

Protel 电路绘图入门提高捷径

本书作者: kmsj。

作者声明: 本书是综合电子论坛 (www.avrw.com) EDA 开发与应用栏目的内部交流资料, 只限于综合电子论坛的会员阅读, 任何网站和其他媒体不得转载。

前言

在世界范围内, 据说 EDA 的主流软件是 Cadence、Mentor、Power PCB 等专业性很强的电路绘图软件, 这些软件主要表现在自动布线、电路仿真、集成电路设计等方面, 相比之下, Protel 电路绘图软件就显得有些不够专业, 有人把 Cadence 比喻为专业相机, 把 Protel 比喻为傻瓜相机, 使用专业相机需要很高的摄影专业水平, 傻瓜相机是傻瓜都会用的相机。笔者认为, 熟练掌握专业相机拍摄的照片, 确实质量很高, 如果没有熟练掌握专业相机拍摄的照片, 恐怕连傻瓜相机拍摄的照片都不如。同样道理, 是不是所有的电路图都需要用 Cadence 来绘制呢? Protel 就一文不值了吗? 笔者认为, 要用一分为二的观点来看待问题, 第一、首先要承认 Cadence 确实是很专业的电路绘图软件, 也必须承认 Protel 在一般的电路绘图里还是有一席之地, 并不是所有的电路都需要用 Cadence 绘制, 这就应验了中国的古话: “杀鸡, 不要用牛刀, 大炮, 不要去轰蚊子”。说具体一点, 元件数量不

上千、没有特殊要求的电路，用 Protel 绘制是可以胜任的，任何学习电子技术的初学者，不可能一开始就绘制电脑主板、集成电路设计、高频电路等专业性很强的电子线路；第二、所有的电路绘图软件，Protel 的学习和操作比较简单，放着简单、易学的 Protel 不用，去学习专业性很强的 Cadence，就是走弯路；第三、任何一个软件都有其优缺点，扬长避短是做任何一件事的准则，这就要求不能保守，就算学精一种电路绘图软件，在有条件的情况下，多学几种电路绘图软件十分有必要。

Protel 是众多电路绘图软件中使用得较多的电路绘图软件，国内几乎所有的生产印制板专业厂家都使用到 Protel，介绍有关 Protel 电路绘图的书实在是太多了，从早期的 DOS 版本到目前的 Protel 最新版本——Protel DXP，然而，这些书几乎是千篇一律地介绍 Protel 的基本操作，很少有介绍绘图技巧方面的。笔者曾经在国家级电子刊物上发表过数篇有关 Protel 电路绘图技巧的文章，从 Protel 1.0 一直写到 Protel 99，那些文章比较长，多数分几期刊登，但是，笔者最终放弃了发表文章，主要原因是在刊物上发表技术性文章限制太大，后来又想到写书，但是，写书的道路实在是太艰辛了，特别是写电脑方面的书，你还没有出版，或许你写的书就已经过时了，这也可能是多数 Protel 电路绘图的书，质量不太高的原因之一。最后，笔者终于选择了网络传播方式，并且

认为有很多好处，第一：本书直接面对需要的人，在刊物上发表，需要的人可能看不到，不需要的人看了也白看；第二：本书以实际操作为主，一改其他的书千篇一律地介绍基本操作，第三：本书接受读者的批评指正，可以随时更改，几乎任何一本书最后都有这样一句话：“本人水平………，欢迎批评指正”，大多数情况下，这句话是废话，就算发现有错误，怎么改？把原来的书废掉重印？这要花多少银子？第四：学习 Protel 的最终目地在于掌握正确、合理的绘图方法，本书在实际操作和真正接受读者批评指正的情况下，尽量总结出正确、合理的绘图方法，使读者在短期内迅速掌握 Protel 电路绘图的精华，这些正确、合理的绘图方法，不论是使用哪个版本的 Protel 软件，还是其它电路绘图软件，应该是永不过期的。

本书以掌握正确、合理的绘图方法为主，并不是针对某个版本的 Protel 软件，纵观 Protel 电路绘图软件的发展，Protel for windows 1.0，使 Protel 从 DOS 版本过渡到 windows 版本，简化了许多操作，Protel98 的网络布线具有自动删除原来的布线功能，加快了手工布线的速度，Protel99 增加了同步器，大大简化了网络布线的操作，Protel99SE 改进了 Protel99 的一些错误，Protel DXP 则以 Win XP 界面为主，又增强了许多功能，但是，从入门和提高的实际角度考虑，Protel99SE 是目前最为合适的，第一：Protel99SE 是 Protel99

的改进版本, Protel99SE 继承了以前版本的所有精华; 第二: Protel99SE 对系统要求不是很高, Win98 的操作系统下运行比较稳定, Protel99 DXP 必须在 Win2000、WinXP 的操作系统下才能运行; 第三: Protel99SE 的操作相对要容易些, Protel99 DXP 的操作非常繁琐, 不适合入门和提高。

既然是捷径, 内容就不能太复杂, 越简单、越容易理解越好, 绘制单面 PCB 版对于入门提高很重要, Protel 电路绘图重在实践, 单面印制板的制作费用最低, 以相同的价格更多地制作单面印制板本身就是一条捷径。

在写这本书的时候, 笔者大量参考了综合电子论坛 EDA 栏目很多会员发的帖子, 对写这本书的启发性很大, 特别是在专业术语和概念方面, 使笔者受益匪浅, 并且得到综合电子论坛总斑竹的大力支持, 在这里, 笔者对综合电子论坛总斑竹和所有会员表示衷心感谢!

综合电子论坛 chengxiaofan、jani.xu、sheme 三位会员最早请教过本人, 对写这本书内容有很大帮助, 在此表示感谢!

by 大侠是综合电子论坛 EDA 方面回复最多的会员, 在论坛里就是要发扬人人为我, 我为人人精神, 但愿所有的会员都向 by 大侠和回复最多、乐于助人的会员学习!

由于时间仓促, 作者水平有限, 只有能力写单面板绘图的操作, 多层板绘图、电路仿真、CPLD 设计等内容, 还有与电路设计有关的设计规则, 像高频电路、电磁兼容等概念

没有能力写,请读者参考其它书籍。笔者先将此书作为第一版本在综合电子论坛 EDA 栏目发表,请各位会员多提意见,笔者努力解决本书存在的各种问题。其实,笔者已经知道本书有问题,主要表现在对有些操作的叙述过于简单,目录层次可能有些乱。由于这本书的起点很低,是从从 Protel 的入门开始,在讲解时使用了界面图,再配合文字说明,就更容易表达软件操作,本来以为这样做会好一些,也能发挥网络图书带来的好处,但是,最好的方法是直接在界面图图里用汉字标注和说明,文字说明没有图片标注更直接,这就需要花费更多的时间和精力,为了让此书早日发表,这些问题在听取会员意见后,下一次再改进了。下次,也就是修改后的第二版,笔者尽量将此书的界面图讲解更完善,想办法做出超级链接,阅读和使用更方便。在绘图技巧方面,实例往往比长篇大论地说明更重要,本书的实例少了一些,下次增加实例篇,多有些实用的实例,这些实例,准备在综合电子论坛征集。

