

EDA

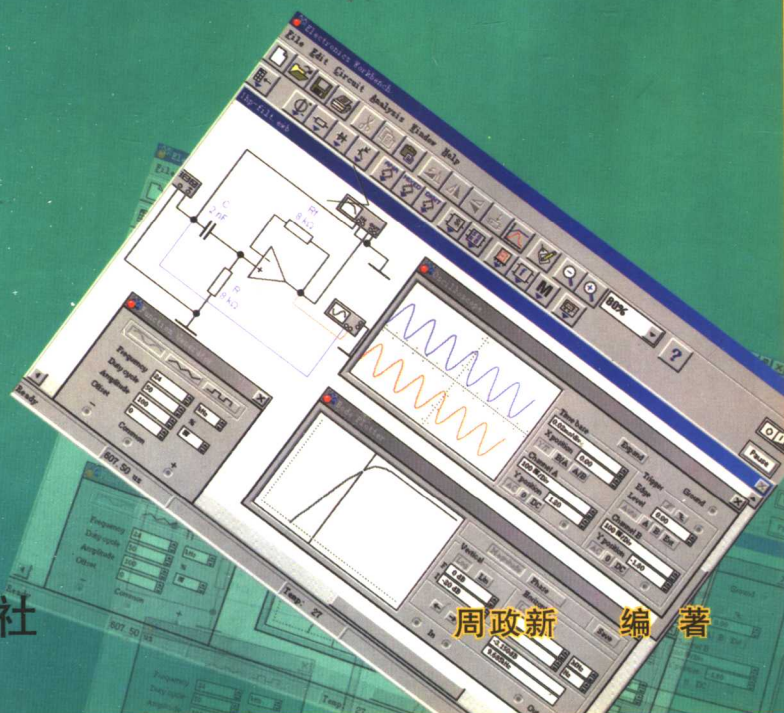
电子设计自动化

实践与训练

(第三版)

Electronics Workbench

Electronics Workbench



中国民航出版社

周政新 编 著

EDA

电子设计自动化实践与训练

上海第二工业大学 周政新 洪晓鸥 孙秋冬

朱 刚 何学仪

周政新 主 编

东南大学 孙文治 主 审

第 三 版

中国民航出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子设计自动化实践与训练/周政新、何学仪著.

——北京: 中国民航出版社, 2002.5

ISBN 7-80110-242-8

I.电... II.①周... ②何... III.电子电路-设计-学习参考资料 IV.TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 08276 号

电子设计自动化实践与训练

周政新 何学仪 编

*

中国民航出版社出版发行

北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼五层

江苏省常熟市印刷六厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.5 字数: 348 千字

2002 年 5 月第 3 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-80110-242-8/G·085 定价 34.00 元(含光盘)

(电话:(021)63053910 本书如有印装错误, 印刷厂负责调换)

内 容 提 要

电子设计自动化(EDA)技术能将电子产品从电路设计、性能分析到设计出印制板的整个过程在计算机上自动处理完成。本书主要介绍 EDA 技术在电子线路分析与设计中的应用与实践。通过虚拟“电子工作台”,对本书提供的大量题目进行操作与训练,使读者掌握正确的测量方法和熟练使用各种测试仪器。从而提高对电路的分析、设计和创新能力。本书突出了实验教学以学生为中心,以自学为主、训练为主的开放模式。练习的答案,可以存入计算机。因此具有方式灵活,不受时间和地点约束和适合自学等特点。

《电子设计自动化实践与训练》分为上下篇,上篇是虚拟电子工作台部分,主要介绍采用虚拟技术构成的“电子工作台”的使用方法,包括电路的分析与设计方法,测试仪器的使用,元器件的选用等内容。下篇是电子设计自动化技术的实践与训练部分,由于采用计算机虚拟技术,可使读者通过电子工作台(Electronics Workbench)完成电子线路的分析和设计工作。本书提供了 106 个实训项目,其中有 35 个项目直接在书上完成,其余项目的答案可以存入计算机。本篇五章。第一章为数字电路的实训,第二章为模拟电路的实训,第三章为其它晶体管 and 运放电路的实训参考电路,供读者选用,第四章为滤波器电路的设计及应用实训,第五章介绍其它数字电路的实训参考电路,供读者选用。

本书可作为大专院校、高职院校和部分中专学校的“电路”、“数字电路”、“模拟电路”和“滤波器设计”等电子类课程的实验教材,也可以作为公司、企业单位的电路设计人员学习电子设计自动化的参考书。

