

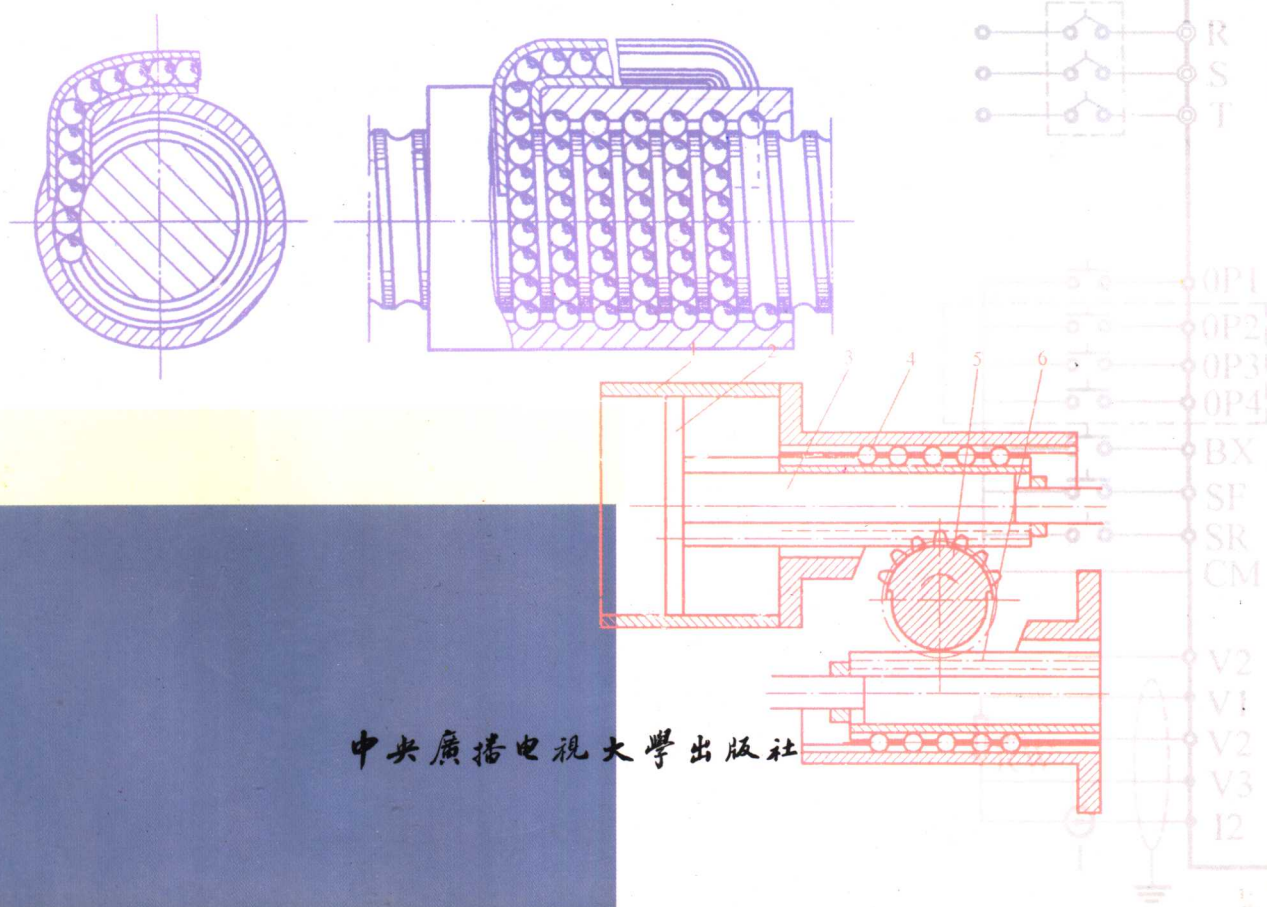


教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

机电一体化实验技术

机械设计制造及其自动化专业系列教材

王立权 主 编



中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电一体化实验技术

王立权 主编

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化实验技术/王立权主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006.1

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材. 机械设计制造及其自动化专业系列教材

ISBN 7-304-02240-X

I. 机... II. 王... III. 机电一体化-实验-电视大学-教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 003922 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电一体化实验技术