为了阅读方便,凡是出现“如图……”的地方,不必按图的编号去找图,这个图就在这句话的下面,或者是在这句话下面最近的地方,有些相同的图多次出现,也是为了阅读方便。

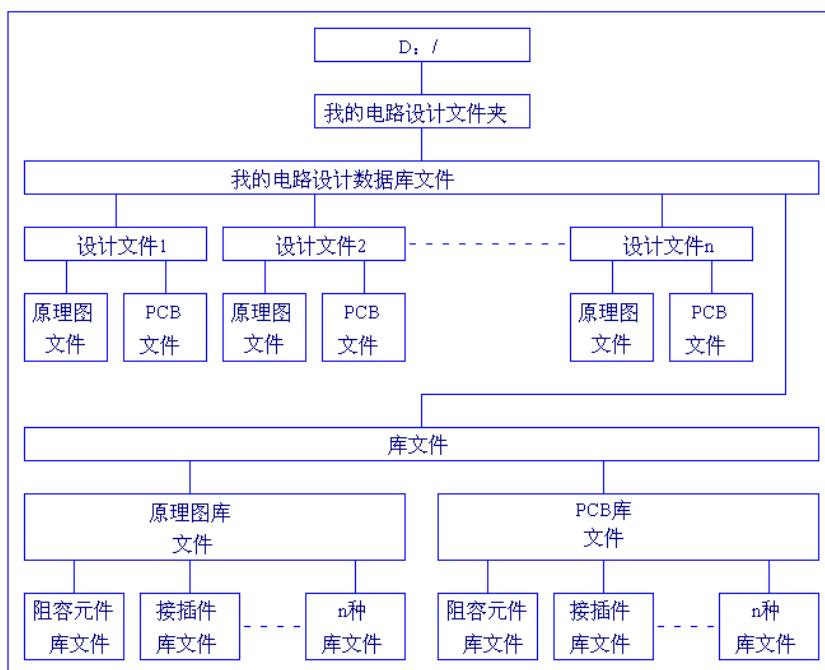
第一篇：入门篇

第一章：Protel99SE 的文件管理

Protel99SE 的电路文件，不同于 Protel98 版本以前的电路文件，Protel99SE 的文件采用了数据库文件，可以在一个数据库文件里完成所有需要的文件，包括原理图文件、PCB 文件、原理图库文件、PCB 库文件等，也可以在一个数据库文件里只完成一个文件，从方便于实际操作考虑，还是在一个数据库文件里完成所有需要的文件比较好，本书详细介绍在一个数据库文件里完成所有需要的文件和数据库文件的管理方法。