第三版前言

本书是在 1998 年周政新等编写的《电子设计自动化实践与训练》基础上修订再版的。在原书出版后的几年中,电子设计自动化技术已经有了很大的进步,尤其是电子仿真技术在电子类课程教学中的应用已经日益普及和提高,为了适应新形势下的教学要求,使得教材专业化、规范化,在修订、再版时作了如下的改动:

1. 全书电路元器件的图形符号改成国家标准图形,使得与使用的教科书中的图形符号相一致。
2. 在基本分析方法中增加了图形显示的设置方法等内容。
3. 对部分实训内容进行了修改和完善。
4. 将原采用软盘存储实训习题改成光盘,并提供仿真软件的演示版供读者参考。

本书第三版仍由周政新主编。由朱刚负责上篇各章的修订,并重新编写了第四章和下篇第二章的内容。周政新负责其余各章节的修订。顾阳老师对下篇的实训习题进行了演算和验证。

限于作者水平,书中不妥和错误之处,恳请读者批评和指正。

编者

2002 年 4 月于上海第二工业大学

第一版前言

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,电子产品的智能化日益完善,电路的集成度越来越高,而产品的更新周期却越来越短。正是有了电子设计自动化(EDA)技术,才使得电子设计人员能在计算机上完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至印制电路板的自动设计,包括印制板的温度分布测试和电磁兼容测试。EDA技术是在计算机辅助设计(CAD)的基础上发展起来的计算机设计软件系统。与早期的CAD软件相比,EDA软件的自动化程度更高、功能更完善、运行速度更快,而且操作界面友好,有良好的数据开放性和互换性,即不同厂商的EDA软件可相互兼容。所以EDA技术已为世界上各大公司、企业和科研单位广泛使用。

电子工作台(EWB)是Interactive Image Technologies公司推出的电路分析和设计软件。它不仅与Microsim公司的SPICE软件兼容,而且具有界面形象、操作方便,采用图形方式创建电路的特点。对元器件既提供了理想模型和实际模型,又可以对它设置不同的故障。所使用的测试仪器其外形与实际仪器极为相似,因此非常适合电子类课程的教学和实验。目前,世界上已有许多大学将它作为介绍EDA技术的内容,纳入电子类课程的教学。为了使生了解和掌握EDA技术,推动从事电子产品设计的技术人员的再培训和继续教育,我们编写了这本教材。

本教材《电子设计自动化的实践与训练》分为上、下篇。上篇《虚拟电子工作台》详细介绍了电子工作台(EWB)的使用方法,包括电路创建、仪器使用、故障设置和使用技巧等内容。下篇《电子线路分析与设计》提供了在EWB上完成的“数字电路”、“模拟电路”和“滤波器设计”等课程的实训题目。这些题目在型式上有:验证型、测试型、设计型、纠错型和创新型。通过对这些题目的训练,可以巩固学生对所学知识的理解,提高分析和应用能力。在教材的使用方式上,可以把本教材作为电子类课程的实验教材,与电子技术基础课程同时进行,也可以把它作为介绍电子线路EDA/CAD的教材使用。

本书由周政新、洪晓鸥、孙秋冬编写,周政新主编,东南大学孙文治教授主审。洪晓鸥编写上篇的第二、三章,孙秋冬编写下篇第二章中实训1~5以及实训12~18,其余各章节和附录由周政新编写。东南大学孙文治教授、田良教授审阅了全书,提出了详细的修改意见,使全书得到了很大的改进和提高。陈明、朱培君对下篇的题目进行了演算和验证。

限于编者的能力和水平,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评和指正。

编者

1998年3月于上海第二工业大学

使用 说 明

1. 本书以及所附光盘中的电路文件,既可以作为学习电子设计自动化的实例,也是电子类课程实验教学的题目。通过对这些题目的训练,可使读者进一步加深对电子线路概念的理解,熟悉常用测试仪器的使用,提高综合分析能力和创新能力。
2. 本书作为实验教材使用时,可以配合理论课的教学,在教师的指导下,从中选择部分实训题目,让学生独立完成,并强调以自学为主的方法。
3. 由于本书所述内容的操作,均是通过计算机在软件 Electronics Workbench 支持下完成,故要求读者掌握计算机操作的基本知识,了解软件 Electronics Workbench 的基本使用方法。
4. 在本书中所涉及到的电路文件,凡注明盘符或文件名的,均已存放在随书所附的光盘中,在使用前,希望读者将这些文件复制到一张备用盘或将这些文件复制到计算机的硬盘中,作为备用。
5. 本书所附电路的文件以及元器件库,文件名形式为“*.CA4”,在运行时若由于版本不同,出现对话框时,可选择电路和元件“转换”功能进行转换。当在其它版本下使用该版本的文件时,在储存时会转换成“*.EWB”形式的电路文件。

