

现代电子技术应用系列丛书

# 综合电子电路 应用指南

阮初忠 林金表 陈强 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



现代电子技术应用系列丛书

# 综合电子电路应用指南

阮初忠 林金表 陈 强 编著



机械工业出版社

本书主要包括三大部分，第一部分是模拟电子技术的应用，它阐述了传统的模拟电子电路应用的设计方法和采用计算机辅助设计（CAD）的方法，列举了放大器、接口电路、电源、晶闸管等电路的设计方法；第二部分是数字电子技术应用，介绍了各数字逻辑电路的特点和应用、注意事项，介绍了组合逻辑电路的设计方法和时序逻辑电路的设计方法，重点介绍了可编程逻辑的开发设计，这是现代电子电路设计应用最为有效的方法；第三部分是单片机系统的开发应用，重点介绍了单片机开发应用的全过程，结合实例阐述单片机控制系统的设计方法。本书编写深入浅出，重于应用，通俗易懂。

本书是为大、中专以上学过电子技术、单片机原理的理论知识人员而编写的，为实际开发应用提供指导。它适用于高等学校本、专科电类专业的对应课程的课程设计教材或教学参考书，也适用于电类自动化专业人员进行从事自动化设计参考书，也适用于电子电路爱好者自学。

## 图书在版编目（CIP）数据

综合电子电路应用指南/阮矽忠等编著. —北京：机械工业出版社，2004.5

（现代电子技术应用系列丛书）

ISBN 7-111-14380-9

I. 综… II. 阮… III. 电子电路—指南 IV. TN710-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 037224 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：王 玫 版式设计：冉晓华 责任校对：申春香

封面设计：解 辰 责任印制：洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm  $\frac{1}{16}$  · 21.75 印张 · 1 插页 · 538 千字

000 1—4 000 册

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着电子技术、电子元件和计算机应用技术的发展,电子电路的设计方法也发生了很大变化,特别是电子电路计算机辅助分析和设计,给电子电路的设计起到变革性变化,但是完全依靠这种设计方法也不行,因为一旦元器件参数发生变化时,会使设计结果与计算机分析结果不一样,严重时会面目全非,所以传统的有效设计方法也不能不要。为此,本书本着这一宗旨,从实用角度来介绍传统的电子电路设计方法和现代比较流行的电子电路计算机辅助设计的软件,使读者有了电子理论知识以后,怎样才能过渡到实际应用开发中去。

本书前五章介绍模拟电子电路的传统设计方法和计算机辅助设计软件的使用,列举了放大器、接口电路、电源、晶闸管等电路的应用设计,对于控制系统的外围电路设计都尽量给予介绍,这些电路都可直接嫁接到读者开发系统上;第六、七两章介绍数字电路设计,介绍了各种数字逻辑电路的特点和应用注意事项,介绍了传统的组合逻辑电路和时序逻辑电路的设计方法,重点介绍了可编程逻辑器件(PLD)的应用开发,通过可编程逻辑器件开发软件在计算机上仿真设计、分析,无误并符合设计要求之后,把源程序编译成目标程序,通过通信写入 PLD,就完成系统设计,这是目前数字电路设计最高效的方法,特别是在线可编程 PLD,可通过反复调试、修改,使应用系统开发的周期越来越短。PLD 是数字电路的主流器件。后三章,介绍单片机控制系统的开发过程和方法,它有别于其他的单片机书籍,结合一个具体实例,阐述单片机控制系统的开发过程,读者可直接或部分嫁接应用于自己系统中去,特别是对初学者非常有利。在编写过程中,做到深入浅出,通俗易懂,同时突出实际应用。

本书第一至四章,由陈强编写,第五至七章由阮初忠编写,第八至十章由林金表编写,全书文字输入由郑依妹、郑子武负责;全书由阮初忠负责统稿。

在编写过程中,参考了有关的文献和书籍,向原作者表示由衷的感谢!