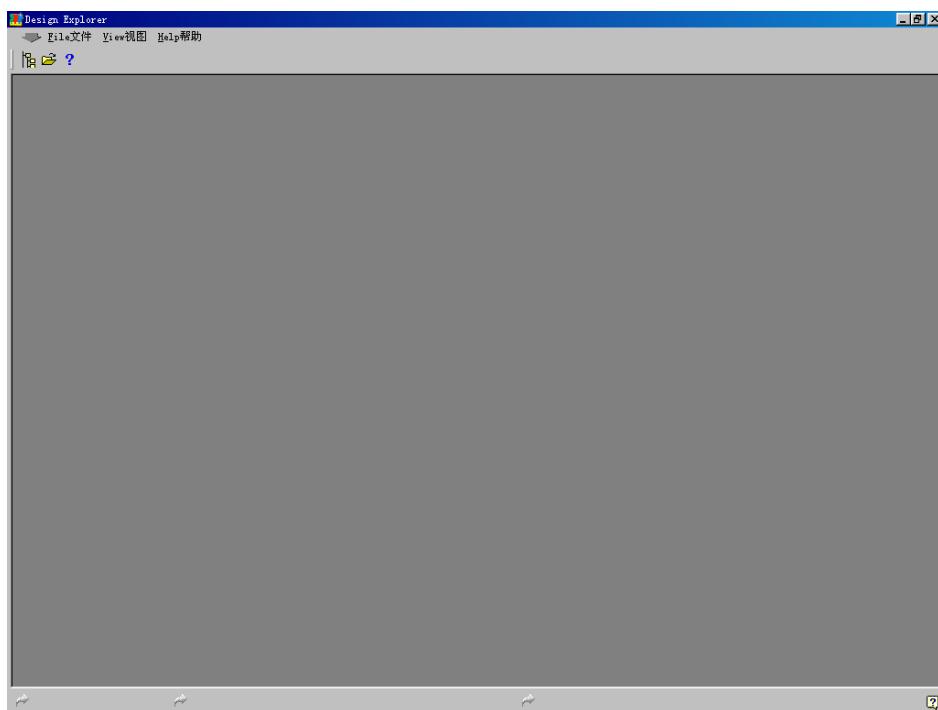
第一节：数据库文件的层次结构

在一个数据库文件里完成所有需要的文件，是笔者多年来总结的一点经验，无论是从文件管理方面还是从实际绘图操作方面，总是觉得得心应手，这样的层次结构如图 1-1-1。

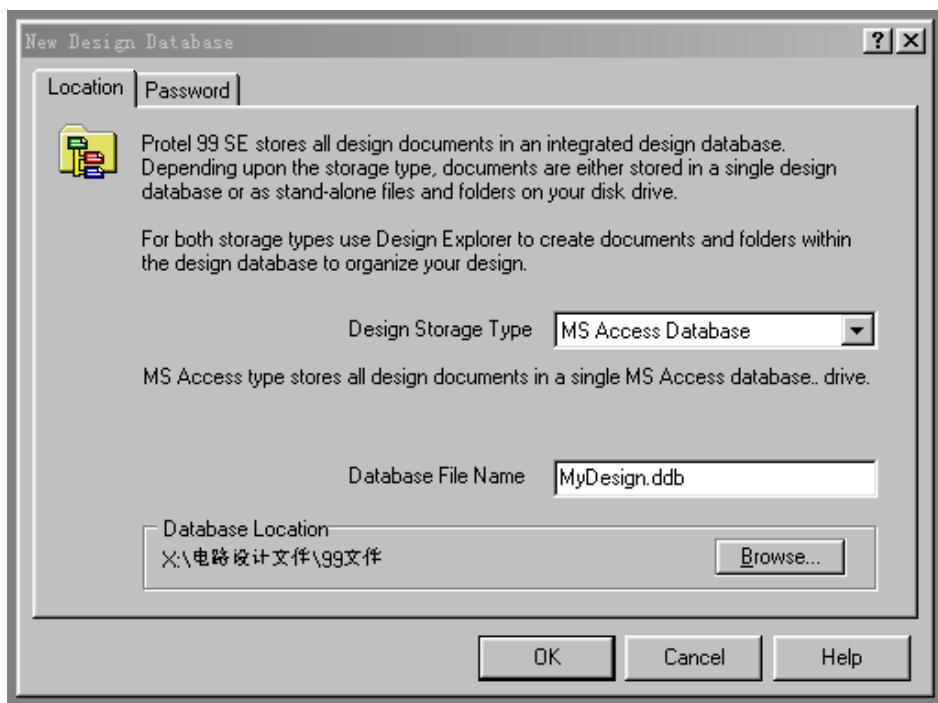


第二节：新建数据库文件

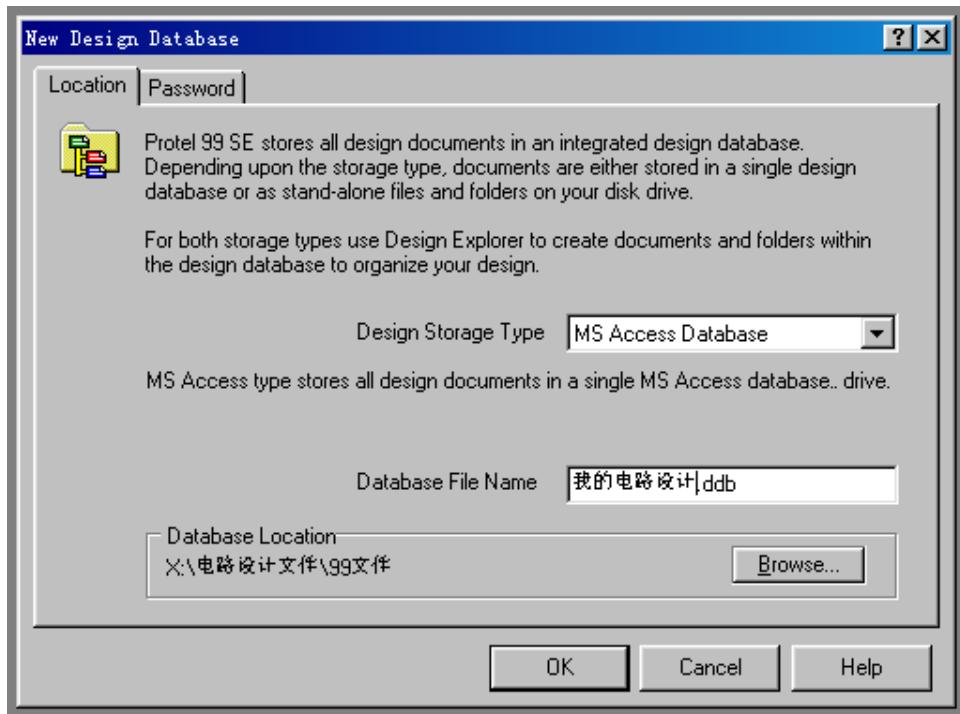
在开始菜单或桌面上单击或双击 Protel99SE 的启动图标，就打开了 Protel99SE，如图 1-2-1。



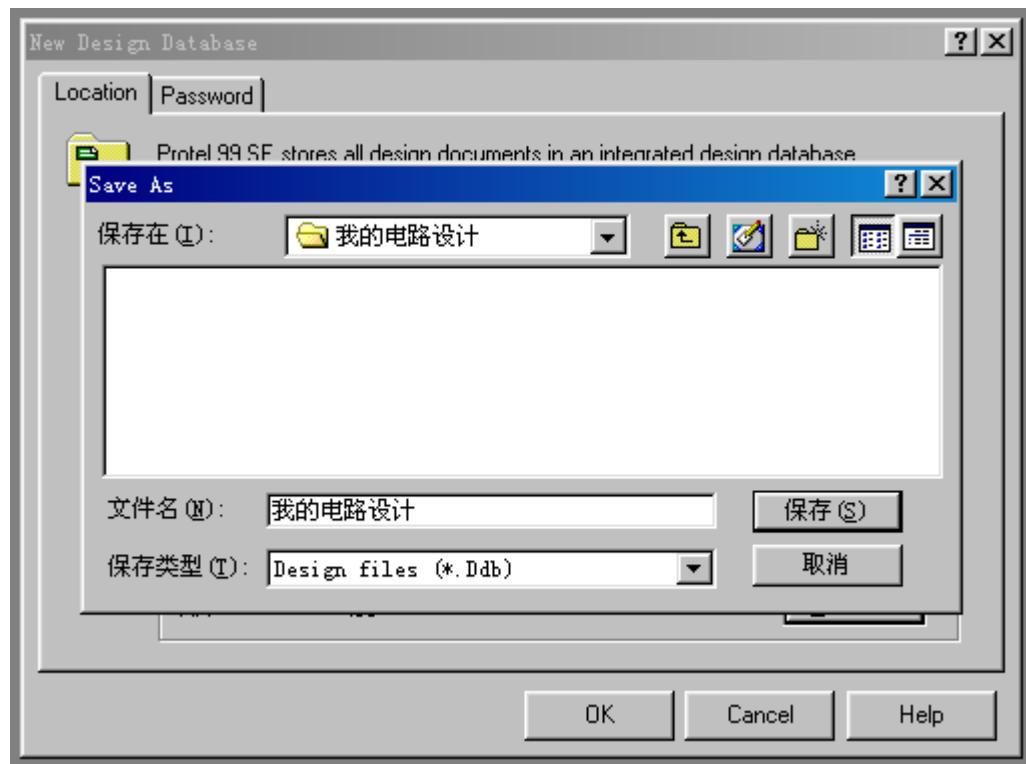
执行菜单命令：File/New（新建文件），就出现了新建数据库文件对话框，如图 1-2-2。



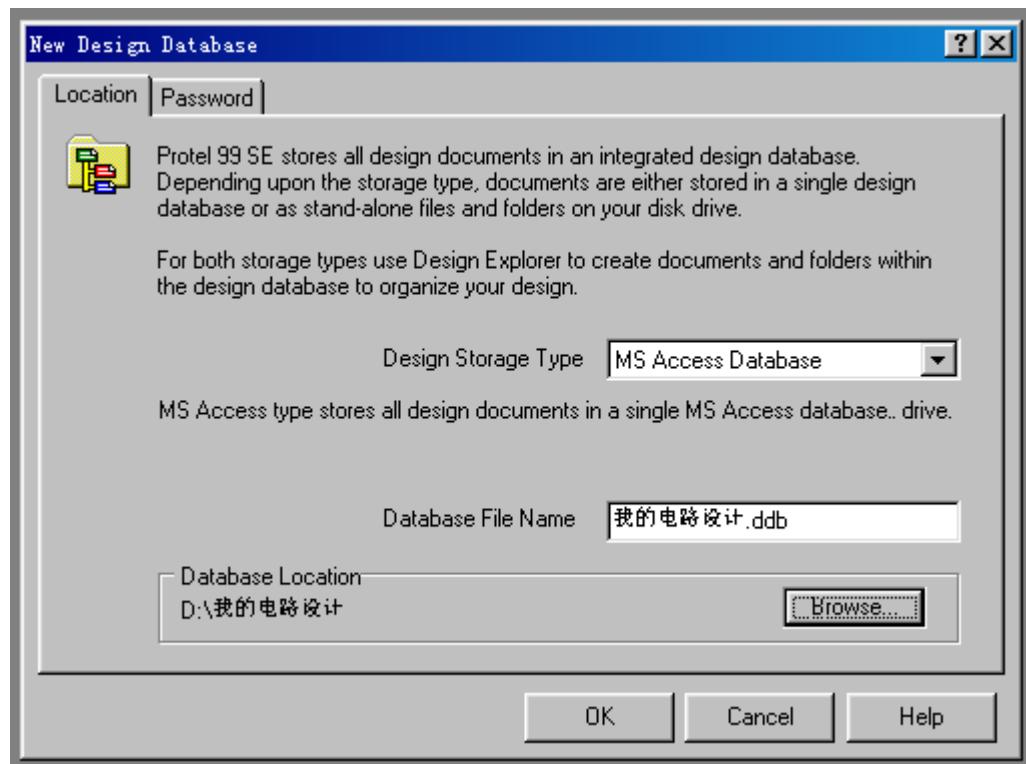
在图 1-2-2 的 Location (位置) 页面的 Database File Name (数据库文件名称) 栏目里输入新建的数据库文件名称，可以使⽤中文，把 MyDesign.ddb 改为我的电路设计.ddb，如图 1-2-3。