目 录

上篇 虚拟电子工作台

第一章 电子工作台概述

1.1 电子工作台(EWB)简述	3
1.2 电子工作台(EWB)特点	3
1.3 系统要求	4
1.4 软件安装	5
思考题与练习题	6

第二章 电子工作台的基本界面

2.1 主窗口	8
2.2 工具栏	9
2.3 元器件库栏	9

第三章 电子工作台基本操作方法

3.1 电路的创建与运行	14
3.2 模拟仪表的使用	22
3.3 数字仪器的使用	29
3.4 子电路的生成与使用	35
3.5 帮助功能的使用	36
3.6 网表文件转换和印刷线路板设计	37
思考题与练习题	39

第四章 仿真原理与基本分析方法

4.1 电路仿真的基本原理	43
4.2 分析方法的参数设置	44
4.3 直流工作点分析(DC Operating Point Analysis)	46
4.4 交流频率分析(AC Frequency Analysis)	47
4.5 瞬态分析(Transient Analysis)	48
4.6 傅里叶分析(Fourier Analysis)	49
4.7 噪声分析(Noise Analysis)	50
4.8 失真分析(Distortion Analysis)	52
4.9 仿真过程的收敛和分析失效问题	54
4.10 分析图表	55
思考题与练习题	66

第五章 高级分析功能

5.1 参数扫描分析(Parameter Sweep Analysis)	67
5.2 温度扫描分析(Temperature Sweep Analysis)	69
5.3 零-极点分析(Pole-Zero Analysis)	70
5.4 传输函数分析(Transfer Function Analysis)	72

5.5 直流和交流灵敏度分析(DC & AC Sensitivity Analysis)	73
5.6 蒙特卡罗分析(Monte Carlo Analysis)	75
5.7 最坏情况分析(Worst Case Analysis)	77
思考题与练习题	78

第六章 电路元器件库

6.1 信号源库(Source)	79
6.2 基本元件库(Basic)	81
6.3 二极管库(Diode)	82
6.4 三极管库(Transistors)	83
6.5 模拟集成电路库(Analog ICs)	83
6.6 混合集成电路库(Mixed ICs)	84
6.7 数字集成电路库(Digital ICs)	84
6.8 逻辑门电路库(Logic Gates)	84
6.9 数字器件库(Digital)	85
6.10 指示部件库(Indicators)	86
6.11 控制部件库(Controls)	86
6.12 其它器件库(Miscellaneous)	88
6.13 元器件库和元器件的创建与删除	89
思考题与练习题	90

第七章 电子工作台 4.0 的使用方法

7.1 电子工作台 4.0 的操作界面	91
7.2 电子工作台 4.0 操作命令和基本使用方法	93
思考题与练习题	104

下篇 电子线路分析与设计

第一章 数字电路的实训

实训一 数字门电路的电压传输性能测试	109
实训二 数字电路逻辑关系测试	110
实训三 加法器的性能测试	112
实训四 选择器电路的应用	114
实训五 译码器电路的应用	115
实训六 逻辑电路的竞争冒险现象	116
实训七 显示与计数电路的应用	117
实训八 运算和函数功能电路的应用	118
实训九 组合逻辑电路的应用(一)	120
实训十 组合逻辑电路的应用(二)	121
实训十一 集成触发器的性能测试	123
实训十二 计数电路应用	124
实训十三 时序逻辑电路设计	125
实训十四 频率测量电路分析	126
实训十五 数字钟电路分析	127
实训十六 波形产生和整形电路的应用	128