由于作者学识有限,实际电子电路设计经验不足,书中错误在所难免,敬请同行和广大读者批评指正。

编 者  
于集美学村  
2004 年 3 月

# 目 录

## 前言

## 第一章 电子电路的应用设计 ..... 1

### 第一节 传统电子电路的应用设计 ..... 1

### 第二节 现代电子电路设计的工作流程 ..... 4

### 第三节 Multisim 软件的使用介绍 ..... 5

#### 一、Multisim 6.0 软件的简介 ..... 5

#### 二、电子电路原理图的绘制 ..... 10

#### 三、虚拟仪器的使用方法 ..... 18

#### 四、基本分析方法 ..... 23

#### 五、仿真实例 ..... 23

## 第二章 基本放大电路的应用设计 ..... 31

### 第一节 常用基本放大电路的构成及特性 ..... 31

### 第二节 晶体管放大器的设计 ..... 32

#### 一、电路的工作原理及基本关系式 ..... 32

#### 二、性能指标与测试方法 ..... 33

#### 三、设计举例 ..... 35

#### 四、电路的安装与调试 ..... 36

#### 五、负反馈对放大器性能的影响 ..... 39

### 第三节 场效应晶体管源极跟随器的设计 ..... 40

#### 一、场效应晶体管的特性 ..... 40

#### 二、场效应晶体管主要参数的测试 ..... 41

#### 三、结型场效应晶体管源极跟随器 ..... 41

#### 四、设计举例 ..... 42

#### 五、复合互补源极跟随器 ..... 44

### 第四节 传感器接口电子电路的应用设计 ..... 45

#### 一、温度传感器及其应用 ..... 45

#### 二、加速度传感器 ..... 52

#### 三、电子称重传感器 ..... 57

#### 四、超声波测距传感器 ..... 58

#### 五、光耦合器 ..... 62

#### 六、霍尔传感器 ..... 63

## 第三章 集成运算放大器的应用设计 ..... 68

### 第一节 常用运算放大器的电子电路 ..... 68

#### 一、运算放大器在信号上的应用 ..... 68

#### 二、运算放大器在信号处理方面的应用 ..... 70

### 第二节 运算放大器电子电路的应用设计 ..... 75

#### 一、运算放大器电路的设计技巧 ..... 75

#### 二、具体应用电路的设计 ..... 79

## 第四章 直流稳压电源的应用设计 ..... 83

### 第一节 常用整流、滤波和稳压电路 ..... 83

#### 一、整流电路 ..... 83

#### 二、三相整流电路 ..... 85

#### 三、滤波电路 ..... 85

#### 四、稳压电路 ..... 86

### 第二节 直流稳压电源的设计 ..... 89

### 第三节 直流开关稳压电源 ..... 93

#### 一、串联型开关稳压电源 ..... 93

#### 二、并联型开关稳压电源 ..... 103

#### 三、开关稳压电源中的控制、驱动和保护电路 ..... 108

### 第四节 集成稳压电源的设计 ..... 112

#### 一、集成稳压电源的性能指标 ..... 112

#### 二、固定式集成稳压电源的设计 ..... 113

#### 三、固定式集成稳压电源的扩展应用 ..... 114

#### 四、可调式集成稳压电源的设计 ..... 116

#### 五、设计举例 ..... 117

## 第五章 晶闸管电路的应用

### 设计 ..... 120

#### 第一节 晶闸管相控整流电路 ..... 120

##### 一、单相相控整流主电路 ..... 120

##### 二、三相相控整流主电路 ..... 121

##### 三、触发电路 ..... 123

#### 第二节 晶闸管电路的应用设计 ..... 135

##### 一、晶闸管电路的设计方法 ..... 135

##### 二、晶闸管电路的设计举例 ..... 144

## 第六章 数字电路的应用

### 设计 ..... 147

#### 第一节 基本数字电路的构成及

##### 特性 ..... 147

##### 一、逻辑门电路 ..... 147

##### 二、常用组合逻辑功能器件 ..... 155

##### 三、触发器 ..... 163

##### 四、常用时序逻辑功能器件 ..... 173

##### 五、模/数 (A/D) 和数/模 (D/A) 转换器 ..... 180

#### 第二节 数字电路的应用设计方法 ..... 190

##### 一、组合逻辑电路的设计方法 ..... 190

##### 二、时序逻辑电路的设计方法 ..... 196

## 第七章 可编程逻辑器件 (PLD)

### 的应用设计 ..... 204

#### 第一节 可编程逻辑器件 (PLD) 及

##### 其特性 ..... 204

##### 一、可编程逻辑器件的基本结构 ..... 204

##### 二、FPGA 器件的结构和性能 ..... 205

##### 三、CPLD 的结构和性能 ..... 206

#### 第二节 可编程逻辑器件的开发

##### 应用 ..... 207

##### 一、可编程逻辑器件应用的设计步骤 ..... 207

##### 二、在系统的编程方法 ..... 210

##### 三、自顶而下的设计方法 ..... 211

#### 第三节 ABEL—HDL 语言 ..... 212

##### 一、ABEL—HDL 语言的基本结构 ..... 212

##### 二、ABEL—HDL 的语法规则 ..... 213

##### 三、ABEL 语句程序生成目标程序的 过程 ..... 222

##### 四、ABEL—HDL 语言应用举例 ..... 224

#### 第四节 Verilog—HDL 语言 ..... 239

##### 一、Verilog—HDL 语言的基本结构 ..... 239

##### 二、Verilog—HDL 语言的基本语法 ..... 242

##### 三、Verilog—HDL 语言的描述方式 ..... 250

##### 四、Verilog—HDL 语言描述具体电路 举例 ..... 252

## 第八章 单片机的硬件结构 ..... 256

#### 第一节 概述 ..... 256

##### 一、单片机的基本概念 ..... 256

##### 二、单片机的特点及应用 ..... 256

##### 三、单片机的学习 ..... 257

##### 四、如何成为单片机开发高手 ..... 257

#### 第二节 MCS-51 系列单片机的基本

##### 结构与工作原理 ..... 258

##### 一、MCS-51 系列单片机的内部结构

##### 框图和组成 ..... 258

##### 二、时钟电路和 CPU 时序 ..... 260

##### 三、存储器 ..... 261

#### 第三节 并行输入/输出接口 ..... 265

#### 第四节 定时器/计数器 ..... 267

##### 一、定时器/计数器 0、1 的结构 ..... 267

##### 二、定时器/计数器的工作方式 ..... 268

##### 三、定时器/计数器常数的计算及 编程 ..... 269

#### 第五节 串行接口 ..... 269

##### 一、MCS-51 串行接口 ..... 270

##### 二、串行接口的工作方式 ..... 271

##### 三、多机通信 ..... 272

##### 四、波特率的设计 ..... 273

#### 第六节 中断系统 ..... 274

#### 第七节 MCS-51 系列单片机的

##### 工作方式 ..... 276

##### 一、复位方式 ..... 276

##### 二、程序执行方式 ..... 277

##### 三、低功耗工作方式 ..... 277

##### 四、编程方式 ..... 278

#### 第八节 PIC 系列单片机 ..... 278

##### 一、PIC12C × × × 系列单片机 ..... 279

##### 二、PIC16C5 × 系列单片机 ..... 281

##### 三、PIC16C × × × 系列单片机 ..... 281

|                            |     |                        |     |
|----------------------------|-----|------------------------|-----|
| 四、PIC17C × × × 系列单片机 ..... | 282 | 第一节 概述 .....           | 295 |
| 五、PIC18C × × × 系列单片机 ..... | 283 | 一、单片机典型应用系统的组成 .....   | 295 |
| 第九章 指令系统及软件编程 .....        | 284 | 二、单片机应用系统的基本设计思想 ..... | 295 |
| 第一节 软件编程语言 .....           | 284 | 三、单片机应用系统的开发过程 .....   | 296 |
| 第二节 MCS-51 系列单片机寻址         |     | 第二节 单片机应用系统的可靠性        |     |
| 方式 .....                   | 284 | 保障技术 .....             | 298 |
| 一、寄存器寻址 .....              | 284 | 一、硬件抗干扰措施 .....        | 299 |
| 二、直接寻址 .....               | 285 | 二、软件抗干扰措施 .....        | 301 |
| 三、寄存器间接寻址 .....            | 285 | 第三节 单片机的选择 .....       | 302 |
| 四、立即寻址 .....               | 285 | 一、单片机的重要指标 .....       | 302 |
| 五、变址寻址 .....               | 285 | 二、单片机的选购 .....         | 303 |
| 六、相对寻址 .....               | 285 | 第四节 单片机应用系统开发前的        |     |
| 七、位寻址 .....                | 285 | 准备 .....               | 305 |
| 第三节 MCS-51 系列单片机的指令        |     | 一、开发系统分析和资料收集 .....    | 305 |
| 系统 .....                   | 285 | 二、硬件实验环境的建立 .....      | 307 |
| 第四节 软件编程技术 .....           | 289 | 三、学习资料的获取 .....        | 308 |
| 一、软件定时程序的设计 .....          | 289 | 第五节 设计实例——全自动大把        |     |
| 二、查表程序的设计 .....            | 290 | 捆扎机电控系统的设计 .....       | 308 |
| 三、中断程序的设计 .....            | 292 | 一、课题分析 .....           | 309 |
| 四、散转程序的设计 .....            | 293 | 二、电路设计 .....           | 313 |
| 第十章 单片机应用系统的设计 .....       | 295 | 参考文献 .....             | 340 |

# 第一章 电子电路的应用设计

## 第一节 传统电子电路的应用设计

传统电子电路的应用设计方法和步骤如图 1-1 所示。电子电路是指含有晶体管、场效应晶体管等电子器件,并且能实现某种特定电功能的电路。它广泛应用于各种电子设备中。由于电子电路种类繁多,电子电路设计方法和步骤也不尽相同,选择总体方案、设计单元电路、计算参数和选择元器件等环节往往需要交叉进行,甚至出现多次反复。

### (一) 总体方案的确定

针对所设计的任务、要求及条件,根据已知掌握的知识和资料,将总体功能合理地分解成若干个单元电路,并画出各个单元框图相互连接而形成的总体工作原理框图。总体方案的选择直接关系到整体电路的合理性。因此,在总体方案设计时,要多思考、多分析、多比较,要从性能稳定、工作可靠、电路简单、成本低、功耗小、技术先进性、调试维修方便等方面,选择出最佳方案。

### (二) 单元电路的设计

在进行单元电路的设计时,必须明确对各单元电路的具体要求,详细拟定出单元电路的性能指标,注意到各单元电路之间的配合问题,尽量少用或不用电平转换之类的接口电路,并考虑到能使各单元电路采用统一的供电电源,以免造成总体实际电路复杂、可靠性差等缺点。另外,在具体设计时,可以选用成熟的先进电路,亦可在与设计要求较接近的电路的基础上进行适当改进或进行创造性设计。