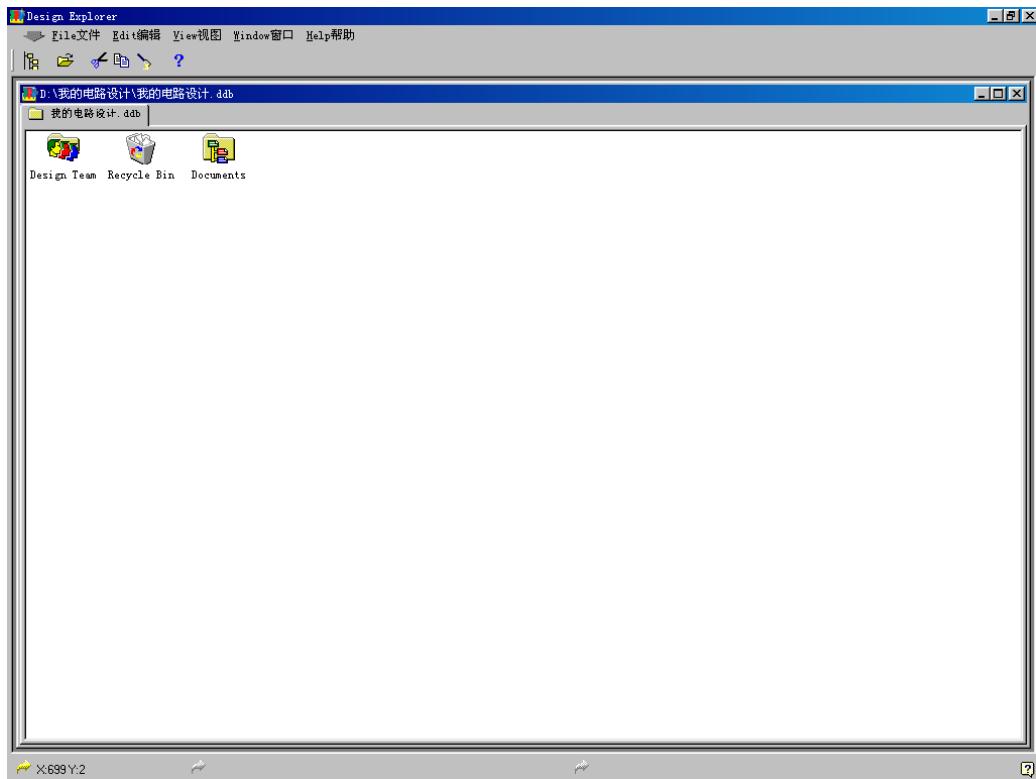
用鼠标点图 1-2-3 的 Location (位置) 页面的 Browse... (浏览) 按钮，弹出 Windows 系统的另存为文件对话框，实际上就是选择新建数据库文件的存放路径，这个路径千万不能选择 C 盘，如果 C 盘安装 Win98，则路径选择 D 盘，如果 D 盘安装 Win2000 或其它操作系统，则路径选择 E 盘，否则，当操作系统出问题的时候，想保住你的文件就比较麻烦，这是使用任何一个软件都必须注意的共同点。这里选择的路径是：D: /我的电路设计/我的电路设计.ddb。D 盘下面再新建一个文件夹的目的，是为了区分其它软件的文件，Protel99SE 产生的备份文件也产生在这个文件夹里，如图 1-2-4。



点保存按钮，选择路径的操作就完成了，如图 1-2-5。



用鼠标点图 1-2-5 的 OK 按钮, 新建数据库文件的操作就完成了, 如图 1-2-6。



可以看见, 路径为 D:/我的电路设计/我的电路设计.ddb 数据库文件下面有三个图标, 从左向右依次为: 设计队、回收站、文件夹, 如果是第一次使用 Protel99SE, 就可以用鼠标打开第三个文件夹, 在这个文件夹里新建一个原理图文件和一个 PCB 文件。

第三节：在一个数据库里新建各种文件

如图 1-2-6, 执行菜单命令: File/New (新建文件), 就出现了新建(各种)文件的对话框, 如图 1-3-1。

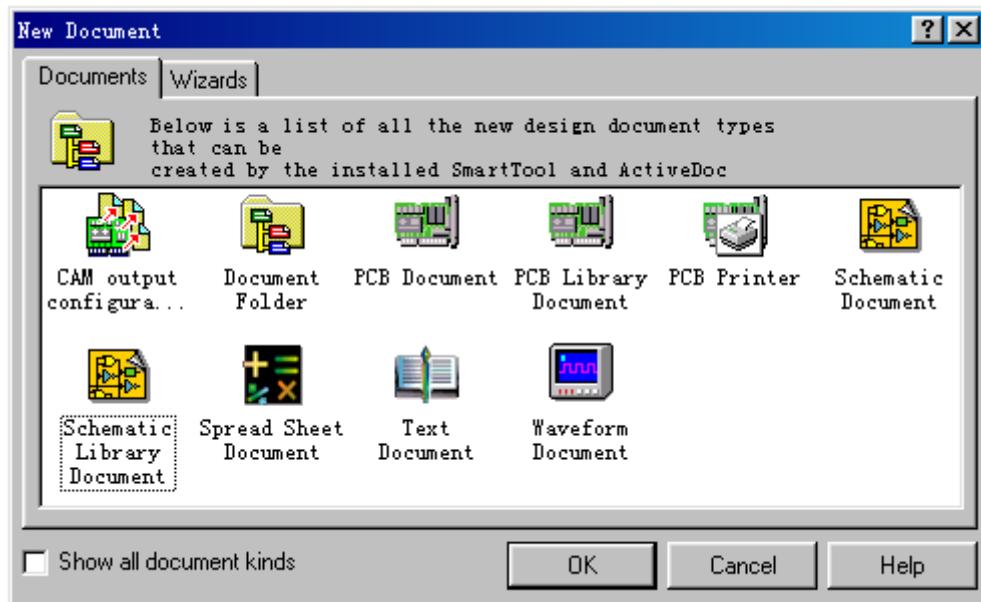


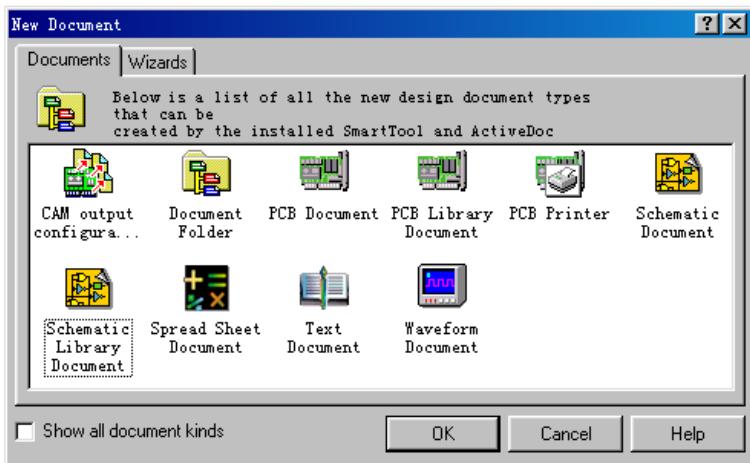
图 1-3-1 Docunmets（文件夹）页面的图标上排第二个图标是文件夹图标，第三个是 PCB 文件图标，第四个是 PCB 库文件图标，最后一个原理图文件图标，下排从左向右的第一个图标是原理图库文件图标，选中这些图标按 OK 按钮，或者直接用鼠标双击图标，就可以新建各种文件。