实训十七 模-数/数-模转换器的应用	131
第二章 模拟电路的实训	
实训一 共发射极单管放大电路	136
实训二 场效应管源极输出器电路	138
实训三 RC 阻容耦合放大电路	139
实训四 负反馈放大电路	141
实训五 差动放大电路	144
实训六 运算放大器参数测试	146
实训七 运算放大器组成的反相比例运算电路	150
实训八 运算放大器组成的同相比例运算电路	151
实训九 运算放大器组成的积分运算电路	153
实训十 集成运算放大器应用电路(一)	154
实训十一 集成运算放大器应用电路(二)	156
实训十二 单门限比较电路和滞回比较电路	158
实训十三 OCL 功率放大电路	161
实训十四 OTL 功率放大电路	162
实训十五 RC 文氏振荡电路	164
实训十六 LC 正弦波振荡电路	166
实训十七 方波与三角波发生电路	167
实训十八 电源、整流和稳压电路	169
第三章 其它晶体管和运放实训电路	
实训一 二极管及其应用电路	171
1. 半波整流电路	171
2. 桥式整流电路	171
3. 二极管倍压整流电路	172
4. 稳压二极管及稳压电路	172
实训二 晶体三极管及其工作点	173
1. NPN 晶体三极管及其工作点	173
2. NPN 晶体管基极分压偏置电路	173
3. NPN 晶体管发射极偏置电路	174
4. 结型场效应管及其工作点	174
实训三 晶体管及其应用电路	175
1. 共发射极、共集电极放大电路	175
2. 共基极放大电路	175
3. 结型场效应管放大电路	176
4. 两级共发射极放大电路	176
5. 共基极-共发射极组合放大电路	177
6. 甲类功率放大电路	177
7. 乙类推挽功率放大电路	178
8. 两级反馈放大电路	178
9. 并联反馈放大电路	178
10. 正弦波振荡器电路	179

11. 三极管 TTL 反相器电路	179
12. 三极管与非门电路	180
实训四 运算放大器及其应用电路	180
1. 电压比较电路	180
2. 输出限幅电压比较电路	180
3. 双门限电压比较电路	181
4. 共模抑制比测试电路	181
5. 方波、锯齿波产生电路	181
6. 锯齿波 - 正弦波转换电路	182
7. 全波整流电路	182
8. 并联型稳压电路	183
9. 带保护串联型稳压电路	183
10. 电流源 - 电压源转换电路	184
11. 数字 - 模拟转换(D/A)演示电路	184
12. 伺服放大电路	184
13. 移相电路	185
14. 过零电压比较电路	185
第四章 滤波器电路设计及应用实训	
实训一 低通滤波器电路	186
1. 一阶低通滤波器电路	186
2. 二阶低通滤波器电路	186
3. 二阶 Butterworth 低通滤波器电路	187
4. 二阶 Sallen Key 低通滤波器电路	187
5. 三阶低通滤波器电路	188
6. 二阶 Chebyshev 低通滤波器电路	188
7. 三阶 Chebyshev 低通滤波器电路	188
8. 五阶低通滤波器电路	189
实训二 高通滤波器电路	189
1. 一阶高通滤波器电路	189
2. 有源高通滤波器电路	190
3. 二阶高通滤波器电路	190
4. 二阶 Butterworth 高通滤波器电路	190
5. 三阶高通滤波器电路	191
6. 四阶 Butterworth 高通滤波器电路	191
7. 二阶 Chebyshev 高通滤波器电路	192
8. 三阶 Chebyshev 高通滤波器电路	192
9. 五阶高通滤波器电路	193
实训三 带通滤波器电路	193
1. 宽带带通滤波器电路	193
2. 窄带带通滤波器电路	194
3. 1KHz 通带有源滤波器电路	194
4. 语音滤波器电路	195

5. 有源 Chebyshev 带通滤波器电路.....	195
实训四 带阻滤波器和其它滤波器电路.....	196
1. 带阻滤波器电路.....	196
2. 有源带阻滤波器电路.....	196
3. 通用可选择滤波器电路.....	197
4. 交叉频率滤波器电路.....	198
第五章 数字实训电路	
实训一 门电路逻辑关系测试.....	199
实训二 反相器应用电路.....	199
实训三 74147 编码电路.....	200
实训四 数据选择器电路.....	200
实训五 JK 触发器应用电路(一)	201
实训六 JK 触发器应用电路(二)	201
实训七 7493 计数电路的应用.....	201
实训八 7490 计数电路的应用.....	202
实训九 D 触发器应用电路.....	202
实训十 555 应用电路.....	203
附 录	
附 录 1 实训测验样题.....	204
附 录 2 国际单位前缀和测量单位和测量内容.....	207
附 录 3 常用元器件库模型参数说明.....	208
附 录 4 主要参考文献.....	219
附 录 5 软件生产商和国内销售代理网址.....	220

