内容,加深对电路基本概念和原理的理解,是理论教学的得力助手。

(4) 在电路仿真时,可以为元器件设置人为故障,例如开路、短路和不同程度的漏电等实际中可能遇见的故障。针对不同的故障,可以仿真在实际电路出现这类故障时对整个电路的影响,这在一般实验室很难做到。

(5) 仿真分析结果以图形或数据形式显示。设计者可设置图形和数据显示方式,一般其精确度、清晰度和稳定度远远高于一般实际仪器仪表。显示的图形或数据还可输出打印和存储。

(6) 电路库资源共享。对仿真通过的较典型或常用电路可以建成模块,模块相当于设计者自己构造的以文件形式保存的专用集成电路。它可以存放在用户元器件库中,供其他设计者或以后设计中反复调用。这是电子仿真分析独有的,可极大地提高了电子设计者的工作效率。

(7) 电子工作台所提供的元器件与其他一些常用电子电路分析软件 Pspice 的元器件库完全兼容。此外,在该软件中生成的电路文件,可以直接输出到常用的印制电路板排版软件 Protel 等,提高了设计者的工作效率。要说明的是,新版 Electronics Workbench 软件已可以不借助于其他软件,直接进行印制电路板的自动设计。

2.1.2 EWB 的基本组成

启动 Electronics Workbench 5 图标后,出现如图 2-1-1 所示的 EWB 主窗口。EWB 主窗口模仿了在电子电路实验室中常用的电子电路实验桌面。它除了 Windows 常见的菜单栏、工具栏和状态栏外,还包括了电子电路实验中一些必备设备,例如元器件库、测试仪器仪表、面包板、接插件、开关、实验记录本等。

主窗口中最大的区域是电路实验工作区,它类似于电子电路实验室中使用的面板,在实验工作区可以进行电路的连接和测试。例如 RC 积分电路测试连接如图 2-1-2 所示。

电路实验工作区的上方分别是菜单栏、工具栏、元器件库和仪器仪表栏。从菜单栏可以选择电路连接和实验所需的各种命令。工具栏包括了电路实验常用的操作命令。元器件库和仪器仪表栏如图 2-1-3 所示,它包括了大量在电路实验中用到的各种模拟、数字、模数混合元器件以