第四节：新建原理图文件和 PCB 文件以及原理图库文件和 PCB 库文件

上面已经简单介绍了新建各种文件的方法，强调的是路径和层次结构的重要性，这里详细介绍新建原理图文件和 PCB 文件的方法。

1、新建文件夹

如图 1-3-1，用鼠标双击上排左起第二个图标，



就出现如图 1-4-1。

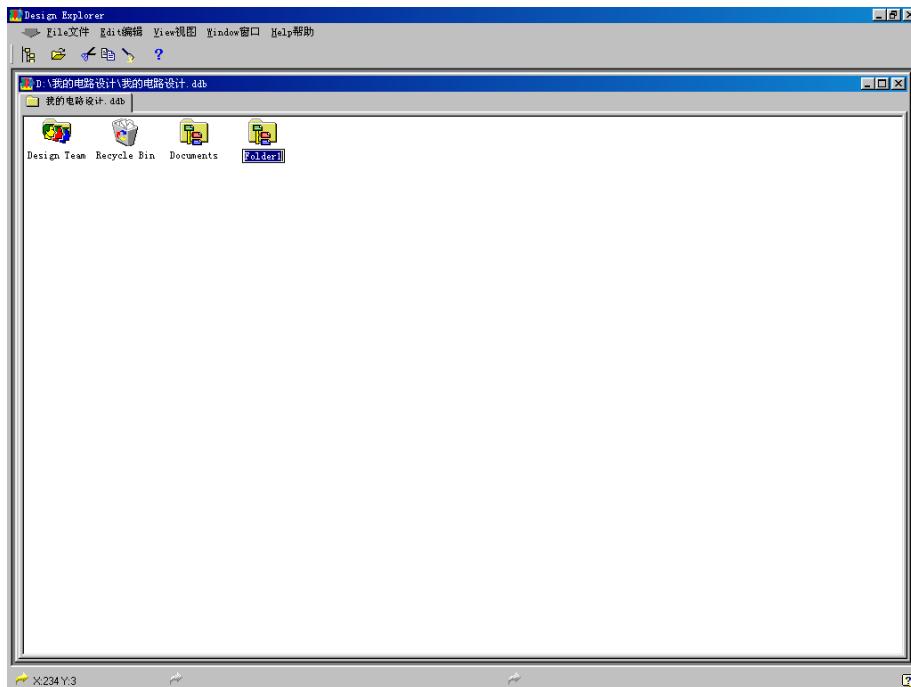
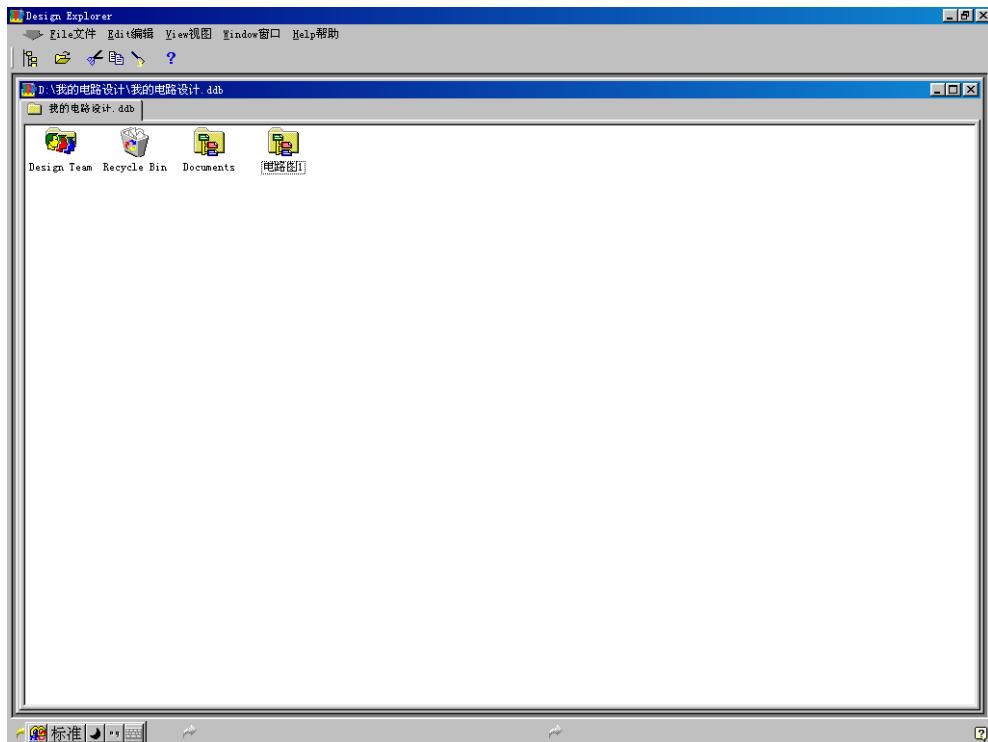
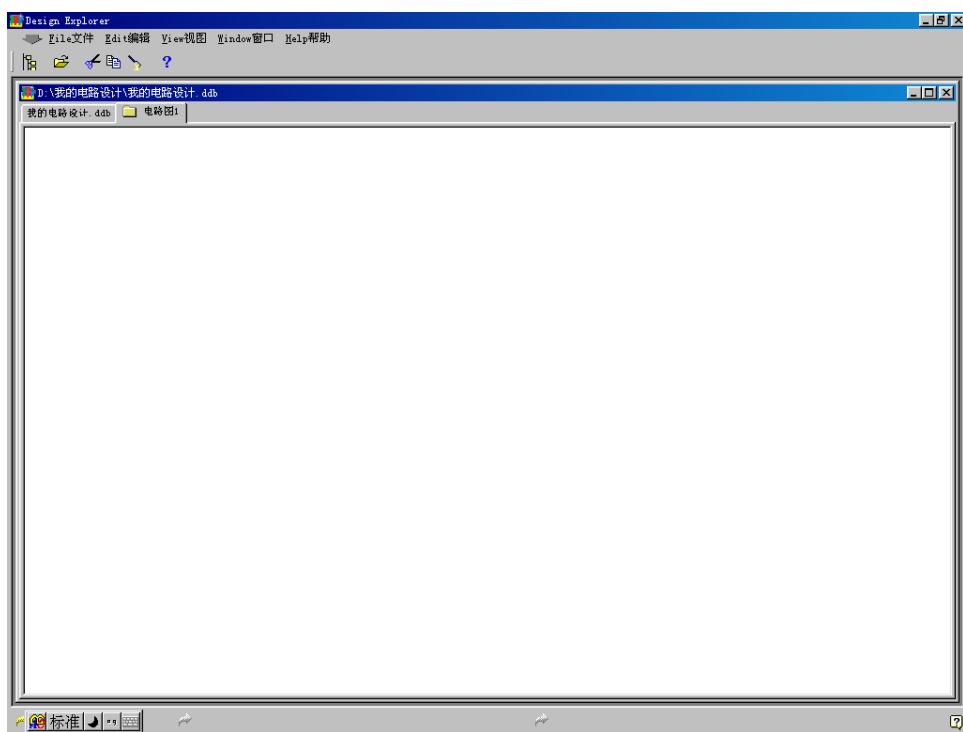


图 1-4-1 里多了一个名为 Folder1 的文件夹，这时候把输入法设置为中文，用鼠标先点一下空白处，单击 Folder1，一秒钟后再单击一次，将 Folder1 改为电路图 1，如图 1-4-2。