### (三) 参数的计算

在进行电子电路设计时,应根据其性能指标的要求决定电路元器件的参数。例如根据电压放大倍数的大小,可决定反馈电阻的取值;根据振荡器要求的振荡频率,利用公式,可计算出决定振荡的电阻和电容的值等等。只有深刻理解电路的工作原理,正确地运用计算公式和计算图表,方能获得满意的结果。

计算电路参数时应注意以下几点:

- 1) 在计算元器件工作电流、电压和功率等参数时,应考虑工作条件最不利的情况,并留有适当的裕量。
- 2) 对于元器件的极限参数必须留有足够的裕量,一般应取 1.5 ~ 2 倍的额定值。
- 3) 对于电阻、电容参数的取值,应选计算值附近的标称值。如电阻值一般在  $1\text{M}\Omega$  内选择,非电解电容器一般在  $100\text{pF} \sim 0.47\mu\text{F}$  之间选择,电解电容器一般在  $1 \sim 2000\mu\text{F}$  之间选用。

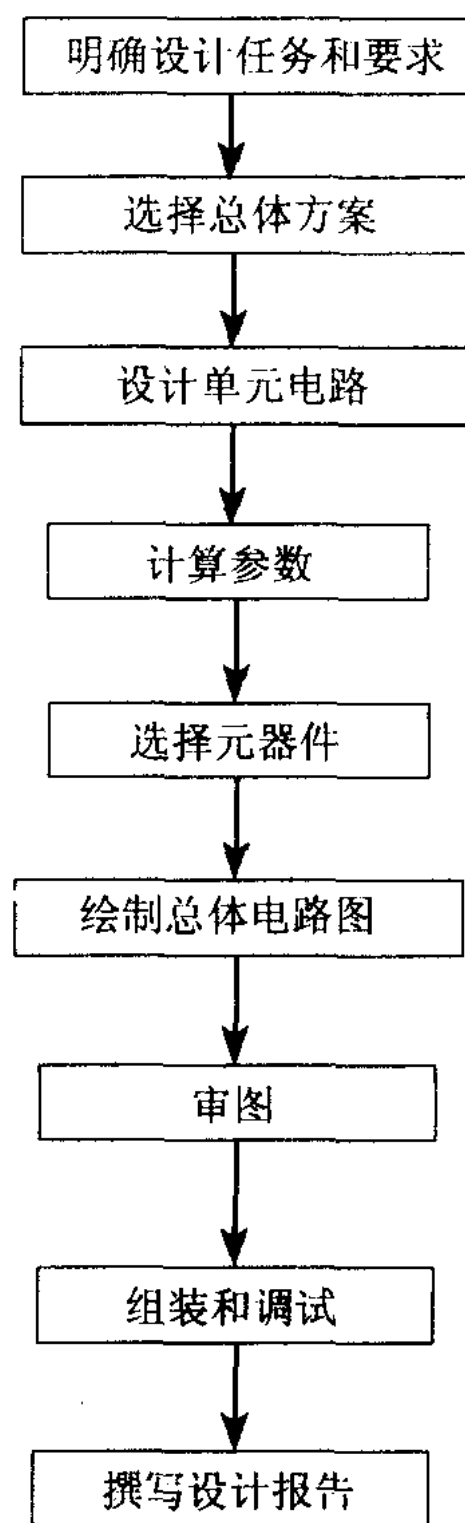


图 1-1 设计方法和步骤

4) 在保证电路达到功能指标要求的前提下, 尽量减少元器件的品种、价格、体积等。

#### (四) 元器件的选择

电子电路的设计就是选择最合适的元器件, 并把它们有机地组合起来。在确定电子元器件时, 应根据电路处理信号的频率范围、环境温度、空间大小、成本高低等诸多因素总体考虑。具体表现为:

1) 一般优先选择集成电路。对所选的集成电路不仅应在功能、特性和工作条件等方面满足设计方案的要求, 而且应考虑到封装方式。

集成电路常见的封装方式有双列直插式、扁平式和直立式三种 (还有其他封装方式, 如引线载体式、无引线载体式、锯齿双列式等 10 余种)。一般尽可能选用双列直插式, 因为这种封装方式易于安装和更换。

选择集成运算放大器时, 应尽量选择“全国集成电路标准化委员会提出的优选集成电路系列”中的产品。

2) 电阻器和电容器是两种常用的元器件。它们的种类很多, 性能相差比较大, 应用场合也不同, 因此, 对于设计者来说, 应该熟悉各种电阻器和电容器的主要性能、指标和特点, 以便根据电路的要求, 对元件做出正确的选择。有关电阻器和电容器性能特点的介绍, 请参阅其他有关书籍。

3) 分立半导体元器件的选择。首先要熟悉它们的功能, 掌握它们的应用范围; 根据电路的功能要求和元器件在电路中的工作条件, 如通过的最大电流、最大反向工作电压、最高工作频率、最大消耗的功率等, 确定元器件的型号。

#### (五) 绘总体电路图

总体电路图是在总体方案、单元电路设计、参数计算和元器件选择的基础上绘制的, 它是组装调试、印制电路板设计和维修的依据。因此, 总体电路图的绘制具有重要的作用。绘制电路图时应注意以下几点:

1) 注意信号流向, 一般从输入端画起, 由左到右 (或由上而下) 按信号流向依次绘出各单元电路, 使全图易于阅读和理解。

2) 注意总体电路图的紧凑和协调, 做到布局合理、排列均匀、图面清晰。

3) 尽量将总体电路图绘在一张图纸内。若电路较复杂, 一张图纸无法容纳, 则应将主电路画在同一张图纸上, 而将其余部分按所设计单元电路画在另一张或数张图纸上。并在各图所有断口两端做上标记, 以此说明各图纸间电路连线的来龙去脉。

4) 图中元器件的符号应标准化。中、大规模集成电路和组件可用方框表示, 在方框中标出型号, 在方框的边线两侧标出每根线的功能和管脚号。

5) 连接线一般应画成水平或垂直线, 并尽可能减少交叉和拐弯。相互连通的交叉线, 应在交叉处实点标出。根据需要, 可在连接线上加注信号名或其他标记, 表明其功能或去向。有的连接线可用符号表示, 例如地线常用“ $\perp$ ”表示, 某些器件的电源仅需标出电源的电压值即可。

#### (六) 电路的组装与调试

电子电路的组装与调试在电子设计技术中占有重要的位置。它是对理论设计进行检验、修改和完善的过程, 任何一个产品往往都是在安装、调试, 并反复修改多次后方能最终完成。

(1) 电子电路的安装 设计电路完成后要进行安装，其安装通常采用印制电路板、通用电路板和面包板，在进行安装时要注意：

- 1) 准备好常用工具和材料；
- 2) 所有电子元器件在安装前要全部测试一遍，有条件的还要进行老化，以保证元器件的质量；
- 3) 有极性的电子元器件安装时，其标志最好方向一致，以便于检查和更换。集成电路的方向要保持一致，以便正确的布线和查线。
- 4) 在面包板上组装电路时，为了便于查线，可根据连线的不同作用选择不同颜色的导线。如正电源采用红色导线、负电源采用蓝色导线、地线采用黑色导线、信号线采用黄色导线等。
- 5) 布线要按信号的流向有序连接，连接要做到横平竖直，不允许跨接在集成电路上。另外，选择导线粗细适中，避免导线与面包板插孔之间接触不良。
- 6) 为使电路能正常工作与调试，所有地线必须连接在一起，形成一个公共参考点。

