



电子线路图 设计大师之路



本书配套光盘内容包括:
"Protel for Windows"
多媒体学习软件

Protel for Windows速成教程

希望图书创作室 总策划
木马科技公司 编著



北京希望电脑公司
北京希望电子出版社

世行贷款

电子线路图设计大师之路

Protel For Windows 速成教程

希望图书创作室 总策划

木马科技公司 编著

北京希望电脑公司出品

北京希望电子出版社

1999

内 容 简 介

Protel for Windows 是当前用来设计电子线路原理图和印刷电路板图的最实用的软件。本书主要讲解了利用 Protel For Windows 软件设计电子线路原理图和印刷电路板图 (PCB 图) 基本知识和操作过程, 主要内容包括: 电子线路计算机辅助设计流程, Protel 软件的安装及硬件需求, Protel 零件库的使用, 结合实例讲解 Protel 从原理图设计、网络表生成、如何通过自动布局、网络表自动布线来进行印刷电路设计、如何进行电气工艺检查、打印标准电子线路原理图、印刷电路图、使用 Protel 过程中的疑难解答等。

本书适用于电子工程师、工程技术人员和广大电子爱好者学习和参考, 也可作为大专院校相关专业的师生教学、自学使用。

本书配套光盘为 Protel for Windows 多媒体学习盘, 盘中包括五部分内容。第一部分“展望”介绍电子线路板设计的发展; 第二部分“学习 Protel SCH”分为七课, 由易到难、循序渐进地介绍绘制 SCH 原理基本操作; 第三部分“学习 Protel PCB”介绍 PCB 的编辑环境、电路板设计流程 PCB 的基本操作、网络表的操作、库操作等; 第四部分为综合练习; 第五部分为资料查询, 主要介绍在使用 Protel 软件时遇到的问题、SCH、PCB 编辑环境菜单。

需购买书和配套光盘或需技术支持的读者, 可直接与 010-62562329, 6254192, 62531267 或传真 010-62579874 北京海淀 8721 信箱书刊部, 邮编 100080 联系。

电子线路图设计大师之路——Protel For Windows 速成教程

希望图书创作室 总策划

木马科技公司 编著

责任编辑 陈河南 王玉玲

北京希望电脑公司出品

北京海淀路 82 号 (100080)

北京媛明印刷厂 印刷

新华书店、新华书店音像发行所发行、各地书店、软件专卖店经销

* * * * *

1999 年 3 月第一版

1999 年 3 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 10.125

字数: 231 千字

印数: 1-5000 册

新出音管字 [1997] 75 号

ISBN 7-980007-77-8/TP·31

定价: 88 元 (1CD, 含配套书)

前 言

以前设计印刷电路板，主要依靠人工描图、晒图、制板的手工作业方式，工作强度大，周期特长，一块很小的电路板，也往往要几个人用几个月的时间才能制出成品，修改起来就更不方便了，也无从检查印刷电路板是否与预先设计的原理图一致。

计算机辅助设计的出现，使人们摆脱了传统“刀耕火种”的手工作业方式！

人们首先使用的是在 dos 环境下的 tango, protel, pads2000 等单用户电子线路设计软件，通过计算机来设计印刷电路板，这与传统的手工作业已有了天壤之别；周期大大缩短，原来几个人几个月才能设计出的电路板，现在一个人几天内就可以设计好，要修改更容易，计算机打印出的各种图纸更规范，还可通过原理图生成的连线网络图，直接检查设计出的印刷电路板上各器件管脚间的连接是否准确无误，还可以检查线与线之间间隔是否符合工艺规范，十分方便。

随着 Windows 95, Windows 98 的广泛应用和 Windows 的强大功能，在计算机上的各种开发工作转移到 Windows 环境下，已是不可逆转的潮流，较有名的电子线路设计软件 protel 也推出了 for Windows 版本，Windows 版本比起 dos 版本功能更加强无比，如多窗口、内存管理、新建零件库等比 dos 版本更方便，为了方便广大读者及时掌握 Protel for PWindows 来设计电子线路原理图和印刷电路板图，我们编写了本书和配套的教学软件光盘，以供大家参考。