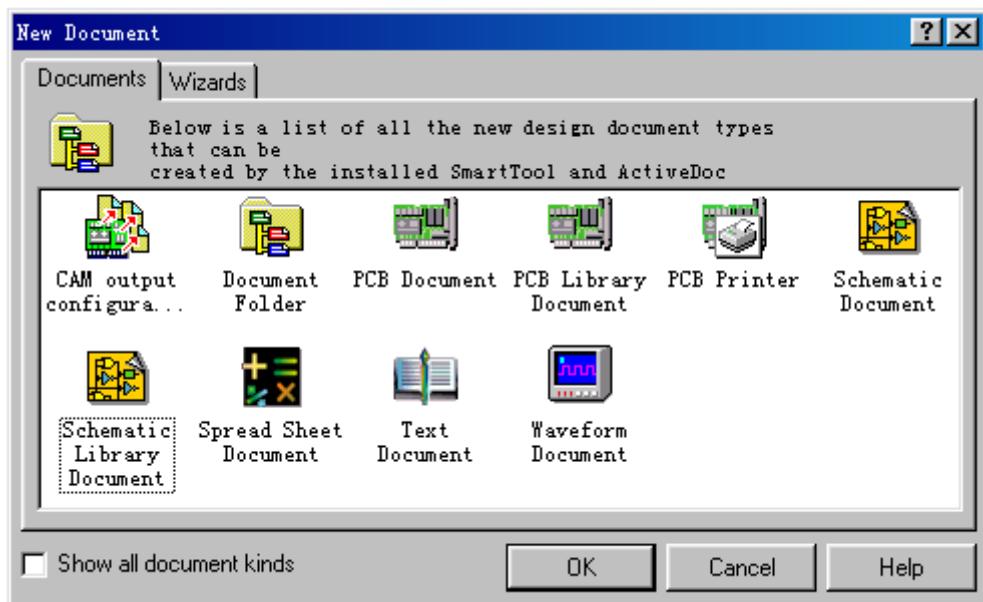


用鼠标双击电路图 1 图标，打开电路图 1，如图 1-4-3。

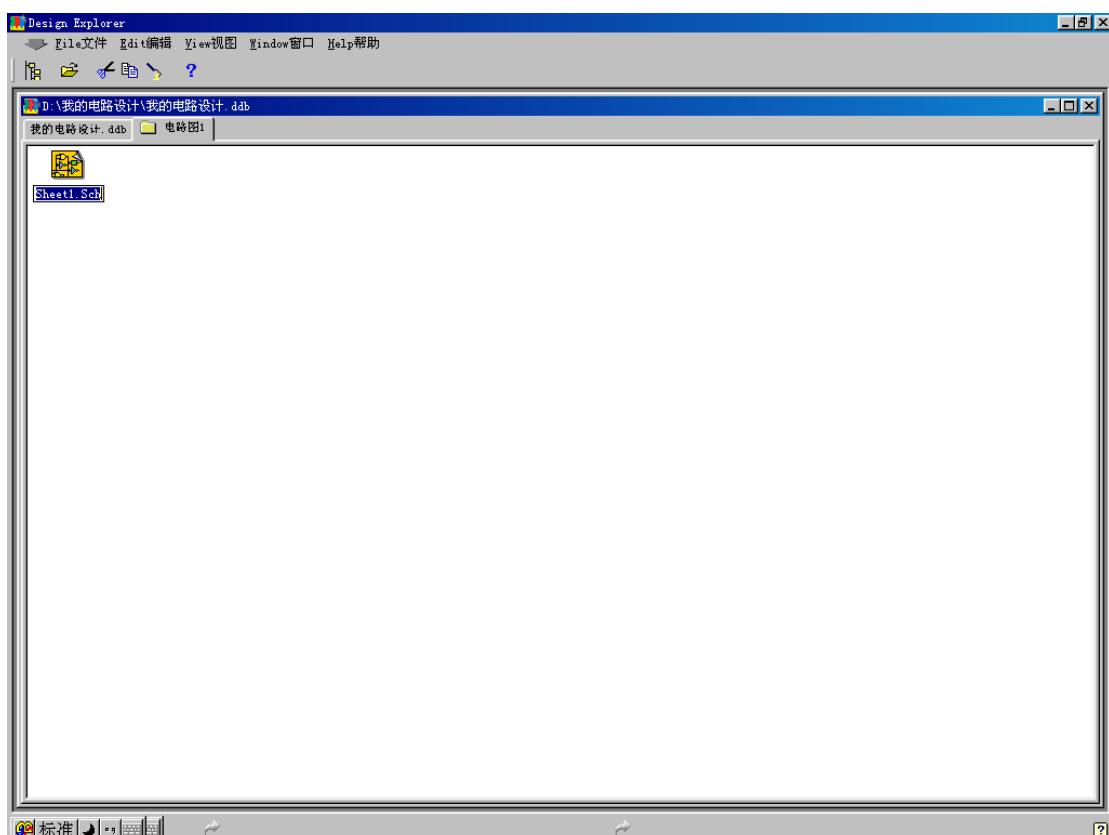


2、新建原理图文件

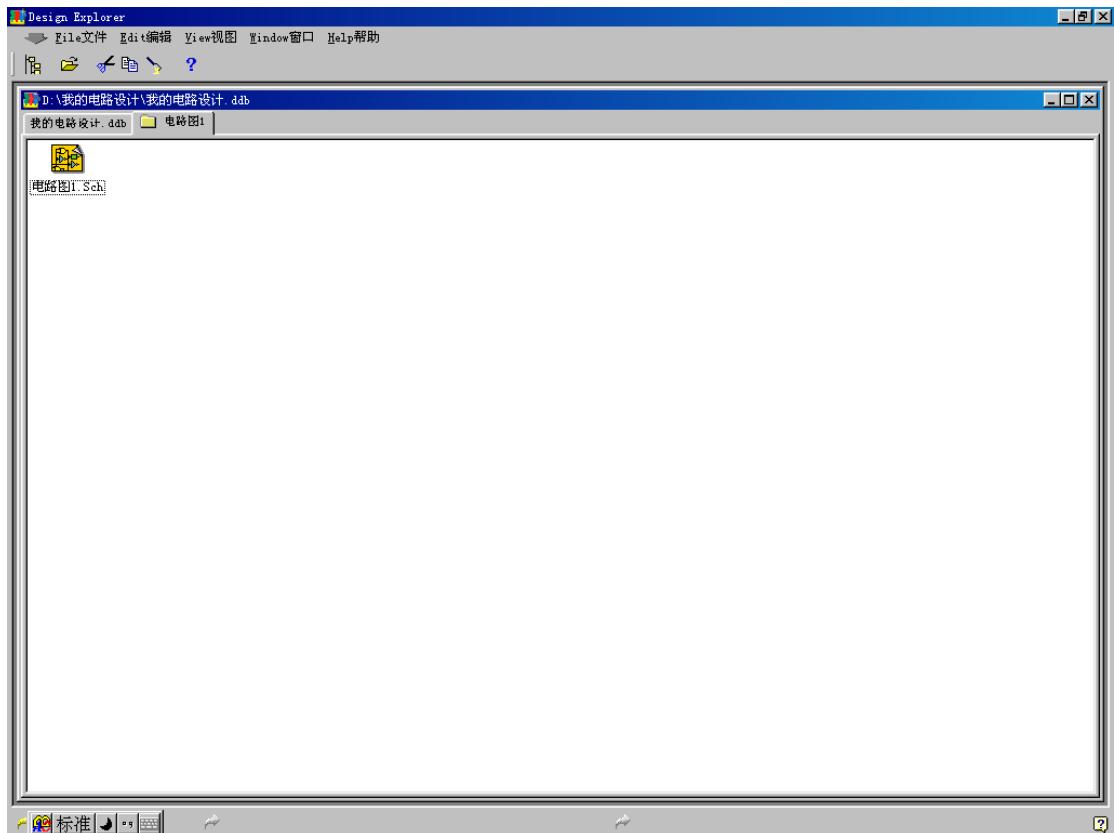
执行菜单命令：File/New（新建文件），如图 1-3-1。



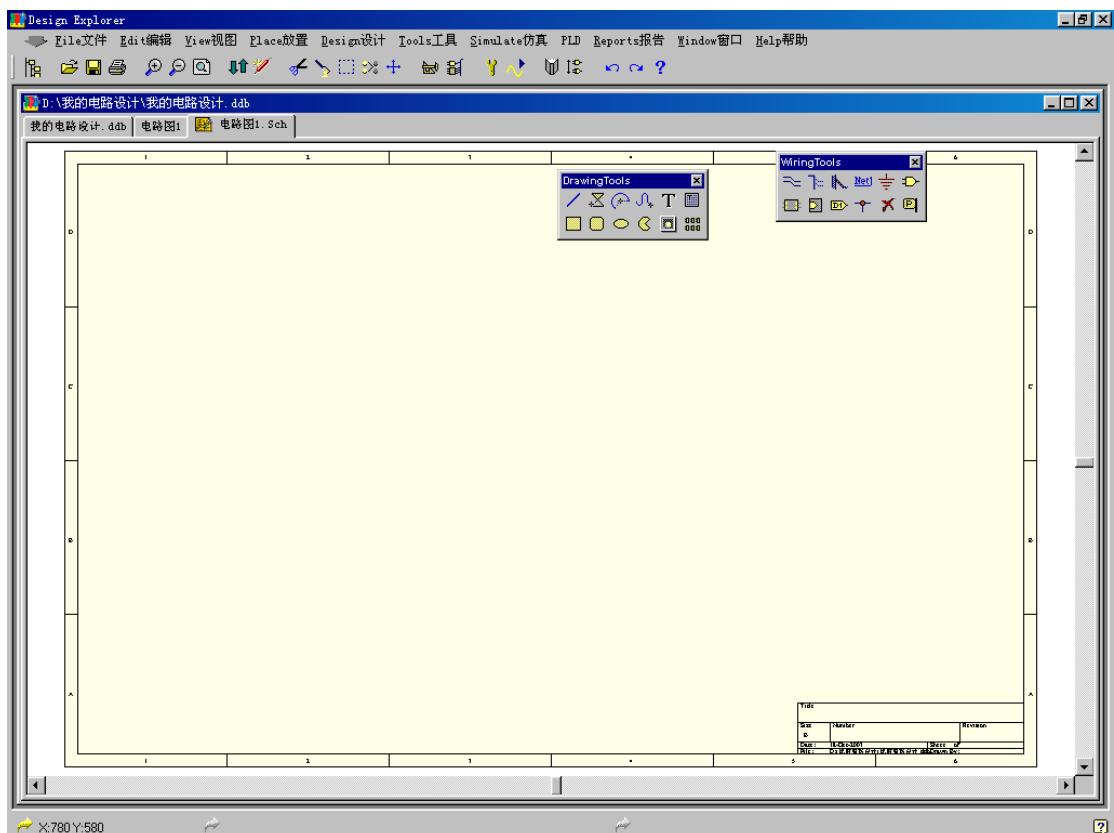
用鼠标双击上排左起最后一项图标,如图 1-4-4。



就出现了名为 Sheet1.Sch 的原理图图标,用上面介绍的方法,把 Sheet1.Sch 改为电路图 1.Sch,如图 1-4-5。