(2) 电子电路的调试 调试是指调整和测试。测试是在电路组装后对电路的参数与工作状态进行测量，调整则是在测试的基础上对电路的某些参数进行修正，以便满足设计的要求。

1) 调试的常用仪器 应熟练使用万用表、示波器、信号发生器等。

2) 调试方法 调试方法有两种，一种是一边安装一边调试，先对各个单元电路进行调试，在单元电路调试的基础上，逐步扩大安装调试范围，最后整机调试。这种方法常适用于新设计的电路。另一种是在整个电路焊接安装完毕后，实行一次性调试，这种方法一般适用于定型产品和需要相互配合才能运行的产品。

### (3) 调试步骤

1) 通电前的检查 电路安装完毕后，不急于通电。首先应根据电路原理图认真检查电路接线是否正确，即主要直观地检查电源、地线、信号线、元器件引脚之间有无短路，连线有无接触不良，元器件有无漏焊，二极管、晶体管、电解电容器的极性有无错误；其次，在查线时，最好用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”档，或用数字万用表的“ $\Omega$ ”档的蜂鸣器来测量。

2) 通电观察 在确认电路接线无错误的情况下，接通电源。电源接通后不急于测量数据，应先观察有无异常现象，如有无冒烟、是否闻到异常气味、手摸器件是否发烫、电源是否有短路等现象。如有异常现象，应立即关掉电源，待故障排除后方可重新通电。

3) 分块调试 把电路按功能分成不同的模块，分别对各模块进行调试。通常调试顺序是按照信号的流向进行，这样可把前级测试过的输出作为后一级的输入信号，为最后联调创造条件。分块调试包括静态和动态调试。静态调试是在没有外加信号的条件下测量电路各点的电位，通过静态调试可以及时发现已经损坏的元器件或其他故障。动态调试是在信号源作用下，借助示波器观察各点波形，进行波形分析，测量动态指标。把静态和动态调试的结果与设计的指标加以比较，经深入分析后对电路与参数提出合理的修整。注意：在调试电路过程中，应对测试结果作详细记录。

4) 整机调试 各单元电路调试好之后，还要将它们连接成整机进行统调。整机统调主要观察和测量动态特性，把测量的结果与设计指标逐一对比，找出问题及解决方法，然后对电路及参数进行修正，直到整机的性能完全符合设计要求为止。

## 第二节 现代电子电路设计的工作流程

随着计算机软件技术的发展及对电子元器件的进一步研究，人们可以对各种元器件建立数学模型，并借助计算机软件对其进行分析、计算，在计算机上可以仿真出近似于实际结果的数据及各种波形。通过这种由软件进行验证的设计方法，克服了传统方法的缺点，解决了原来的设计和调试存在的问题，而且由于这种方式可以事先排除下部分设计上的缺陷，使设计者可以将大量的精力用于设计而不是用于调试，大大提高了设计速度，使新产品可以更快地推出，为企业产生更好的经济效益。

20 世纪 70 年代初，计算机软件设计人员就开始解决电子设计方面的另一个问题，即 PCB (printed circuit board, 印制电路板) 设计问题，设计出许多种 PCB 设计软件，从最早仅仅将图样上的人工布线变成借助计算机的人工布线，到现在自动布线，并且将元器件之间的各种相互干扰（电磁干扰、热干扰）建立了数学模型，从而 PCB 设计软件的性能产生了质的飞跃。由于电路板设计完成后，没有必要进行实物的电磁兼容测试或热兼容测试，借助于计算机就可以模拟并进行调整，因此，即使不是 PCB 设计专家也可以设计出合格的 PCB 图。

20 世纪 80 年代开始出现了一类器件 PLD (programmable logic device, 可编程逻辑器件)，这种器件采用了大规模集成电路技术，并且器件的功能由用户来设计、定义，这使将一个系统通过用户编程放置在一个芯片中成为可能。随着大规模集成电路技术的发展，PLD 设计软件性能的提高，现在已经产生了在一片 PLD 芯片上可以嵌入微处理器的技术，使 PLD 得到更多的应用。