本书与光盘十分详细讲解了电子线路设计的流程等基础知识，以及用 Protel for Windows 设计原理图、生成网络表、PCB 图设计、自动布局、自动布线等内容，配套光盘上还配有大量综合练习。

在编写过程中，我们力求通俗易懂、内容丰富全面，以满足各位读者的需要，但由于我们的水平有限，加之时间仓促，有不足之处望广大读者朋友不吝指教。

在此，我们还要感谢秦人华老师对我们编写本书的大力帮助和指教。

成都木马科技有限公司

1998.10

目 录

第一章 基础知识	1
1.1 用计算机设计电子线路的优势	1
1.2 电路板设计流程	2
1.3 电路板设计基础知识	4
1.4 运行 Protel 软件配置	6
1.5 Protel For Windows 环境中的鼠标与键盘	6
第二章 Protel Sch 速成教程	7
2.1 安装 Protel Sch	7
2.2 Sch 编辑环境和基本环境设置	9
2.3 绘制 Sch 原理图	14
2.4 Sch 画图工具板	26
2.5 Sch 画电路图工具板	33
2.6 建立层次电路	38
2.7 建立、使用自制零件库元件	49
2.8 生成报表、打印输出原理图	56
2.9 作品欣赏	59
第三章 Protel PCB 速成教程	60
3.1 安装 Protel PCB	60
3.2 PCB 编辑环境和电路板设计流程	61
3.3 PCB 快速入门	62
3.4 网络表操作和生成各种 PCB 图	74
3.5 库操作	85
3.6 手工装入元件和双层板手工布线	101
3.7 打印输出 PCB 图	110
3.8 作品欣赏	117
第四章 常见问题及其解决方法	119
第五章 Protel 菜单速查	125
5.1 Protel Advanced Schematic 菜单速查表	125
5.2 Protel Advanced PCB 菜单速查表	131
附录 A SCH 元件库和 PCB 封装库	143
A.1 D-device.lib	143
A.2 D-TTL.LIB	144

附录 B 本书配套光盘的使用.....	148
附录 C 新产品介绍	152
附录 D 成都木马科技有限公司简介	156

第一章 基础知识

主要内容:

用计算机设计电子线路的优势
电路板设计流程
电路板设计基础知识
运行 Protel 软件配置
Protel For Windows 环境中的鼠标与键盘

1.1 用计算机设计电子线路的优势

以前设计印刷电路板，主要依靠人工描图、晒图、照相、制板的手工作业方式，工作强度大，周期特长，一块很小的电路板，也往往要几个人用几个月的时间才能制出成品，修改起来就更不方便了，也无从检查印刷电路板是否与预先设计的原理图一致。

现在，用计算机来设计电路图，以往的这些费时费力的工作在计算机的高速度、高智能化下，设计的质量和设计的效率得到了大幅度的提高。

首先，在计算机上设计电路线路图，很容易修改，在纸上修改可就麻烦多了，速度当然也就快多了，原来用手画要两个月才能画出来的图纸，在计算机上可能一天就可以设计出来了。

第二，在计算机上设计出的电路线路图，十分标准、规范，不像手工绘制的图纸，完全靠绘图人的手艺。

第三，由于电路图设计软件有许多智能化的设计功能，大大降低了设计者的劳动强度。例如，布局是印刷电路板图（PCB）设计中很艰苦的工作，在电路板上要给每一个数字电路加上去耦电容也是一件很繁琐的事，如果用 Protel 来进行自动布局可就轻松多了——在布局之前规定出板子的大小，把必须固定位置的器件放在相应位置，如插座放在板子的边上，其他元件就可用 Protel 来进行自动布局，自动布局完成后，只需简单手工调整即可，布局完成后，您会发现去耦电容已自动放在集成电路旁了。用计算机来布线，比起手工布线，那就更轻松了，而且布通率很高——在自动布线之前，只需用手工将电源线等预布通过，就可以让机器给您自动布线了，等机器布完之后您只需略微调整，将未布通的线布通即可。在布线前，您还可通过设置用不同线宽来布不同的网络，也可以按您设置的次数反复进行布线，直到得到最优结果。计算机自动布线、自动布局还可以引入了全局优化思想，那就更快速、更高效。