王立权 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部 010-68519502

总编室 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 何勇军

印刷: 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂 印数: 0001~2000

版本: 2006 年 1 月第 1 版

2006 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 12.5 字数: 287 千字

书号: ISBN 7-304-02240-X/TB·14

定价: 18.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

内容提要

机电一体化实验技术主要介绍在开发和设计机电一体化产品中常用到的技术、工具软件、典型电路和典型产品实例,重点介绍机电一体化产品中具有共性的实用技术知识。本书内容包括电路的计算机辅助设计,传感器检测实用电路,电机驱动接口电路,机电一体化产品中的常用机械传动系统,典型机电一体化产品分析和抗干扰技术。本书是机电一体化和相近专业的教材,也可以作为从事机电一体化产品开发的工程技术人员的参考书。

前 言

机电一体化技术是在电子技术、计算机技术和自动控制技术基础上发展起来的一门新兴的综合学科。机电一体化技术所涉及的知识面非常广泛,目前已经得到人们广泛的重视,并成为高校机电类专业的课程。

《机电一体化实验技术》是电大相关专业课程的教材。主要介绍在开发和设计机电一体化产品中常用到的技术、工具软件、典型电路和产品设计实例,重点介绍典型、共性的实用技术知识。

本书是在参考了大量的教材、有关文献的基础上,结合作者的科研、教学实践编写的,内容的选择重点是机电一体化产品设计中的实用技术。

本书共分8章,第1,2章介绍电路计算机辅助设计软件 Protel 99SE,目的是让读者了解如何将电路的设计思想,变成机电一体化产品中电路板的过程;第3章介绍常用传感器检测电路,包括电阻应变式传感器检测电路,编码式位移传感器检测电路和超声传感器测距电路;第4章介绍机电一体化产品中常用的控制系统,包括嵌入式控制系统、多轴运动控制器、数控系统,目的是让读者了解这些控制系统的主要功能,在机电一体化产品中用得比较多的可编程控制器内容,已经有专门的课程介绍,所以本章没有包含这部分内容;第5章介绍电机驱动与接口电路,主要以交流电机、直流电机、步进电机的驱动接口电路为例;第6章介绍机械传动系统,包括机械传动系统的特性,齿轮传动、滚珠丝杠传动、带传动的典型结构和选型方法;第7章介绍典型机电一体化产品实例分析,其中两自由度定位系统,是作者科研工作的一个内容,另一内容是移动搬运机器人,该机器人是作者指导参加全国大学生机器人电视大赛的参赛机器人。第8章介绍机电一体化产品中的抗干扰技术。

参加本书编写的有王立权(第3,4,7章),李西平(第6,8章),孟宇(第1,2章),张汉润(第5章)。全书由王立权任主编并统稿。

张立勋、罗耀华、杨守成教授审阅了书稿,并提出许多宝贵意见,张立勋教授任主审。

本书在编写过程中参考了大量的专著、教材、文献和资料,在此向参考和引用

的专著、教材、文献和资料的作者表示诚挚的谢意。同时向在本书编写过程中提供帮助和支持的老师 and 同学表示衷心的感谢。

由于作者的水平和编写经验有限,书中一定存在不足和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2005 年 6 月

目 录

第1章 电路的计算机辅助设计	(1)
1.1 电路设计的概念	(1)
1.2 设计原理图的一般步骤	(2)
1.3 启动原理图设计环境	(3)
1.4 原理图开发环境下的工具栏管理	(4)
1.4.1 工具栏的打开与关闭	(4)
1.4.2 面板显示状态的放大和缩小	(5)
1.5 设置图纸	(6)
1.5.1 设置图幅	(6)
1.5.2 设置文件信息对话框	(9)
1.6 在工作平面上放置元件	(10)
1.6.1 利用元件库管理浏览器放置元件	(10)
1.6.2 利用菜单命令放置元件	(12)
1.6.3 元件位置的调整	(14)
1.6.4 元件的剪贴	(16)
1.6.5 元件的删除	(17)
1.7 绘制电路原理图	(17)
1.7.1 绘制原理图的工具和方法	(17)
1.7.2 画导线	(18)
1.7.3 画总线	(19)
1.7.4 画总线分支	(22)
1.7.5 放置线路节点	(23)
1.7.6 电源与接地符号	(24)
1.7.7 设置网络标号	(25)
1.7.8 制作电路的 I/O 端口	(27)