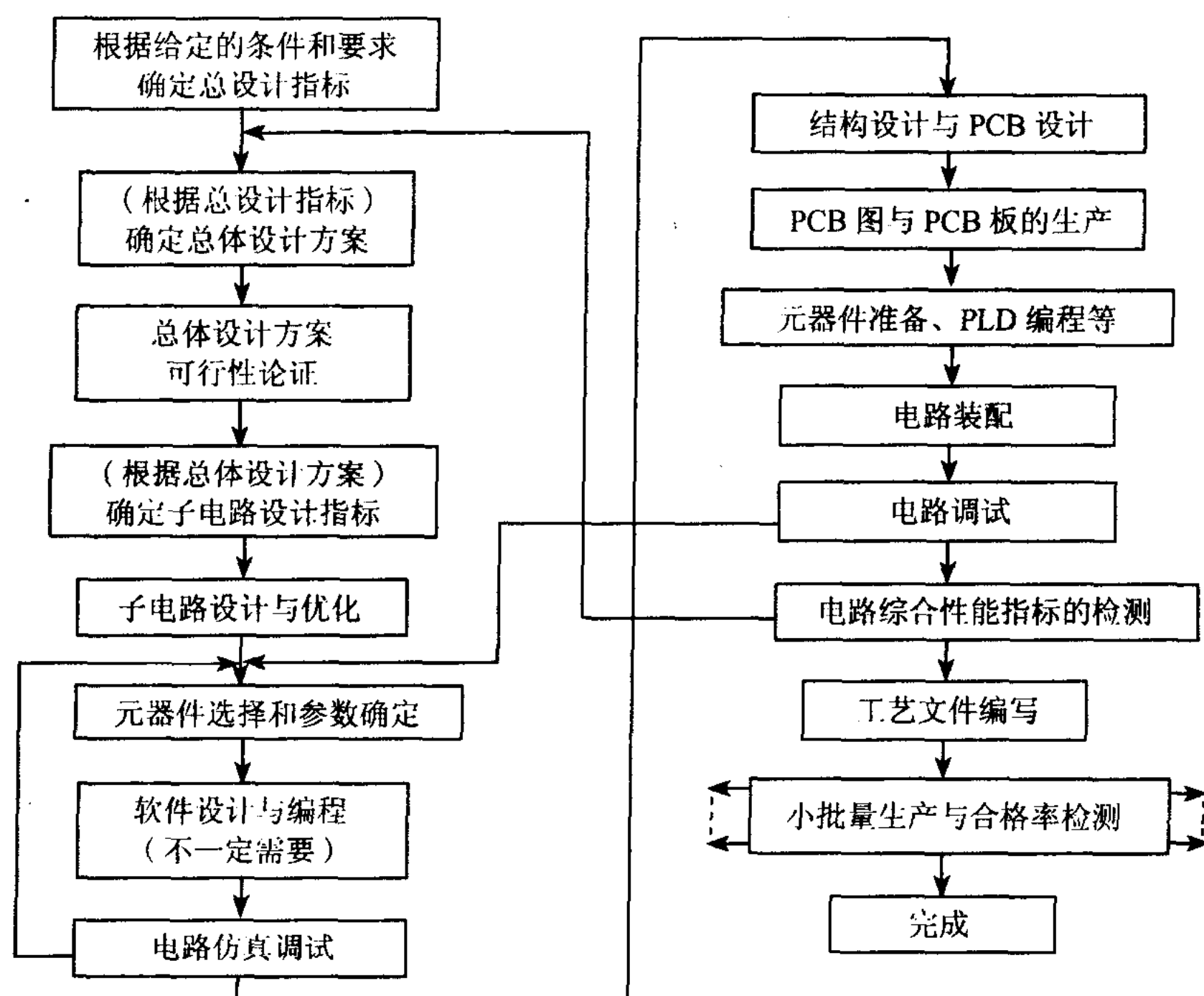


图 1-2 电子电路设计和制作的一般程序

20 世纪 90 年代末, 可编程器件又出现了模拟可编程器件, 用户可以通过这种模拟可编程器件设计各种增益的放大器、滤波器等模拟电路。

目前, 在电子设计方面经常使用的电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术是通过计算机仿真和模拟软件进行原理电路的设计和验证, 借助于 PCB 软件进行印制电路板的设计及借助于 PLD 软件进行可编程器件设计的一种综合性电子设计技术。

电子电路设计和制作的一般程序框图如图 1-2 所示。箭头向下为成功流程, 向左或向右为失败流程。

### 第三节 Multisim 软件的使用介绍

Multisim 是加拿大 Interactive Image Technologies 公司出品的板级电路仿真软件, 适用于模拟和数字电路的设计。该工具包含了电路图输入、Spice 仿真、HDL 设计输入和仿真、可编程逻辑综合及其他设计功能。

#### 一、Multisim 6.0 软件的简介

##### (一) Multisim 软件功能

Multisim 软件是一个完整的电子设计工具软件, 它具有如下功能:

1) 提供了一个巨大的元器件数据库 其提供了 5000 多种元器件/模型 (教育版), 并将各种新器件的 Spice 库文件导入该软件, 同时可以自建元器件库。

2) 完整的模拟/数字混合仿真 它不但可以对模拟元器件进行仿真, 而且可以对数字及混合元器件进行仿真/模拟。

3) 易用的电路原理图编辑功能 Multisim 软件都采用了可视化的工具栏进行元器件选择, 更有了子电路的功能和电路加密功能, 使用相当方便、灵活。

4) 强大的分析功能 提供了 18 种电路的分析手段, 可帮助设计工程师分析电路的性能, 使通常需要几天甚至几个月的分析在瞬间完成。

5) 强大的虚拟仪器功能 该软件提供了示波器、逻辑分析仪、波特图仪及万用表等 10 多种虚拟仪器。其友好、逼真的界面, 如在实验室中实际操作的仪器一样, 可以将测试的结果加以保存, 用于教学非常方便。它提供的逻辑分析仪、网络分析仪更是一般实验室力所不能及的高档仪器。

6) VHDL/Verilog 设计输入和仿真 Multisim 软件将 VHDL/Verilog 的设计和仿真包含进去 (选件), 使大规模可编程器件的设计与仿真的模拟电路、数字电路的设计与仿真融为一体, 解决了原来大规模可编程器件无法与普通电路一体仿真的瓶颈问题。

7) 可以与 PCB 布线软件无缝连接 Multisim 软件的设计结果可以方便地导出到 PCB 的设计软件, 进行 PCB 布线。

8) 远程控制功能 Multisim 软件支持远程控制功能, 不仅可以将 Multisim 软件的界面共享给他人, 使他人自己计算机上看到控制者的操作情况, 而且可以将控制权交给他人, 让他人操作该软件, 这样可以实现交互式教学, 是进行电子电路教学的理想工具。

由于 Multisim 结合了电路设计、仿真和可编程逻辑, 所以说 Multisim 提供了设计师所需要的从技术到生产的所有高级功能, 设计师可以放心地去创新设计。

## (二) Multisim 软件运行环境

CPU——486 以上  $\times 86$  兼容 CPU;

内存——需要 32MB 以上内存, 建议 64MB;

硬盘——需要 250MB 以上的空间;

显示卡——须支持  $800 \times 600$  分辨率, 并支持 256 色以上色彩;

其他设备——CD-ROM 及鼠标;

操作系统——Windows95/98/me/2000/NT4.0 及以上版本。

## (三) Multisim 的安装

购买 Multisim 软件时可以获得一张 CD-ROM、一套手册、一个加密狗 (专业版) 及一个序列号, CD-ROM、序列号及加密狗 (专业版) 是安装所必需的, 缺少一项将无法安装。

Multisim 软件的安装可参照说明书或有关资料, 这里不再详细介绍。

## (四) Multisim 软件的基本界面

(1) Multisim 菜单 启动 Multisim 软件后, 可以看到图 1-3 所示的 Multisim 所示的主画面。主画面由标题栏、菜单 (Menus)、系统工具 (System Toolbar) 栏、设计工具 (Design Bar) 栏、元器件工具 (Component Toolbar) 栏、正在使用的器件清单 (In Use List)、电路窗口 (Circuit Window)、仪表工具 (Instruments Toolbar) 栏、状态 (Status Bar) 栏等几个部分组成, 它模拟了一个实验工作台的环境, 其中:

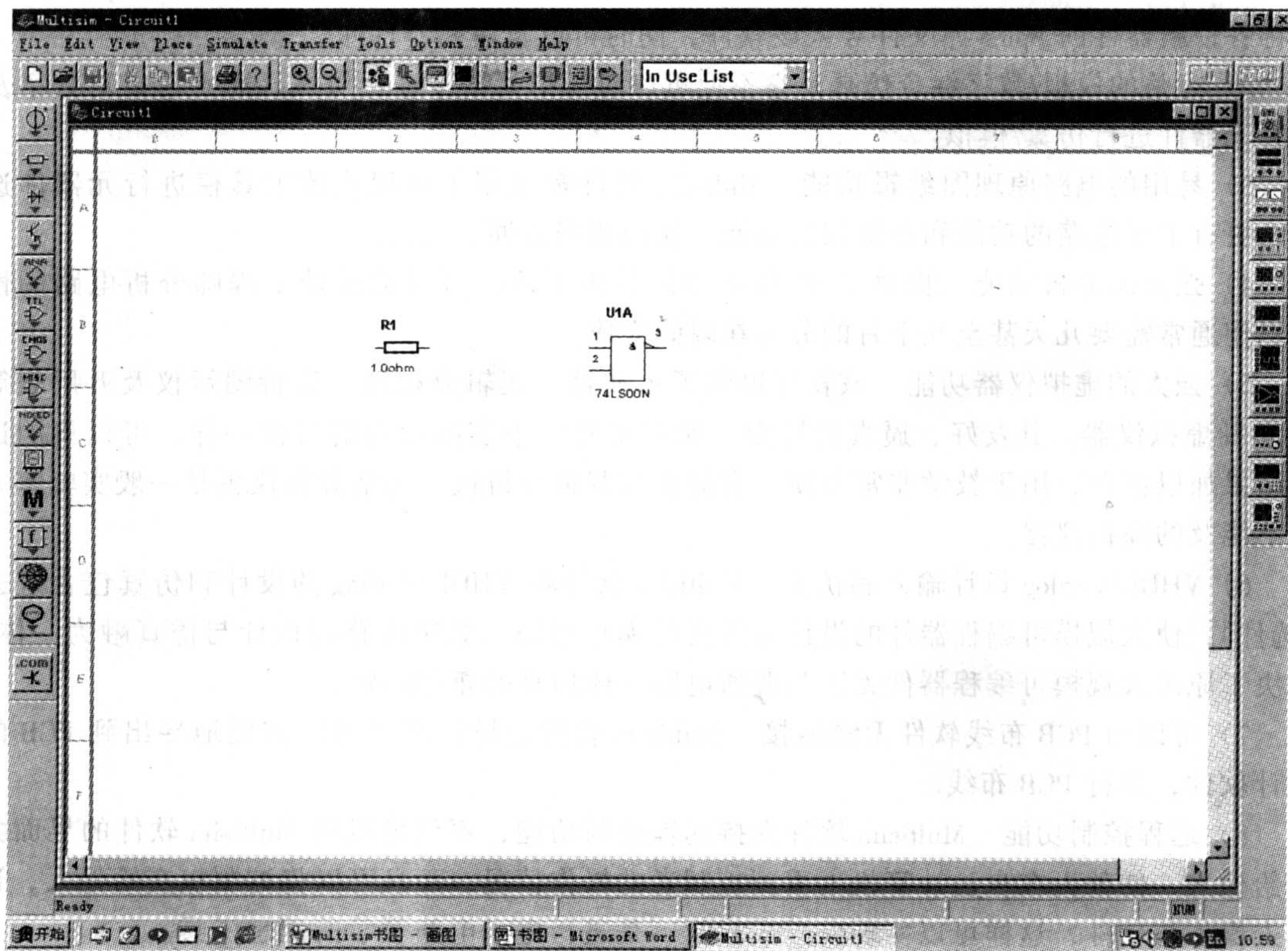


图 1-3 Multisim 主画面

- 1) 电路窗口，是用来绘制电路图及添加测量仪器；
- 2) 元器件工具，是选择各种元器件的工具；
- 3) 仪器工具，是选择各种仪器的选择工具。

(2) Multisim 系统工具栏 图 1-4 所示为 Multisim 软件的系统工具栏。从图 1-4 上可以看出，其系统工具栏与其他 Windows 风格的软件是一致的。表 1-1 列出了各种系统工具的功能。

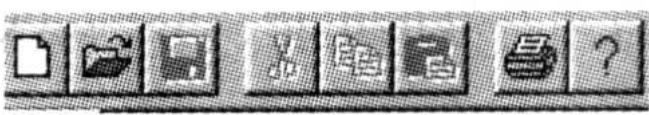


图 1-4 Multisim 系统工具栏

表 1-1 Multisim 系统工具功能说明

| 工 具 | 名 称 | 功 能                                    | 工 具 | 名 称 | 功 能                    |
|-----|-----|----------------------------------------|-----|-----|------------------------|
|     | 新建  | 新建一个空的文件供绘制及仿真分析使用                     |     | 复制  | 将选中的对象放到剪贴板中，而原有对象保持不变 |
|     | 打开  | 打开已存 Multisim 文件，Multisim 文件的扩展名为 .msm |     | 粘贴  | 将剪贴板中的内容放置在当前位置        |
|     | 存盘  | 保存当前正在使用的文件，首次保存时会提示输入文件名              |     | 打印  | 打印当前电路编辑区的内容           |
|     | 剪切  | 将选中的对象放到剪贴板中，原有对象将被删除                  |     | 版权  | 版权说明工具                 |

(3) Multisim 设计工具栏 图 1-5 所示是 Multisim 的设计工具栏，它包括了器件设计按钮（Component Design Button）、器件编辑按钮（Component Editor Button）、分析按钮（Analysis Button）、后处理按钮（Postprocessor Button）、VHDL/Verilog 按钮、统计报告按钮（Reports Button）、导出按钮（Transfer Button）等。各按钮的功能见表 1-2。



图 1-5 Multisim 设计工具栏

表 1-2 设计工具按钮的功能描述

| 工 具 | 名 称             | 功 能                                              |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------|
|     | 器件设计按钮          | 用来打开/关闭仪器工具栏，默认时该按钮处于激活状态，器件工具栏处于打开状态            |
|     | 器件编辑按钮          | 用来打开器件编辑器，当需要编辑器件时，单击该按钮，就可以打开器件编辑界面             |
|     | 仪器按钮            | 用来打开/关闭仪器工具栏，默认时该按钮处于激活状态，仪器工具栏处于打开状态            |
|     | 模拟仿真按钮          | 用于开始/结束/暂停电路的模拟，相当于实际工作时的电源开关，当电路中没有仪器时，该按钮不能被激活 |
|     | 分析按钮            | 用于执行电路的分析功能，单击该按钮时出现拉接菜单，从中选择分析方法。电路在模拟时无法激活该按钮  |
|     | 后处理按钮           | 用于打开后处理功能，可以将分析结果进行再加工，如通过电压波形处理后得到电流波形等         |
|     | VHDL/Verilog 按钮 | 用于打开 VHDL/Verilog 的设计界面。该功能是一个选项，必须单独购买后才能使用     |
|     | 统计报告按钮          | 用于对设计电路进行设计，统计出所使用的器件情况、仪器情况                     |
|     | 导出按钮            | 可以将设计的结果导出到 PCB 设计软件，将分析结果导出到其他软件中               |

### (五) Multisim 软件的设置

Multisim 软件适应每个人的不同需要，用户可以对 Multisim 的界面进行设置，如打开/关闭各种工具栏，设置电路中器件的颜色、图纸的大小、显示的放大比例、自动存盘的时间、器件符号的类型（分为 ANSI 和 DIN 两种，中国的符号标准与 DIN 基本一致）、打印的设置等。

用户界面通过两种方法进行设置：

1) 对当前界面进行设置。对当前界面中电路的设置，只须在电路窗口中单击鼠标右键就可以进行设置了，但该设置仅对当前的电路进行设置，新建电路时，这种设置将不能保留下来。

2) 对界面进行长期设置。欲对界面进行永久设置，必须通过软件的用户预设置功能来进行（通过 EDIT 菜单下的 User Preferences 进行设置）。

各种工具栏的显示和隐含，可以通过 View 菜单下的工具栏（Toolbars），选择需要显示或隐含的工具栏。

(1) 电路图显示方式的设置 用户可以通过在电路图窗口区域内单击鼠标右键，通过 Color（颜色）来改变电路中器件、导线、背景的颜色；通过 Show（显示）来改变电路中器件的器件标注（Component Label）、器件标号（Component reference）、节点名（Node Names）、器件数值（Component Values）的显示和不显示。这种方法只能对当前电路图有效，对新建电路无效。在电路窗口中，单击右键即得到如图 1-6 所示的快捷菜单。

上述方法只能对当前电路有效，要使每新建一个文件都使用同一种设置，就需要进行永久设置，这时需通过 Edit（编辑）菜单下的 User Preferences（用户设置）来进行设置。图 1-7 所示为电路窗口的设置对话框，其设置的内容与图 1-6 所示的 Show 和 Color 两项设置的内容一样，但区别在于图 1-7 的设置不能对当前电路有效，仅对新建电路有效。

图 1-7 中有两点需加以说明：

1) 标注和标号是两个不同的概念，即标注是用户自己定义器件的标签，两个器件可以标注相同；而标号是计算用来区分两个器件的一种表示，尽管器件的标号可以修改，但两个器件的标号不能相同。