第四，用计算机来设计电路图，图纸设计出来后，不管是电子线路原理图还是印刷版图，都可以用设计软件来进行各种各样的自动检测，不但能检测电路的各项性能，如线间距是否合理，还有没有线未布通，线路连接是否与原理图的一致，而且还能在出错时，在设计图上标出错误的地方，给出出错报告，查找起来十分方便。

第五，随着 Internet 时代的即将到来，今后设计电路可以在 Internet 网上进行，世界各地的工程师可以坐在各自的办公室、家里，通过计算机网络共同设计同一产品的原理图，再根据原理图，共同在网络上设计出印刷电路板图，再把设计好的电路板图通过计算机网络传送到世界各地的加工工厂，若工厂发现图纸因工艺等原因需要修改，通过网络可立即与各位工程师沟通。

第六，计算机设计的电路图，保管起来就方便多了，原来要一个大柜子才能放下的图纸，现在用一张小磁盘就可装下，携带起来也十分方便。

1.2 电路板设计流程

如何设计一个电路板呢？我们来看看下面这个设计流程：

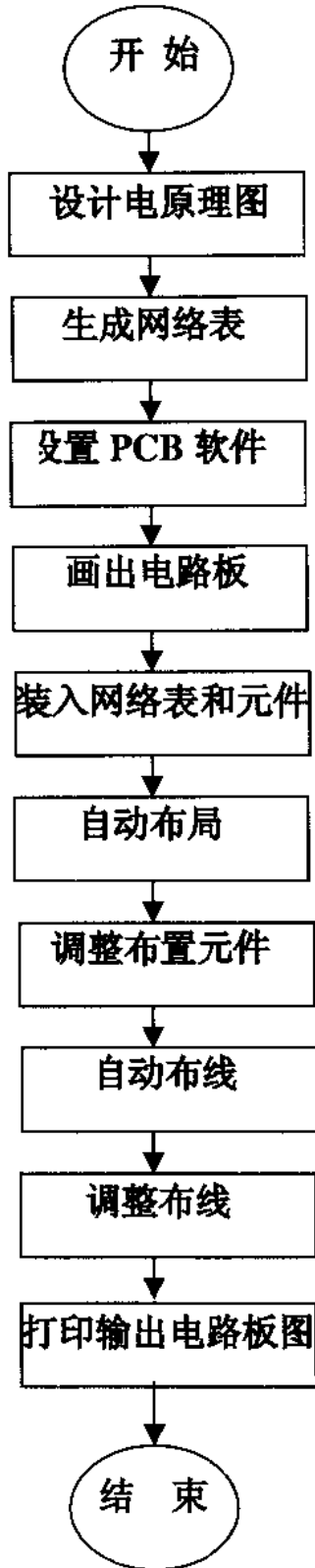
首先，我们应该用 Protel Advanced Schematic 软件设计出电原理图，经过电气检测，修改完成，确定无误后，才可以生成网络表，网络表是 PCB 软件进行自动布线、自动布局的依据，如果电原理图有错，就不能保证生成的网络表正确，从而影响 PCB 软件进行自动设计。

接下来，我们打开 Advanced PCB Design 设计印刷电路板，设置适合自己习惯的工作环境，修改后的环境设置参数，下次启动 PCB 时仍然有效。

在装入网络表前，我们可以先定义好板子的大小、尺寸、形状等。

装入网络表后，首先检查是否有元件没有装入，如 PCB 元件库中没有这个元件，这个元件就可能漏掉，如漏掉了可手动装入，或重新装入，也不能多装入元件，要装入完元件并与网络表一致后才可以布局。

网络表装入无误后，就可以布局了。布局前可以把一些重要的元件如插座、电源等先布，并锁定它们。然后利用 PCB 的自动布局功能，把元件展开，但是，自动布局的结果一般来说不会很理想，这就需要我们手工来调整元件的布局，需要注意的是复杂电路的布局要认真、仔细对待，往往在布线快结束时，出现了问题，还得回过头来重新布局，所以，布局时我们应该有充分的准备，尽量用手工多布一些元件。