第2章 印制电路板的设计	(31)
2.1 印制电路板设计的一般步骤	(31)
2.2 启动 PCB 设计系统	(32)
2.3 画面的管理	(34)
2.3.1 PCB 设计系统工具栏	(34)
2.3.2 编辑区的管理	(35)
2.4 单面板与多层板	(36)
2.5 PCB 设计的基本操作	(36)
2.5.1 通过向导创建 PCB	(36)
2.5.2 确定元件封装	(41)
2.5.3 导入元件和网络表	(44)
2.5.4 图件放置工具	(48)
2.5.5 自动布局	(52)
2.5.6 PCB 布线	(54)
第3章 常用传感器及应用	(57)
3.1 电阻应变式传感器及应用	(57)
3.1.1 金属材料与半导体材料的应变效应	(57)
3.1.2 电阻应变片的变换电路	(58)
3.1.3 QS-A 称重传感器	(60)
3.2 编码式位移传感器及应用	(62)
3.2.1 绝对式光电编码器	(62)
3.2.2 增量式光电编码器	(63)
3.2.3 相对光电编码器的鉴相和计数电路	(65)
3.2.4 E6A2 系列增量型脉冲编码器	(66)
3.3 光栅传感器及应用	(70)
3.3.1 计量光栅的基本原理	(70)
3.3.2 光栅传感器的工作原理	(71)
3.3.3 光栅传感器的应用	(75)
3.3.4 SGC 系列光栅线位移传感器	(76)
第4章 机电一体化产品常用控制系统	(79)
4.1 嵌入式系统应用和设计	(79)
4.1.1 嵌入式系统应用领域	(79)
4.1.2 嵌入式系统基本概念	(81)

4.1.3	$\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 嵌入式系统简介	(86)
4.1.4	$\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的任务状态	(86)
4.2	多轴运动控制器	(88)
4.2.1	PMAC 多轴运动控制器	(88)
4.2.2	PMAC 多轴运动控制的软件调试	(89)
4.2.3	PMAC 多轴运动控制器硬件与通讯	(90)
4.2.4	典型伺服控制系统实例	(91)
4.3	数控系统	(93)
4.3.1	CNC 系统概述	(93)
4.3.2	典型数控系统操作	(99)
第5章	电动机驱动与接口电路	(104)
5.1	交流电动机驱动接口电路	(104)
5.1.1	交流调速系统的分类	(104)
5.1.2	交流异步电动机调压调速	(105)
5.1.3	异步电动机变频调速	(109)
5.2	直流电动机的驱动接口电路	(112)
5.2.1	直流电动机的调速方法	(112)
5.2.2	PWM 接口电路	(113)
5.2.3	直流电动机驱动器产品	(116)
5.3	步进电机的驱动接口电路	(118)
5.3.1	脉冲分配器	(118)
5.3.2	功率驱动	(120)
5.3.3	步进电机驱动器产品	(122)
第6章	常用机械传动系统	(126)
6.1	机械传动系统的特性	(126)
6.2	齿轮传动的典型结构和选型方法	(127)
6.2.1	齿轮传动在机电一体化系统中的应用	(127)
6.2.2	齿轮传动系统的典型结构和选型	(129)
6.3	滚珠丝杠传动的典型结构和选型方法	(133)
6.3.1	滚珠丝杠传动的结构	(133)
6.3.2	滚珠丝杠传动的选型方法	(135)
6.4	带传动的典型结构和选型方法	(144)
6.4.1	带传动的典型结构	(144)