2) 在 Multisim 中元器件可分为三类，即无源器件（Passive Component）、有源器件（Active Component）、虚拟器件（Virtual Component）。无源元器件通常指不包含二极管和晶体管的器件，如电阻、电容、电感等；有源器件指二极管、晶体管及由二极管或晶体管构成的器件（模拟集成电路、TTL 集成电路、CMOS 集成电路等）；虚拟器件是指实际电路中没有的器件，

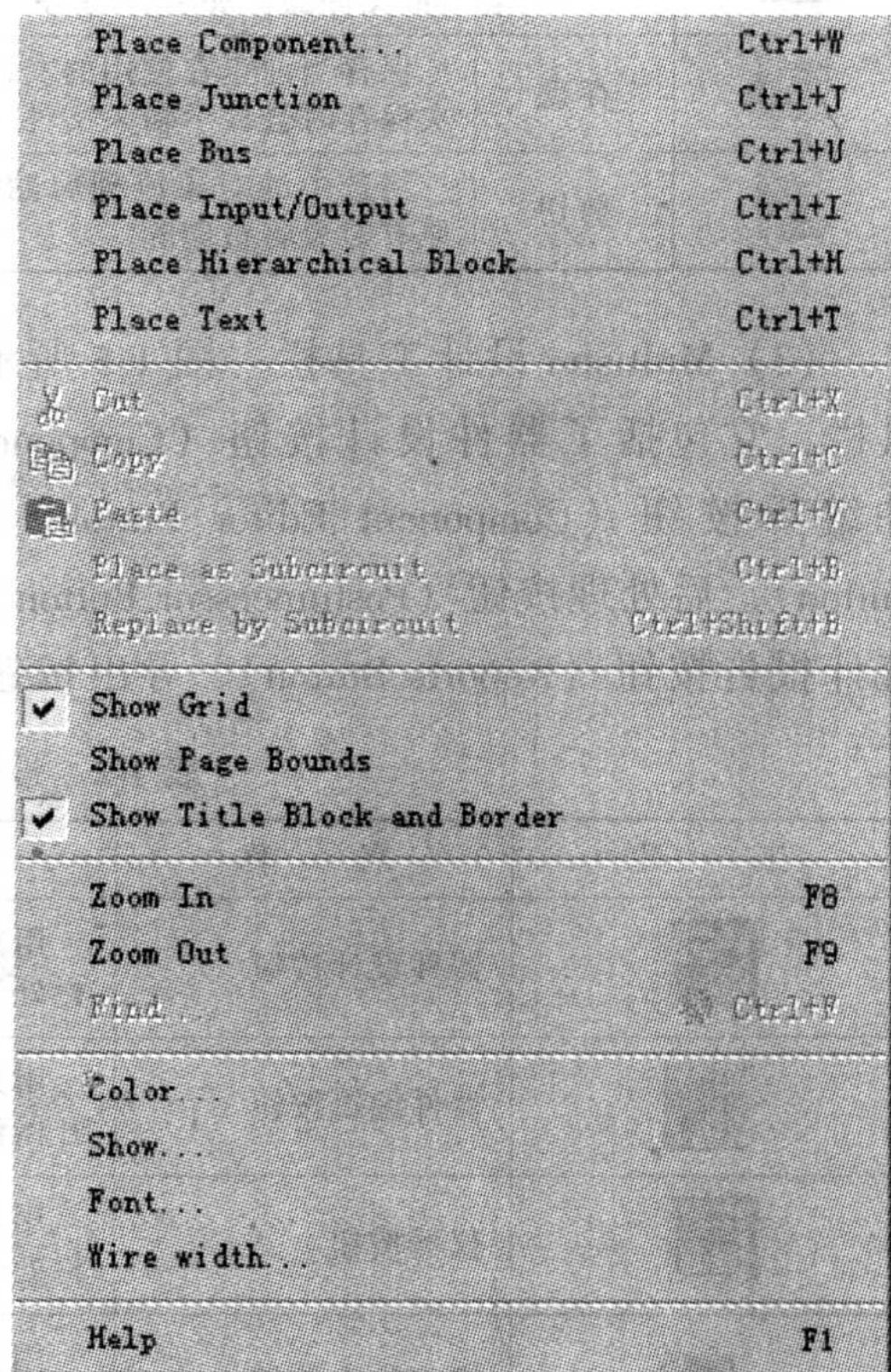


图 1-6 单击鼠标右键可以改变电路的显示方式

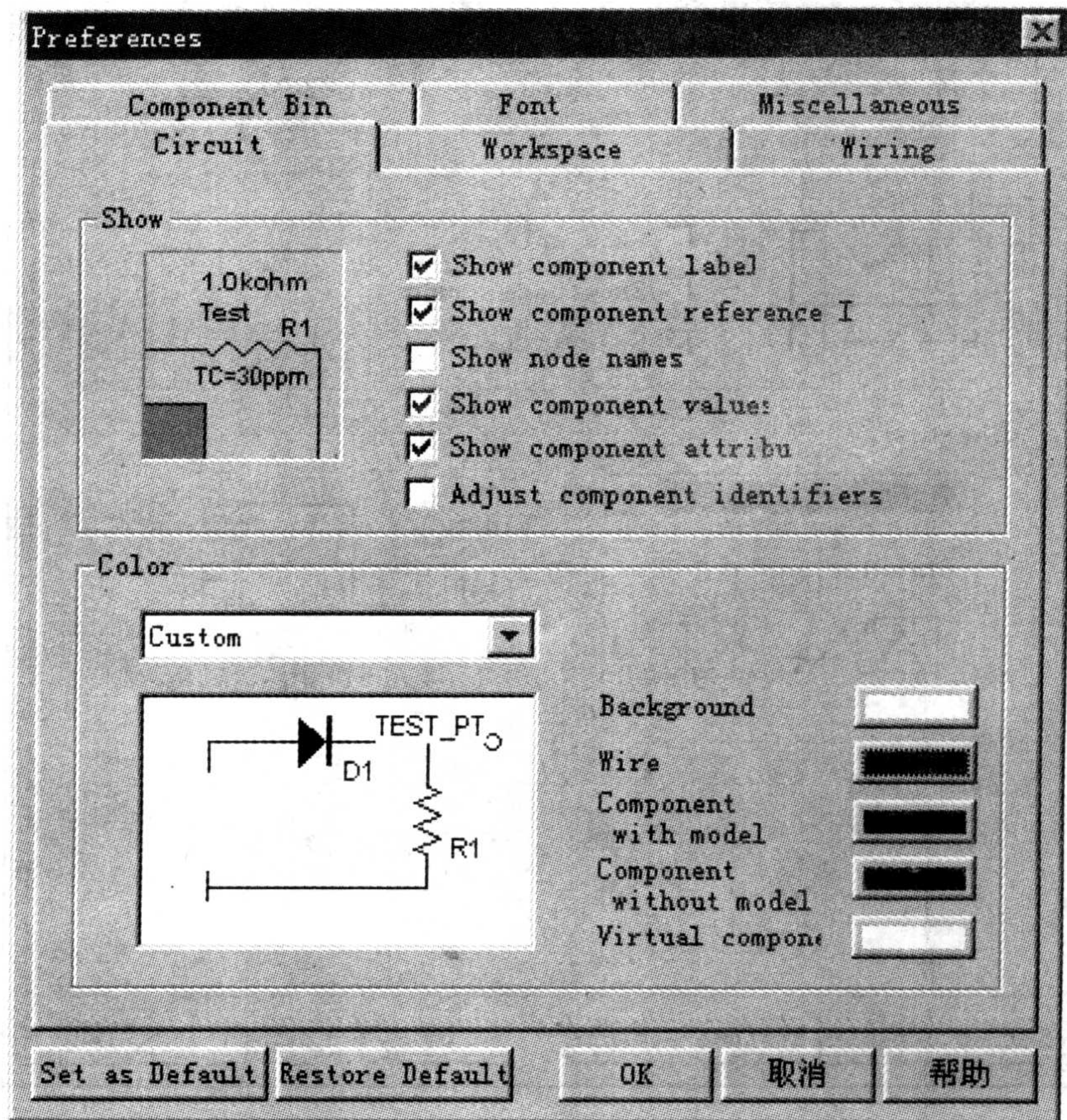


图 1-7 Multisim 软件的电路显示设置

如直流电源、任意可变的电阻等，这类器件在实际电路中是不存在的。

(2) 电路窗口显示特性设置 在 Edit 菜单下的 User Preferences 中的 Workspace（工作区域）可以对显示电路窗口进行改变（改变窗口的大小、是否有网络等）。图 1-8 所示为工作窗口的设置界面。

(3) 自动存盘及符号设置 为了防止因计算机死机、停机等非正常关机引起的数据丢失，Multisim 提供了自动存盘的功能，用户可以通过设置是否存盘及每隔多长时间进行一次自动存盘。自动存盘设置在 Edit 菜单下的 User Preferences 对话框的 User Preferences 标签下，如图 1-9 所示。默认情况下每 20min 自动存盘一次。

表 1-3 是部分符号标准的设置，该软件提供了两种符号标准：ANSI（美国国家标准学会）标准和 DIN 标准，其中 DIN 标准的图形符号与中国的电路图形符号标准基本一致。