布局完成后，就可以布线了。

布线之前，首先要进行设置：布线的线宽、线间距、线到焊盘、线到过孔、过孔间距、焊盘间距、过孔大小、焊盘大小、线在哪层等，间距不能太小，要符合您的生产厂的工艺要求，太大了又会影响布线的布通率。

在自动布线之前，先用手工将电源线、线宽不同的网络，您也可通过设置来布不同的网络，还可以按您设置的次数反复进行布线，直到得到最优结果。

手工处理完成后，就可以自动布线了。

如果自动布线布通过率不到 95%，剩下的线得全靠您手工来布，那工作量可就大了，那就说明您的元件布局不合理，或者元件之间间距不合理，那就需要您重新调整元件布局来布线了。

计算机自动布线时，布出来的线都是垂直走线，可转拐次数有限（一般为 6 个拐），所以复杂的线路会有很多线要手布，即使板上走线的空间还很大。

布线的好坏会对最后产生的电路性能有影响。尽管，PCB 自动布线的布通率非常高，有时我们还是需要手工来布线。

自动布线后，我们可以将未布通的线用飞线表示出来，再用手工调整布线，将未布通的线全部布通。

全部布通后，就可以修改丝印层字符大小、位置、方向了，以供电路板上印字需要。

然后，就可以进行设计规程校验（DRC）了。DRC 检验主要检验线间距、线孔间距、孔间距等不符合规范，有没有线没有布通过等，如检验有错误，则要回头修改直到没有错误。

如果 DEC 检验无错误，则可以将生成的 PCB 图网络表与原理图生成的网络表进行比较是否一致，如不相同就要进行修改并进行 DRC 检查，直到一样。

如完全没有问题，电路图纸设计就完成了。然后就可以用打印机、绘图仪或制版机打印各种图纸了——原理图、制板图、打孔图、阻焊图、丝印图、装配图，也可以生成供数控钻床自动打孔的打孔文件了。

打印阻焊图时要注意设置好相关参数，阻焊图的焊盘要比实际焊盘略大。

要设计出高质量的 PCB 图，布线时有些问题还是值得我们重视的：对模拟电路的布线注意处理地线之间的关系，线的长度要短，不要与弱信号输入线平行布线，避免受到干扰。还要注意使用线的宽度，大电流信号线和电源、地线要用较粗的线来布，而数字信号应该用较细的线来布。在此，我们建议您布线时，先手工将重要的线布通，次要的线交给 PCB 来布，对于未布通的线，结合自己的布线经验来完成，最后进行设计规程校验。

1.3 电路板设计基础知识

本节对在电路板设计过程中的一些基本概念做一简单解释，读者在进行电路板设计时可作为参考。

板层 电路板是由许多层组成的。我们平常所说的几层板指的是敷铜层的层面数。敷铜层一般包括顶层、底层、电源/接地层、中间层。

焊盘 焊盘是用来固定元件引脚，引出连线的。

过线盘 又叫过孔，在布双层板或多层板时，需要连通两层上的铜箔线，我们用过线盘将它们连接在一起。

连线 连线就是有一定的宽度、一定的形状、一定的方向的线条。PCB 设计便是靠连线来实现电路功能和性能的。

元件 在电原理设计中，元件是电路功能模块，是一些电路图符号。在 PCB 设计中，元件是电子元件的封装。

网络和网络表 从元件的某一个引脚上到其他引脚或元件的电连接关系称作网络。将一个完整的电路中的所有网络综合在一起，加上对元件的描述，就构成了网络表。

栅格 栅格是在 PCB 编辑环境中的位置参考和光标的定位。

飞线 飞线是指在 PCB 图中装入网络表后屏幕上出现的预拉线，布线完成后，就变成了铜膜连线。

Protel 的发展和特点

Protel 是澳大利亚 Protel 公司在 90 年代初开发出来的电子线路辅助设计软件包，虽然当时推出的只是 DOS 版本，但是由于其简单、实用并能支持鼠标操作，与其他软件比较起来更为方便地设计电子线路，并首次提供了自动布线功能，这么多优点，难怪 Protel 能成为实用电路设计软件的代表了。