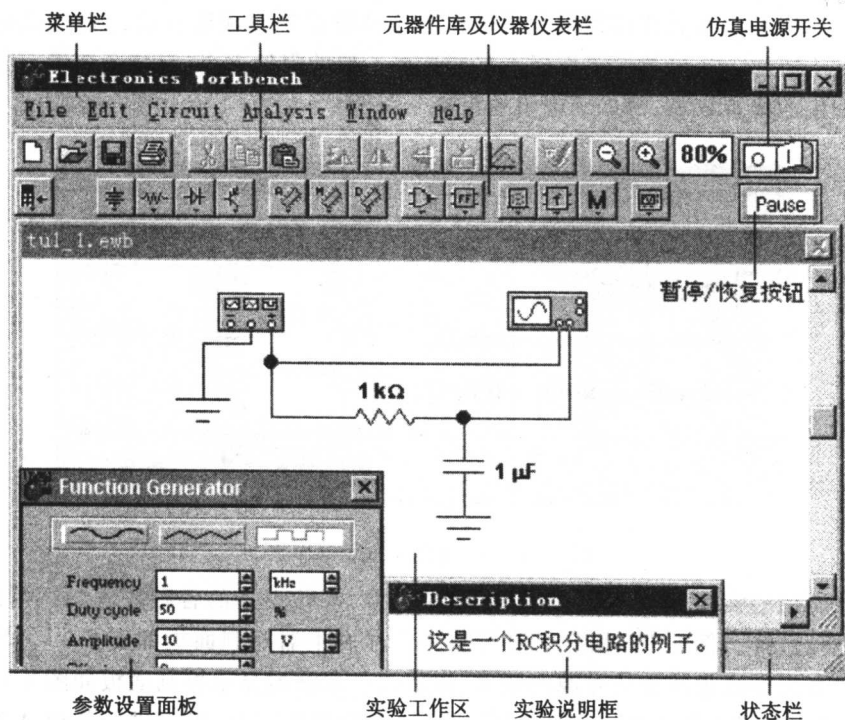


图 2-1-1 Electronics Workbench 5 的基本组成

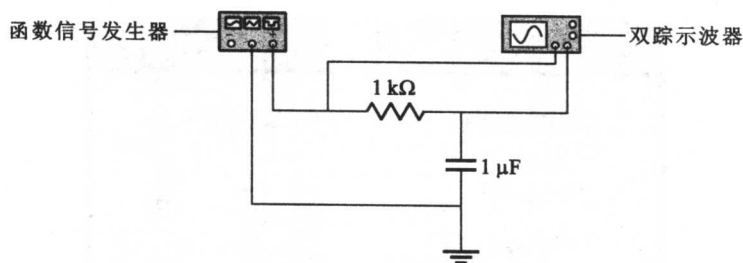


图 2-1-2 RC 积分电路测试连接图

及测试仪器仪表。除此之外,还提供了一个电源开关和一个暂停/恢复按钮,用于实验进程的控制。

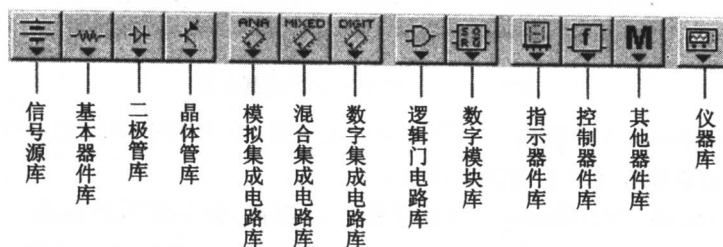


图 2-1-3 元器件库和仪器仪表栏

实验电路所需的各种元器件型号是通过元器件参数设置面板选择的,例如电阻参数设置面板如图 2-1-4 所示。从参数设置面板不仅能选择一般的阻值大小、温度系数等,还能设置实际电路中可能发生的虚拟故障,例如该电阻短路或开路等。

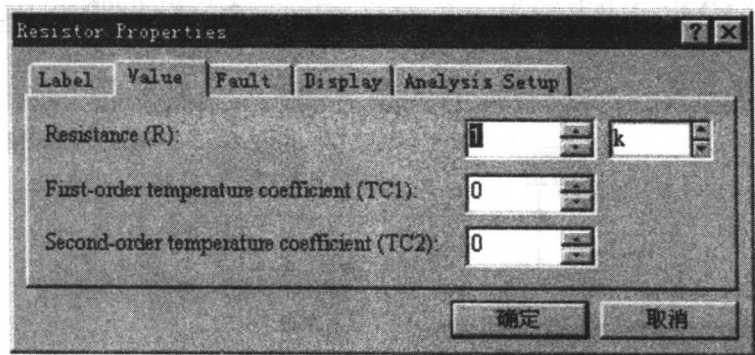


图 2-1-4 电阻参数设置面板

实验电路所用的实验设备可从仪器仪表栏中选取,实验设备的各种控制参数可通过仪器仪表控制面板进行选择。例如 RC 积分电路所需的信号发生器控制面板如图 2-1-5 所示,在此可设置电路仿真用交流正弦波信号源的频率、幅值等。示波器显示控制面板如图 2-1-6 所示。从图可知,它类似于常用的双踪示波器面板。在显示控制面板上,可以进行信道 A 和信道 B 的各种显示方式选择。

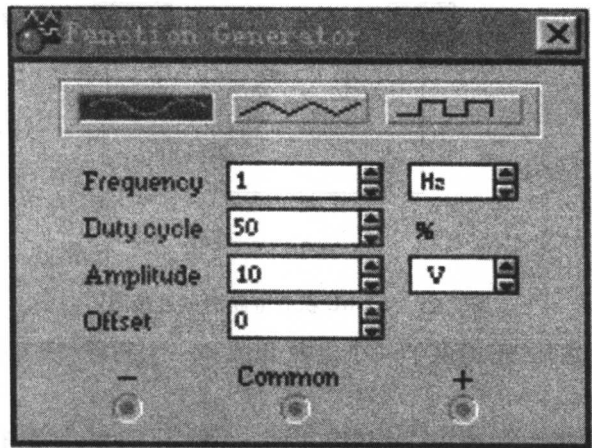


图 2-1-5 信号发生器控制面板

Electronics Workbench 5 还提供了一个实验说明窗口,它类似于实验记录本。在实验说明窗口中,你可以随时记录保存与实验有关的内容。

综上所述,Electronics Workbench 5 提供了强大的模拟、数字和数模混合电子电路的虚拟实验环境,可方便地进行多种多样的模拟、数字或模数混合电子电路的虚拟实验。