(4) 页面打印设置 Multisim 可以设置打印电路的打印方式，如果需对今后的电路产生影响，可以通过 Edit 菜单下的“User Preferences”的“Print Cireuit Setup”选项来进行设计。图 1-10 所示为其设置界面，可以按如下参数进行设置：

1) 是否打印成黑白图（Output In Black/White）。指电路中的彩色打印在黑白打印机上是黑白的还是灰度的，如果选中该项，将在黑白打印机打印出黑白电路图，否则彩色会转化为

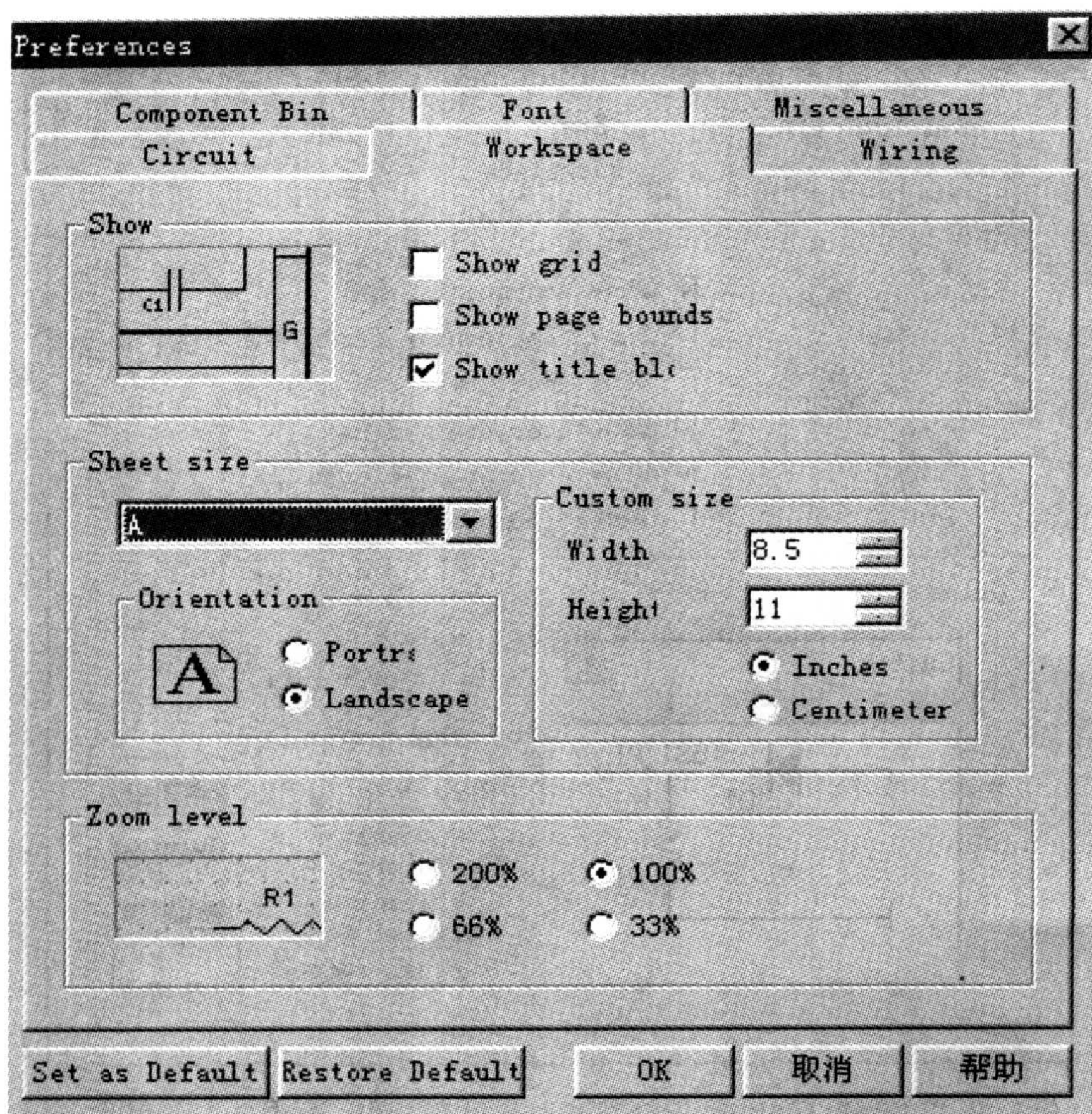


图 1-8 工作区域设置界面

灰度进行打印。

2) 是否打印背景 (Output Background)。选择是否打印背影, 如选中则打印, 否则不打印。

3) 页边宽度设置 (Page Margins)。可以设置顶 (Top)、左 (Left)、右 (Right)、下 (Bottom) 的边距, 其单位可以是英寸 (Inches) 和厘米 (Centimeter)。

4) 输出的比例。打印的电路图可以预设比例。

图 1-10 的设置仅对今后的电路有效。对当前电路的设置, 可以在 File 菜单下的 “Print Setup” 中单击 “Page Setup” 进行设置。

## 二、电子电路原理图的绘制

### (一) Multisim 软件的电路元器件的选择

(1) 元器件的分类 元器件是构成电路的基本单元。Multisim 使用数据库对元器件进行管理, 从数据库的结构上可分为:

1) Multisim Master 层次。为 Multisim 的基本元器件库, 用户不可以对其进行修改、删除等操作, 对所有相同版本的用户, 其元器件品种是一致的, 开始使用时仅有 Multisim Master 层次的元器件可选用。