6.4.2	同步带和带轮的选型方法	(147)
第7章	典型机电一体化产品的实例分析	(151)
7.1	两自由度定位系统	(151)
7.1.1	系统简介	(151)
7.1.2	两自由度定位机构	(152)
7.1.3	控制器	(154)
7.1.4	CAN232 模块设计	(160)
7.2	搬运机器人	(162)
7.2.1	设计指标	(162)
7.2.2	总体设计	(162)
7.2.3	搬运机器人机械结构设计	(163)
7.2.4	搬运机器人控制系统	(165)
第8章	机电一体化产品抗干扰技术	(172)
8.1	电磁干扰的形式和途径	(172)
8.1.1	电磁干扰的分类	(172)
8.1.2	电磁噪声耦合途径	(173)
8.2	常用的干扰抑制技术	(178)
8.2.1	屏蔽技术	(178)
8.2.2	接地技术	(182)
8.2.3	滤波技术	(186)
8.2.4	隔离技术	(188)
8.2.5	浪涌吸收器	(188)
参考文献		(190)

第1章 电路的计算机辅助设计

主要内容

- (1) 电路设计的概念;
- (2) 原理图的设计步骤;
- (3) 原件库的使用;
- (4) 绘制电路原理图。

学习重点及教学要求

- (1) 掌握原理图的设计步骤;
- (2) 掌握原件库的使用方法;
- (3) 熟悉电路原理图的绘制;
- (4) 了解 Protel 99SE 的功能。

1.1 电路设计的概念

电路设计是指实现一个电子产品从设计构思、电学设计到物理结构设计的全过程。在 Protel 99SE 中,设计电路板最基本的过程有以下几个步骤。

1. 电路原理图的设计

电路原理图的设计主要是利用 Protel 99SE 中的原理图设计系统 Advanced Schematic 99 来绘制电路原理图。在设计中,可以充分利用其所提供的各种原理图绘图工具、丰富的在线库、强大的全局编辑能力以及便利的电气规则检查,来达到设计目的。

2. 电路信号的仿真

电路信号仿真是原理图设计的扩展,Protel 99SE 为用户提供一个完整的从设计到验证的仿真设计环境。它与 Protel 99SE 原理图设计服务器协同工作,以提供一个完整的前端设计方案。

3. 产生网络表及其他报表

网络表是电路板自动布线的灵魂,也是原理图设计与印制电路板设计的主要接口。网络表可以从电路原理图中获得,也可以从印制电路板中提取。其他报表则存放了原理图的各种信息。

4. 印制电路电路板的设计

印制电路板设计是电路设计的最终目标。利用 Protel 99SE 的强大功能实现电路板的版面设计,完成高难度的布线以及输出报表等工作。

总体来说,整个电路板的设计过程先是编辑电路原理图,接着用电路信号仿真进行验证调整,然后进行布局——摆放元件,再人工布线或根据网络表进行自动布线。前面谈到的这些内容都是设计中最基本的步骤。此外,用户还可以用 Protel 99SE 的其他服务器,如创建、编辑元件库和元件封装库等。

从这一章开始进入原理图设计系统。通过学习能够进行一般的原理图设计,能够了解并掌握设计原理图的一般过程及设计技巧。

1.2 设计原理图的一般步骤

电路原理图设计不仅是整个电路设计的第一步,也是电路设计的根基。由于后面的设计工作都是以此为基础的,所以电路原理图的设计质量直接影响到以后的设计工作。一般来讲,可以分为以下的步骤。

(1)设置图纸 根据实际电路的复杂程度来设置图纸的大小,设置图纸的过程实际是一个建立工作平面的过程。

(2)放置元件 此阶段是用户根据实际电路的需要,从元件库里取出所需的元件放置到工作平面上。用户可以根据元件之间的走线等联系对元件在工作平面上的位置进行调整、修改,并对元件的编号、封装进行定义和设定等,为下一步工作做好准备。

(3)原理图的布线 该过程实际就是画图的过程。用户利用 Protel 99SE 提供的各种工具、指令进行布线,将工作平面上的器件用具有电气意义的导线、符号连接起来,构成一个完整的电路原理图。

(4)编辑与调整 此阶段用户利用 Protel 99SE 所提供的各种强大功能对所绘制的原理图进一步地调整和修改,以保证原理图的美观和正确。包括对元件位置的重新调整,导线位置的删除、移动,更改图形尺寸、属性及排列。