进入 90 年代，微软公司推出了 Windows 操作系统，使人机交互更加容易，界面更加友好，许多软件公司为了利用 Windows 操作系统的强大功能，纷纷将其 DOS 版本升级至 Windows 版本，Protel 公司也不例外，推出了第三代电子线路设计辅助软件 Protel For Windows。它能与 Windows 操作系统完全兼容。

Protel 软件包括：

Advanced Schematic：绘制电路图、编辑零件库、生成网络表。

Advanced PCB Design：设计印刷电路板。

Advanced PLD/EPGA Design：设计 PLD（可编程逻辑器）、EPGA（可编程场效应晶体管阵列）。

其他模拟程序：如数字电路模拟器（Digital Simulator）、混合信号模拟器（Mixed Signal Simulator）等。

Protel 电子线路设计软件所具有的强大功能在许多电子线路设计软件所无法比拟的，下面我们就来看看它具有哪些功能：

Protel Advanced Schematic 可以在不退出的情况下直接执行电路模拟程序、印刷电路布线程序等；它既可以产生单张的电路图，也可以产生多重式电路图、层次式电路图等；它还可以产生 30 多种网络表，其中包括工业标准的 EDIF2.0、层次式 EDIF2.0、SPICE 等格式；可以进行电气法则检测，确定电路是否有严重错误；提供了排列整齐或分散零件的工具；有超过 15000 种零件，并有 ANSI、Demorgan 和 IEEE 格式选择；用户可自定义图纸边框；完全兼容其 DOS 版产生的电路图文件等等。

Protel For Windows PCB 融入了全局优化的思想，自动布局的结果可以直接使用，自动布线成功率可高达 99% 以上。PCB 板子的最大尺寸为：100X100 平方英寸（2540x2540 平方毫米）；走线方式包括：任意角度走线、90 度走线、45 度走线、圆弧走线。提供的敷铜

层面有上、下层面、14 个中间层、4 个电源/地线层，非敷铜层面有 1 个禁止布线层、上下丝印层、4 个机械层，还可以生成上下阻焊层、上下阻粘层、钻孔图层等；不用退出 PCB 环境就可调用原理图设计软件；线宽可到 0.001mil；还提供在线 DRC 功能，将不合要求的地方直接在设计图上标出来；输出 PCB 图前可以对元器件重新编号等等。

1.4 运行 Protel 软件配置

Protel 软件对系统硬件配置要求不高。其最低配置为：

硬件需求：386D×2/66 以上 PC 机。

内存 4 兆以上。

硬盘 12 兆以上空间。

运行于中英文 Windows 3.x, Windows 95, Windows 98。

1.5 Protel For Windows 环境中的鼠标与键盘

在 Windows 电路设计软件中，鼠标和键盘的地位同等重要。本节主要介绍在电路设计环境中鼠标和键盘的操作。

在电路设计环境中鼠标的左键有选取功能，相当于按键盘上的 Enter 键；鼠标右键具有放弃功能。相当于键盘上的 ESC 键。

键盘上其他一些键功能如下：

Pageup 键	放大窗口，便于我们看得更清楚
Pagedown 键	缩小窗口，让我们看得更多
END 键	重画屏幕
+	正序切换工作板层
-	反序切换工作板层
*	切换布线板层
Space	切换走线转角模式
TAB	修改走线宽度
Backspace	恢复前一个操作
↑	光标上移一格 (20mil)
↓	光标下移一格 (20mil)
←	光标右移一格 (20mil)
→	光标左移一格 (20mil)
Shift + ↑	光标上移一大格 (250mil)
Shift + ↓	光标下移一大格 (250mil)
Shift + ←	光标右移一大格 (250mil)
Shift + →	光标左移一大格 (250mil)