EDA

电子设计自动化实践与训练(上篇)

虚拟电子工作台

第一章 电子工作台概述

1.1 电子工作台(EWB)简述

从事电子产品设计、开发等工作的人员,经常要求对所设计的电路进行实物模拟和调试。其目的,一方面是为了验证所设计的电路是否能达到设计要求的技术指标,另一方面,通过改变电路中元器件的参数,使整个电路性能达到最佳值。以往的电路设计模拟,常常是制作一块模拟试验板,在这块板上用实际元器件进行试验和调试。取得数据后,再来修正原设计的电路参数,直至达到设计提出的要求。但由于受工作场地、仪器设备和元器件品种、数量的限制,有些试验往往无法及时完成,这样既影响工作的顺利进行,又束缚了设计人员的手脚。为了克服上述困难,加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 20 世纪 80 年代末、90 年代初推出了“虚拟电子工作台”(ElectronicsWorkbench)软件,专门用于电子线路的仿真。它可以将不同类型的电路组合成混合电路进行仿真。目前已在电子工程设计、电子类课程教学等领域得到广泛的应用。

ElectronicsWorkbench 与其它电路仿真软件相比较,具有界面直观、操作方便等特点,它改变了有些电路仿真软件输入电路采用文本方式的不便之处,创建电路、选用元器件和测试仪器等均可以直接从屏幕图形中选取,而且测试仪器的图形与实物外形基本相似。实践证明,具有一般电子技术基础知识的人员,可在几个小时内学会 ElectronicsWorkbench 的基本操作。从而大大提高了电子设计工作的效率。

ElectronicsWorkbench 也是一个非常优秀的电子技术实训工具,因为掌握电子技术,不仅需要理论知识,而且更重要的是通过实际操作来增加对内容的理解。作为电子类相关课程的辅助教学和实训手段,它不仅可以弥补实验仪器、元器件缺乏带来的不足,而且排除了原材料消耗和仪器损坏等因素,可以帮助学生更快、更好地掌握课堂讲述的内容,加深对概念、原理的理解,弥补课堂理论教学的不足,而且通过电路仿真,可以熟悉常用电子仪器的测量方法,进一步培养学生的综合分析能力、排除故障能力和开发、创新能力。

1.2 电子工作台(EWB)的特点

ElectronicWorkbench 最明显的特点是:仿真的手段,选用元器件和仪器与实际工作中的情形非常相近。绘制电路图需要的元器件、电路仿真需要的测试仪器均可直接从屏幕上选取,而且仪器的操作开关、按键同实际仪器极为相似,因此特别容易学习和使用。而且通过电路仿真,既掌握了电路的性能,又熟悉了仪器的使用方法。

Electronics Workbench 的元器件库提供了数千种电路元器件供选用,同时也提供了各种元器件的理想值,这样,仿真的结果就是该电路的理论值,这对于验证电路的原理和电子类课程的教学与实验极为方便。同时也可以新建或扩充已有的元器件库,而且建库所需的元器件参数可从生产厂商的产品使用手册中查到。因此大大方便了使用人员。

作为电子仿真工作台, Electronics Workbench 提供了较为详细的电路分析手段, 可以完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、电路的噪声分析和失真分析等常规电路分析方法, 而且提供了离散付里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析和电路容差分析等共计十四种电路分析方法, 以帮助设计人员分析电路的性能, 它还可以对被仿真电路中的元件设置各种故障, 如开路、短路和不同程度的漏电等, 从而观察到在不同故障条件下的电路工作情况。在进行仿真的同时, 它还可以存储测试点的所有数据, 列出被仿真电路的所有元器件清单, 以及存储测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据等。

该软件创建电路图所需的元器件库与目前常见的电子线路分析软件如“SPICE”的元器件库是完全兼容的, 换句话说, 两者之间可以互相转换。同时在该软件下完成的电路文件, 可以直接输至常见的印制线路板排板软件, 如 PROTEL、ORCAD 和 TANGO 等软件, 自动排出印制电路板, 从而大大加快了产品的开发速度, 提高了设计人员的工作效率。

电子工作台(EWB)还附有数量可观的常用实例电路(见附录), 供使用者参考, 同时伴有电路阐述、实验建议等说明。这些电路大都取自电子杂志、教科书和实验室教材, 你可以对这些电路进行仿真、修改、创新, 进一步发挥你的创造能力。