(5)进一步完善 用户在此阶段,可以充分利用 Protel 99SE 具有的功能对原理图进行进一步的补充和完善。如利用 Protel 99SE 的绘图工具绘制一些不具有电气意义的图形或者加入一些文字说明等。

(6)原理图的输出 该部分是将设计完的原理图进行存盘、输出打印,以供存档。这个过

程实际是对设计的图形文件输出的管理过程,主要是设置打印参数和打印输出的过程。

1.3 启动原理图设计环境

本节是用前面介绍的方法进入原理图设计系统,即启动原理图设计服务器。启动的步骤如下:

(1) 进入 Protel 99SE 主界面后,假设用户以系统管理员的身份进入项目设计数据库(命名为 MyDesign1. ddb),然后执行 File/New 命令。

(2) 设置文件对话框,从框中选择原理图设计服务器图标。

(3) 双击图标或者单击 OK,就会建立原理图设计文档,如图 1-1 所示,用户可以修改文档名。



图 1-1 建立一个原理图文档

(4) 双击原理图文档图标,就会进入原理图设计服务器的界面,如图 1-2 所示,这就是用户用于原理图设计的工作环境。

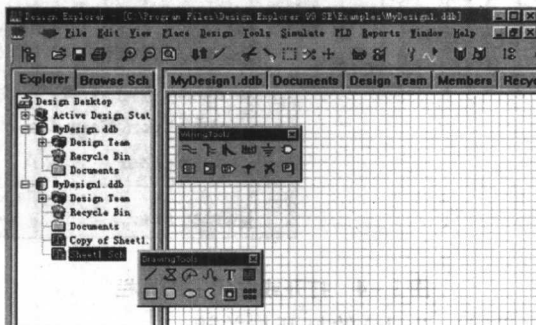


图 1-2 原理图设计工作环境

1.4 原理图开发环境下的工具栏管理

1.4.1 工具栏的打开与关闭

在原理图设计过程中,将碰到 Protel 99SE 所提供的各种工具和管理器。充分利用这些工具和管理器将会使操作更加简便,可以极大地方便设计工作。因此有必要了解这些工具栏和管理器的打开与关闭。它们全部打开后,如图 1-3 所示。