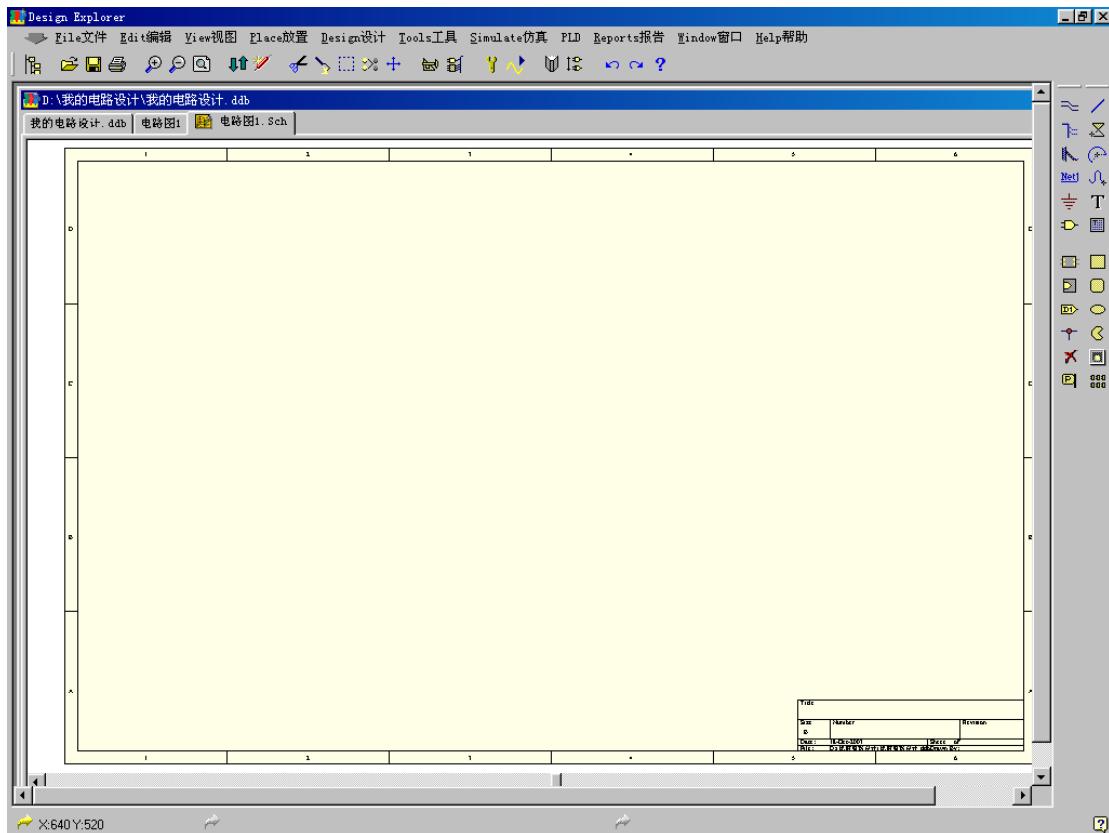


双击电路图 1.Sch 图标，就打开了电路图 1.Sch，如图 1-4-6。



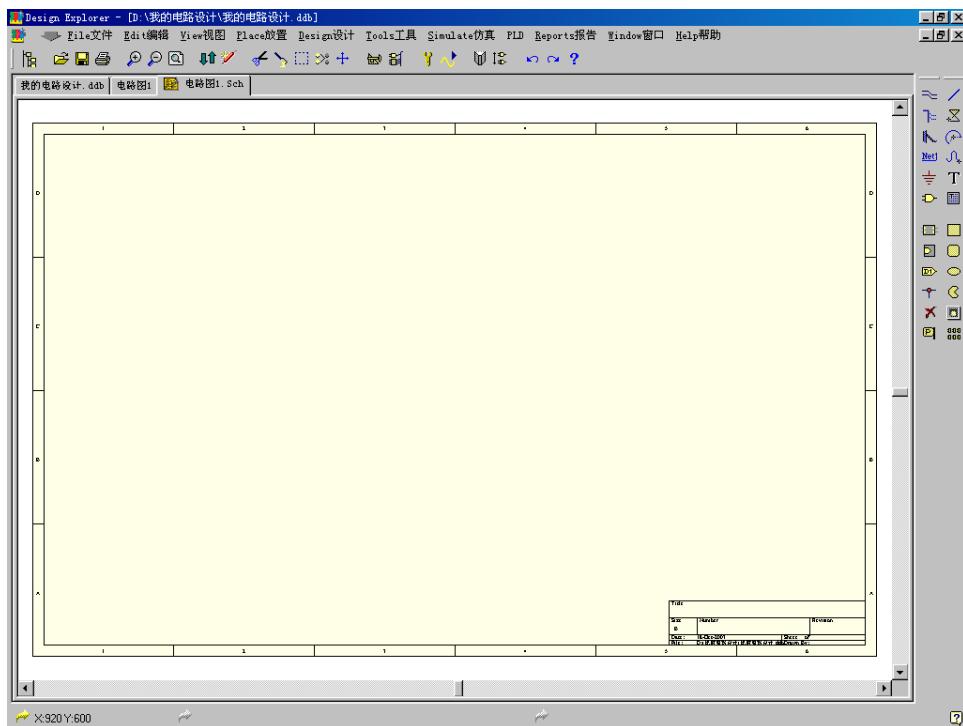
把鼠标光标指向出现的两个工具栏任何一个的兰色部分，按

住鼠标左键不放，移动鼠标至右侧边框后松开鼠标左键，把这两个工具栏移动到最右侧，如图 1-4-7。



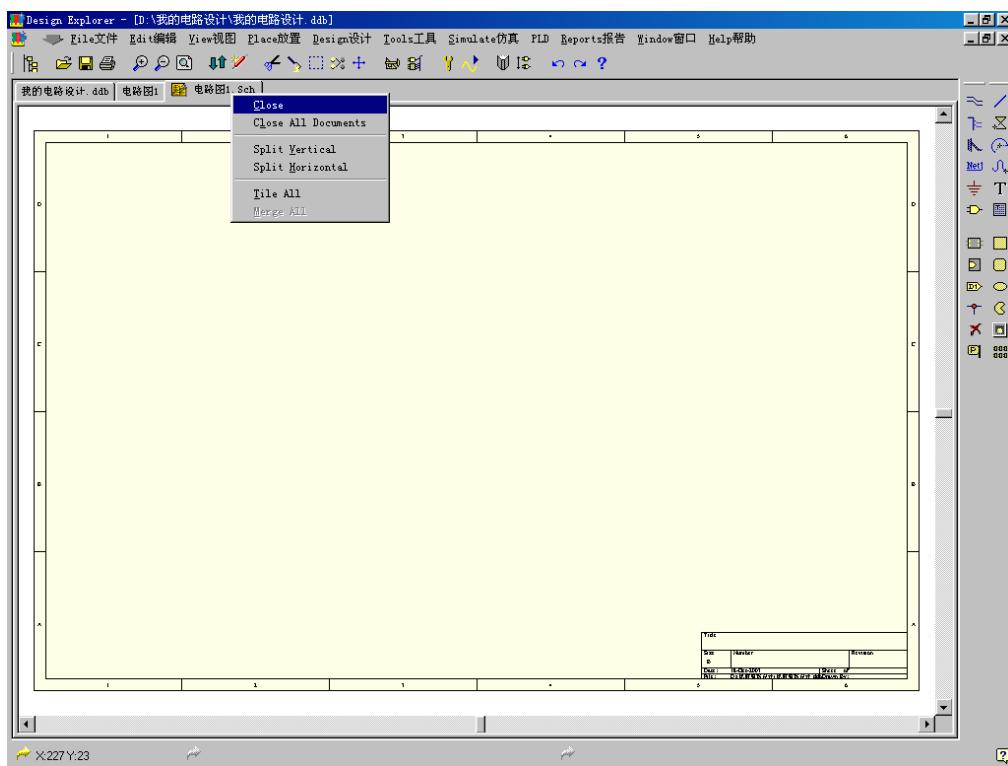
3、最大化原理图文件和保存原理图文件