第二章 Protel Sch 速成教程

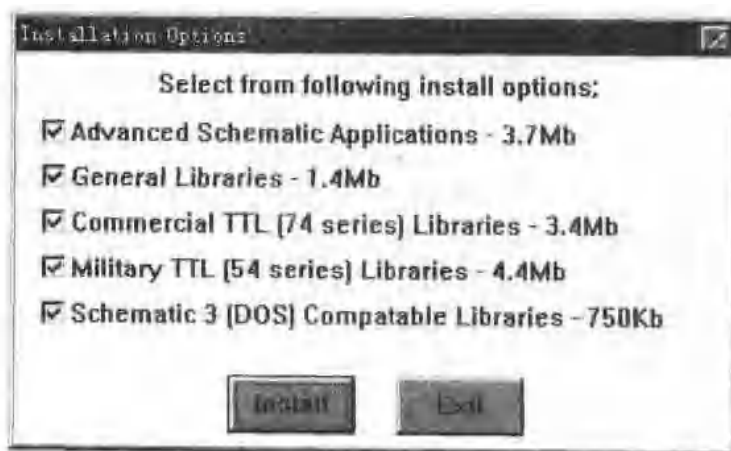
主要内容:

安装 Protel Sch
Sch 编辑环境和基本环境设置
绘制 Sch 原理图
Sch 画图工具板
Sch 画电路图工具板
建立层次电路
建立、使用自制零件库元件
生成报表、打印输出原理图
作品欣赏

从电子线路板设计流程我们知道，要制作出一块高质量的电路板，从原理图生成的网络表起到了举足轻重的作用，所以我们首先来看如何画出原理图。

2.1 安装 Protel Sch

进入 Windows 环境，将第一张安装软盘插入软驱，在文件管理器（Windows 3.X 环境）或资源管理器（Windows 95）中找到 SETUP.EXE，点两下后就会出现安装选项对话框，在这个对话框中我们来选择安装哪些应用程序：



我们可以在选项前的小方框内打钩，表示要安装此项应用程序。上图中各选项含义如下：

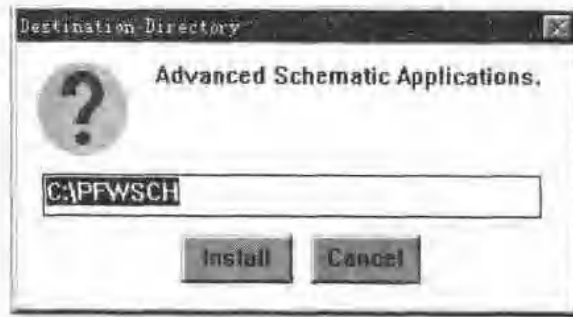
1. Advanced Schematic Application: 安装应用程序。
2. General Libraries: 安装一般零件库。

3. Commercial TTL (74 Series) Libraries: 安装商用 TTL74 系列 IC。
4. Military TTL (54 Series) Libraries: 安装军用 TTL54 系列 IC。
5. Schematic 3 (DOS) Comptable Libraries: 安装 DOS 版本的 Sch3 兼容零件库。

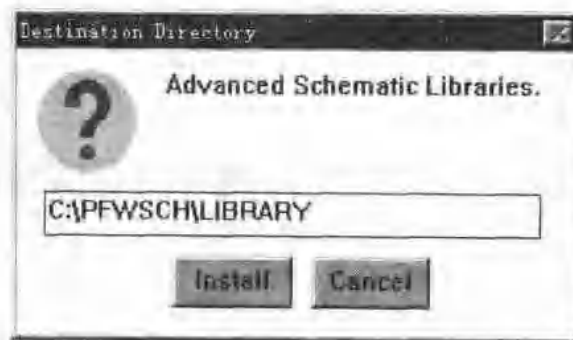
如果考虑到节约硬盘空间, 那么 54 系列 IC 元件库可以不安装。

点一下 Exit 可以退出安装。

选择好要安装的内容后, 点一下 Install 按钮, 我们就会看到安装路径对话框:

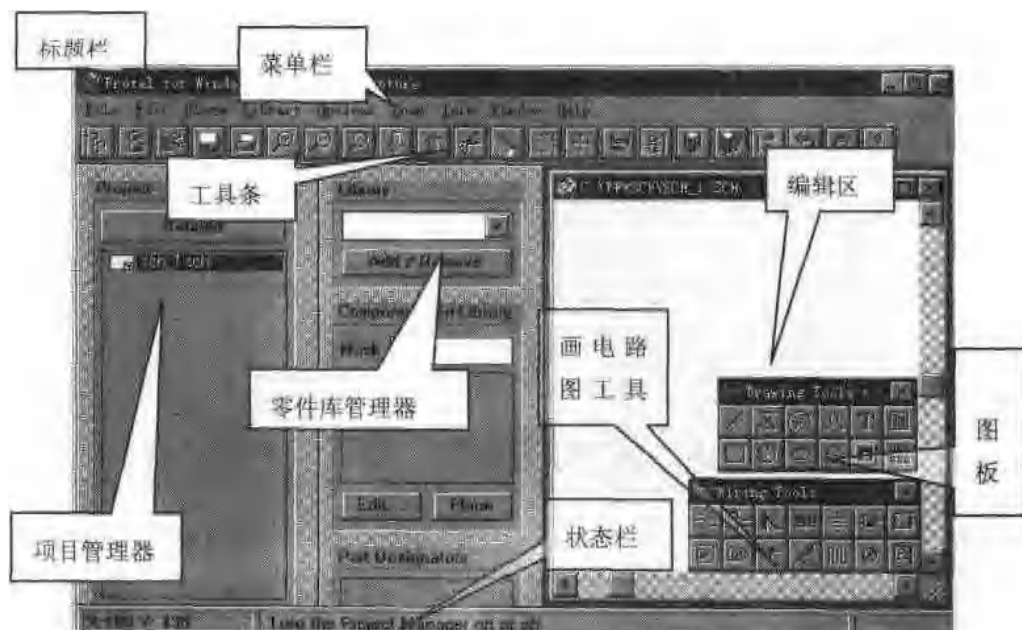


在对话框中间的方框里用鼠标点一下, 输入 C:\PFWSch, 这表示该程序是装在 C 盘下 PFWSch 目录下, 当然, 您也可以为程序指定安装到其他目录, 按 Cancel 按钮取消安装。在确定安装应用程序的路径后, 点一下 Install 按钮, 安装就开始了, 紧接着会出现库安装路径对话框:



按 Cancel 按钮可取消安装。用鼠标在对话框中间的方框内点一下, 就可以输入库安装路径了, 这里我们输入 C:\PFWSch\LIBRARY, 同样, 您也可以输入其它路径。确认库安装路径后, 点一下 Install 按钮, 安装就开始了。

2.2 Sch 编辑环境和基本环境设置



标题栏：在 Protel Advanced Schematic 环境的最上方是标题栏，用来表示当前所操作的软件。我们可以看到我们当前所操作的软件是 Protel For Windows——Schematic Capture。

菜单栏：Advanced Schematic 将所有的命令放置到九个菜单中。它们是 File 菜单、Edit 菜单、Place 菜单、Library 菜单、Options 菜单、Zoom 菜单、Info 菜单、Window 菜单和 Help 菜单。这里面有 Sch 的命令，还有各种切换开关、设置参数等。

工具条：这些按钮是 Sch 部分命令的快捷方式，它们也可以在菜单中全部找到相对应的命令。Sch 有在线帮助功能，只要您把鼠标移到工具条上的按钮，几秒钟后，就会在状态栏中显示该按钮的功能，十分方便、简捷。