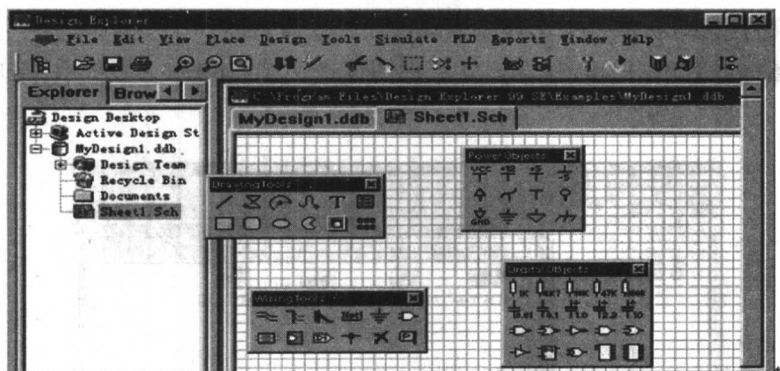


图 1-3 各种管理器及工具栏都处于打开状态

(1) 主工具栏(Main Tools)的打开与关闭

打开或关闭主工具栏可执行菜单命令 View/Toolbars/main Tools, 见图 1-4。

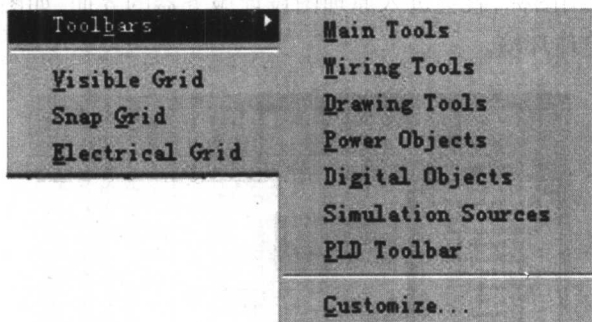


图 1-4 打开或关闭主工具栏

(2) 画原理图工具栏(Wiring Tools)的打开与关闭

打开或关闭画原理图工具可执行菜单命令 View/Toolbars/Wiring Tools, 也可用鼠标单击主工具栏里的按钮打开或关闭。

(3) 画图形工具栏(Drawing Tools)的打开或关闭

打开或关闭画图形工具可执行菜单命令 View/Toolbars/Drawing Tools,也可用鼠标单击主工具栏里的按钮打开或关闭。

(4) 电源及接地符号工具栏(Power Objects)的打开或关闭

打开或关闭电源及接地符号工具可执行菜单命令 View/Toolbars/Power Objects。

(5) 常用器件工具栏(Digital Objects)的打开或关闭

打开或关闭常用器件工具可执行菜单命令 View/Toolbars/Digital Objec。

(6) 元件库管理浏览器的打开或关闭

打开或关闭元件库管理浏览器的方法就是执行菜单命令 View/Design Manager。

(7) 设计管理器与元件库管理浏览器之间的切换

在设计工作中,用户只需用鼠标点击设计管理器上端的标签栏里的相应标签。

1.4.2 面板显示状态的放大和缩小

用户在进行原理图设计时,需要经常查看整张原理图,以便规划整体布局;有时又需要看原理图的某一部分,来放置元件和布线等。所以要经常改变显示状态,使绘图区放大或缩小,以满足工作的不同需要。画面的缩、放方法有很多,也很灵活。

1. 命令状态下的缩、放

当处于其他命令状态下时,鼠标无法移出工作区去执行一般的命令。此时要放大或缩小显示状态,必须要用功能热键来完成此项工作。具体如下:

(1)放大 按 PageUp 键,绘图区会放大显示。

(2)缩小 按 PageDown 键,绘图区会缩小显示。

(3)移位 按 Home 键,原来光标的位置会移到工作区的中心位置显示。

(4)更新 如果显示画面出现杂点或变形时,按 End 键后,程序返回进行重算,并更新画面,恢复正确的显示图形。

2. 闲置状态下的放大和缩小命令

当未执行其他命令而处于闲置状态时,可以用菜单里的命令或主工具栏里的按钮,当然也可以用功能热键。

(1)放大 用鼠标单击主工具栏的按钮或执行下拉菜单命令 View/Zoom In,如图 1-5 所示。

(2)缩小 用鼠标单击主工具栏的按钮或执行如图 1-5 中下拉菜单命令 View/Zoom Out。

(3)用不同的比例显示 如图 1-5 所示,Viwe 菜单命令提供了 50% ,100% ,200% ,400% 共四种显示模式供用户选择。

(4)绘图区填满工作区 该功能是用于查看整张电路图。执行菜单命令 View/Fit Document,见图 1-5。

(5)移动显示位置 在设计电路时,需要经常查看各个部分的电路,所以需要移动显示位置。用户可执行如图 1-5 所示的菜单命令 View/Pan。方法是,在执行命令之前,先将光标移动到目标点,然后执行本命令,目标点位置就会移到工作区的中心位置显示。也就是说,以该目标点为屏幕中心,显示整个屏幕。

(6)更新画面 在设计中,经常碰到由于移动元件等操作而使画面显示出现问题,虽然这不影响电路的正确性,但不美观。这时,可以通过菜单命令 View/Refresh 来更新画面,见图 1-5。

(7)利用菜单命令 View/Area 放大显示用户设定选框区域,是通过用户选定区域中对角线上的两个角的位置,来确定需要进行放大的区域,方法如下。首先执行菜单命令 View/Area,其次移动十字光标到目标的左上角位置,然后拖动鼠标,将光标移动到目标的右下适当位置,再单击左键加以确认,即可放大所选框中的区域。

(8)利用菜单命令 View/Around Point 放大显示用户设定选框区域这种方式是通过确定用户选定区域的中心位置和选定区域的一个角的位置,来确定需要进行放大的区域,方法如下:首先执行菜单命令 View/Around Point,其次移动十字光标到目标区的中心,单击左键,然后将光标移动到目标区的右下角,再单击左键加以确认,即可放大所选框中的区域。