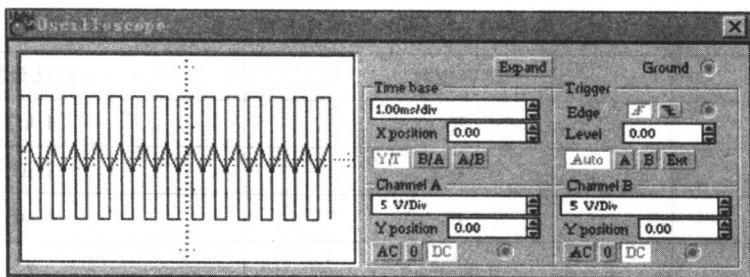


图 2-1-6 示波器显示控制面板

2.2 电路元器件库和使用参数说明

Electronics Workbench 5 提供了较丰富的电路元器件,它以元器件库形式进行分类。这些元器件根据不同类型分为模拟器件库、数字模拟混合器件库、数字器件库和其他器件库。库中的元器件参数均可修改和设置。

2.2.1 模拟器件库

模拟器件库包含了常用的模拟器件,例如基本元器件(电阻、电容、电感、变压器等)、二极管、晶体管和模拟集成电路。

1. 基本元器件库(Basic)

单击 EWB 电子工作台工具栏  图标,可以打开基本元器件库。基本器件库提供了电子电路仿真分析中最常用的电子元器件,每种元器件均可以设置多种参数,例如元器件的数值和工作环境温度等。

基本元器件库图标如图 2-2-1 所示,常用器件参数设置如表 2-2-1 所示。

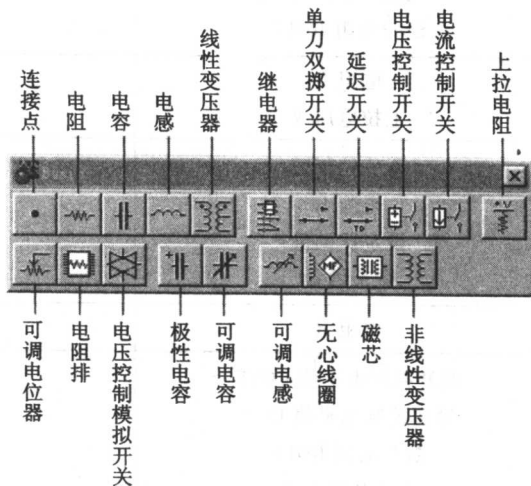


图 2-2-1 基本元器件库图标

表 2-2-1 基本元件库参数设置

元器件名称	设置参数	默认设置
电阻	R	1 k Ω
电容	C	1 μ F
电感	L	1 mH
线性变压器	匝数比 n	2
	漏感 LE	0.001 H
	磁感 LM	5 H
	初级绕组电阻 RP	1e-06 Ω
	次级绕组电阻 RS	1e-06 Ω
继电器	线圈电感 LC	0.001 H
	导通电流 ION	0.05 A
	保持电流 IHD	0.025 A
	线圈电阻 RC	1e-06 Ω
延迟开关	导通时间 TON	0.5 s
	断开时间 TOFF	0 s
电压控制开关	导通电压 VON	1 V
	断开电压 VOFF	0 V
	导通电阻 RON	1 Ω
	断开电阻 ROFF	1.0/GMIN
电流控制开关	导通电流 ION	1 A
	断开电流 IOFF	0 A
	导通电阻 RON	1 Ω
	断开电阻 ROFF	1.0/GMIN
上拉电阻	电阻 R	1 k Ω
	上拉电压 V	5 V
电位器	调节控制键	R
	电阻 R	1 k Ω
	设定比例值	50%
	调节增量	5%
排电阻	电阻 R	1 k Ω
电压控制 模拟开关	断开控制电平值 COFF	0 V
	导通控制电平值 CON	1 V
	断开电阻 ROFF	1 T Ω
	导通电阻 RON	1 Ω
极性电容	C	1 μ F