1.3 系统要求

随着计算机软件的飞速发展, 特别是 Windows 操作系统软件的广泛流行, “Electronics Workbench”也从 DOS 版发展成可在 Windows 下运行的版本, 由于充分利用了 Windows 操作系统的许多优点, 如直观的图形操作界面, 软件的多任务同时运行等。“Electronics Workbench”软件的功能和运行性能不断完善和提高, 目前《Interactive Image Technologies》公司已推出了 Multi SIM2001 版本的软件。考虑到 EWB5.0 版本软件在国内用户中的使用普及程度, 而且其仿真、分析功能基本与 Multi SIM2001 相同, 因此在本书中, 我们将主要介绍 EWB5.0 的安装和使用方法, 对 EWB4.0 与 EWB5.0 版本软件的不同之处在第七章作一简单的介绍。为了叙述方便, 除非特别说明, 文中把 EWB5.0 版本的软件简称为“Workbench”。

1.3.1 “EWB 4.0”系统安装、运行要求:

- (1) 安装“Electronics Workbench 4.0”至硬盘约占 6 MB 的空间。(指 EWB 专业版软件)
- (2) 当运行在 Microsoft Windows 3.1 / 3.11 / 95 (中、英文)操作系统时要求:
 - MS - DOS 3.0 或以上。
 - 与之兼容的鼠标器。
 - 4 MB RAM。
 - 协处理器。
- (3) 当运行在 Microsoft Windows NT 操作系统下时要求:
 - MS - DOS 3.0 或以上。
 - 与之兼容的鼠标器。
 - 12 MB RAM。
 - 协处理器。

程序运行时, 将建立临时性文件, 该文件占硬盘空间的缺省规模大小是 10 MB, 当文件达到其最大限度的规模时, 可以选择:

- 1) 停止仿真。
- 2) 放弃已有的数据,继续进行仿真。
- 3) 系统要求提供更大的磁盘空间。

1.3.2 “EWB 5.0”系统安装、运行要求:

- (1) 安装“EWB 5.0”至硬盘约占 17 MB 的空间。(指 EWB 专业版软件)
- (2) 当运行在 Microsoft Windows 3.1 / 3.11/ 95 (中、英文)操作系统时要求:
 - 486 以上微机。
 - MS-DOS 3.0 或以上。
 - 与之兼容的鼠标器。
 - 8 MB RAM(推荐 16 MB RAM)。
- (3) 当运行在 Microsoft Windows NT 操作系统下时要求:
 - MS-DOS 3.0 或以上。
 - 与之兼容的鼠标器。
 - 12 MB RAM (推荐 16 MB RAM)。

程序运行时,将建立临时性文件,该文件占硬盘空间的缺省规模大小是 20 MB,当文件达到其最大限度的规模时,可以选择:

- 1) 停止仿真。
- 2) 放弃已有的数据,继续进行仿真。
- 3) 系统要求提供更大的磁盘空间。

1.3.3 “MultiSIM 2001”(单用户版本)系统安装、运行要求:

- (1) 安装“MultiSIM 2001”至少要求硬盘空间 100MB(推荐 150MB)
- (2) 当运行在 Windows 95/98/2000/NT 时要求:
 - 32 MB RAM (推荐 64 MB RAM)
 - CD-ROM 驱动器
 - 800 × 600 最低屏幕分辨率

1.4 软件安装

Electronics Workbench 5.0 的安装,是基于 Windows 的操作界面之下,至于安装源盘是软盘还是 CD 光盘,操作系统是 Windows 3.1 还是 Windows 98,其安装情况略有差异,但基本步骤大致相同。下面介绍的是以安装源盘为光盘、在 Windows 98 操作系统下的安装步骤,要求用户已具备 PC 机和 Windows 的基本操作知识,否则,请事先参阅有关的手册。

安装步骤::

- (1) 启动 Windows 98,按屏幕左下角的“开始”键,将鼠标指向“设置”,而后双击“控制面板”栏。将鼠标指向“添加/删除程序”图标,双击该图标出现对话框,选择“安装”,即可以把软件从光驱安装到计算机的硬盘中。
- (2) 根据源盘所在位置,选定驱动器,找到安装盘的启动文件 setup.exe,并运行该文件。
- (3) 根据屏幕提示信息进行安装:确定程序安装位置、工作目录、输入用户信息和序列