画图板：我们可以用这里面的工具画出一些不具有电气意义的图案。例如：直线、弧线、矩形、圆、椭圆等。

画电路图工具板：我们可以在它上面选择工具画出具有电气意义的图案。例如：导线、总线、支线、节点、I/O 端口等等。

项目管理器：我们可以将一个复杂的电路图分成几个小电路图，用项目管理器来进行管理、设计，即建立层次电路图。

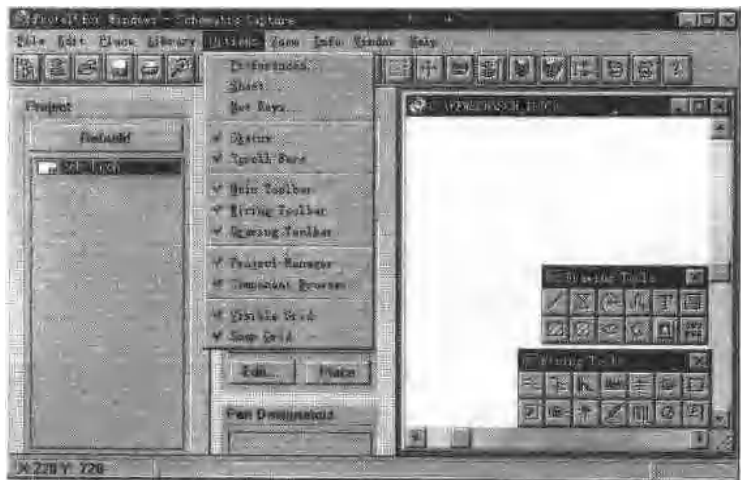
零件库管理器：可以装入零件库、删去零件库、加入新库、调用零件等，我们也可以从零件库管理器中取用和放置零件。

编辑区：编辑区是我们的工作环境，是我们的作图区，我们所画的电路图就显示在该区域上。

状态栏：状态栏上显示的是当前光标位置和命令状态。

Protel Advanced Schematic 是高度集成化的电路设计软件，它可以大大提高我们的电路图设计效率。

进入 Protel Sch 后，我们可以设置工作环境，以便更适合自己的工作习惯。



从 Options 菜单中选取 Preferences 命令。屏幕上就会出现 Preference 对话框。

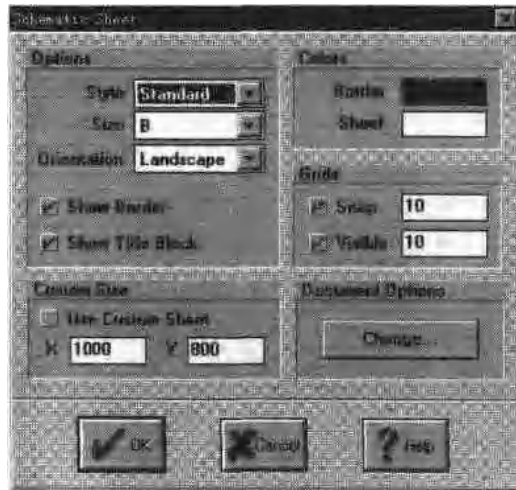


各项参数设置含义如下：

Selections	元件选择后呈现的颜色，默认是黄色
Grid Color	工作区栅格点的颜色，默认是灰色
Cursor Type	光标形状（十字光标、大光标、小光标）
Visible Grid	可视栅格点形状
Undo Limit	可设置复原次数，该次数越大，占用的内存空间就越多
Auto Pan	光标移到工作区边缘时，程序自动移动图纸
Save Defaults	将设置值存储为默认参数
Clipboard Reference	设置剪贴板参考点，即在剪切或拷贝时，要求操作者定位剪切或拷贝的位置
Orcad (TM) Ports	I/O 端口长度设置成 Orcad 模式选定后，按 OK 按钮就可以了

下面让我们来设置图纸格式，从 Options 菜单中选取 Sheet 命令，出现图纸属性对话框

框:



各项参数设置含义如下:

Options 栏

- Style 设置图纸格式
- Size 设置图纸尺寸 (A3,B4,A4 等)
- Orientation 选择图纸方向 (Landscape 是图纸横摆)
- Show Border 显示边框
- Show Title Block 显示标题栏

Colors 栏

- Border 边框颜色, 默认是黑色
- Sheet 图纸底色, 默认是浅黄色

Grids 栏

- Snap 锁定格点, 光标以设置单位做跳转
- Visible 图纸上显示的实际格点, 不影响光标移动

Custom Size 栏

- Use Custom Sheet 使用自定义图纸 (X,Y 为图纸宽度、长度)

在 Document Options 栏中按 Change 按钮可设置文件的一些信息。