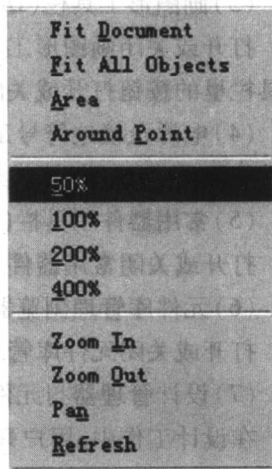


图 1-5 菜单 View 的缩放命令

1.5 设置图纸

在 1.2 节中已经提到绘制原理图的步骤中首先要设置图纸,即确定原理图纸的有关参数,如图纸的尺寸、方向、底色边框、标题栏、文件信息等。

1.5.1 设置图幅

1. 执行菜单命令 Design/Options

在图 1-6 中,执行菜单命令 Design/Options,会出现如图 1-7 所示的设置或更改绘图纸属性的对话框。

2. 图纸尺寸的设置

在设计电路时用的较多的是标准图纸 A,设计时将光标移动到图 1-7“绘图纸属性设置”对话框中的 Standard Style(标准图纸格式),用鼠标单击按钮激活该选项,然后将光标移动到 A 位置,确认即可选定图纸的大小为 A,见图 1-8。

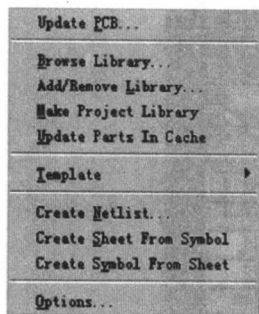


图 1-6 命令 Design/Options

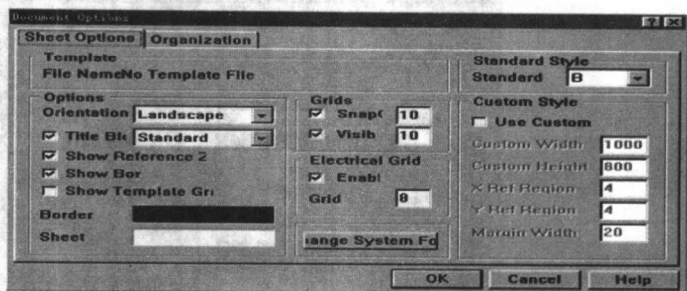


图 1-7 “绘图纸属性设置”对话框

该栏设置提供了多种标准图纸。

公制:A0(最大),A1,A2,A3,A4(最小)

英制:A(最小),B,C,D,E(最大)

Orcad 图纸:Orcad A,Orcad B,Orcad C,Orcad D,Orcad E

其他:Letter,Legal,Tabloid

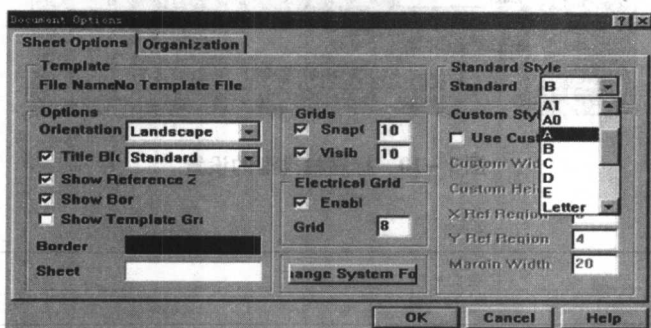


图 1-8 “图纸设置选项”对话框

3. 设定图纸的方向

图纸边框方向的设置可通过图 1-7 所示的 Options 选项实现。该选项包含了图纸的方向、标题栏的设定、边框的设定等几部分。设置图纸的方向见图 1-9,用鼠标点击 Orientation 窗口的按钮“▼”,此后会出现一个下拉选框,如图 1-10 所示。有两种方式可供选择:Landscape(图形水平放置)和 Portrait(图形垂直放置)。

4. 设置标题栏的类型(TitleBlock)

在图 1-10 中,用鼠标单击图中 TitleBlock 栏中的按钮“▼”,会出现一个下拉选框。

Protel 99SE 提供标准型(Standard)标题栏,如图 1-11 所示。

5. 设置显示参考边框(Show Reference Zone)