最大化电路图 1.Sch，用鼠标双击写着 D:\我的电路设计\我的电路设计.ddb 的兰色部分，就最大化电路图 1.Sch，如图 1-4-8，如果没有重启动电脑，以后打开的文件的作图区都是最大化，最大化是为了移动图纸方便。保存文件用鼠标点主工具栏左起第三项图标，就是像 A 盘的那个图标。保存其它文件的方法和保存原理图文件的方法相同。



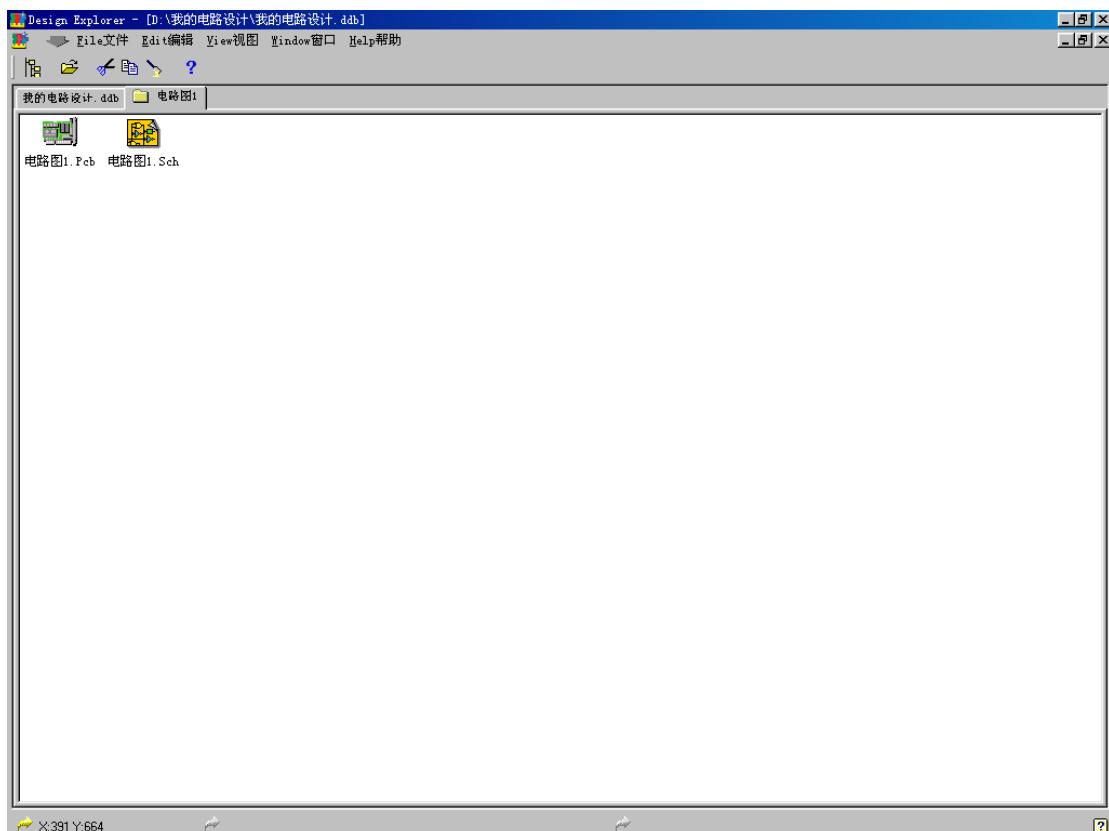
4、关闭文件

关闭电路图 1.Sch，用鼠标指向电路图 1.Sch 的图标，点鼠标右键，选择第一项，就关闭了电路图 1.Sch，第二项是关闭全部文件，如图 1-4-9。

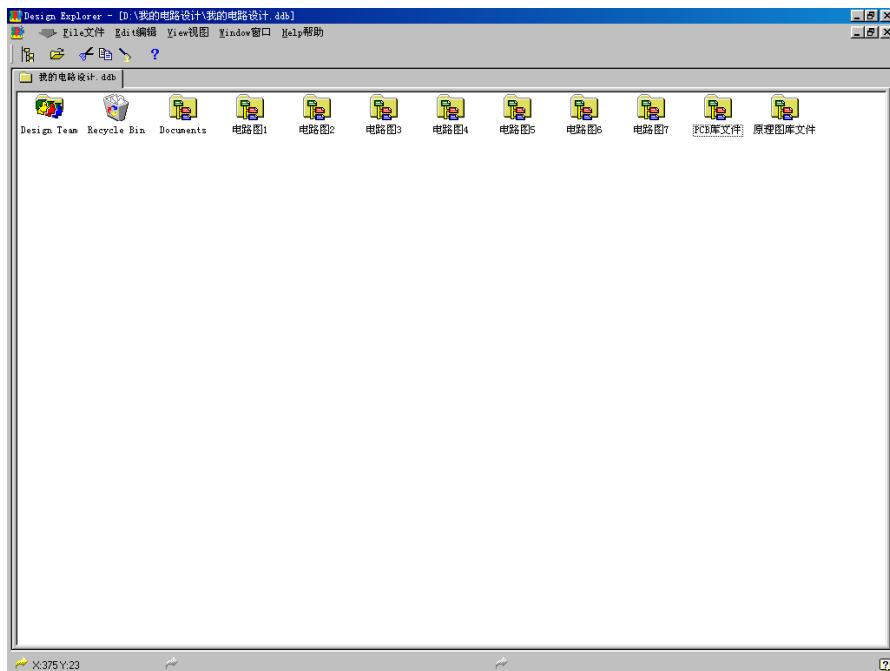


5、新建库文件

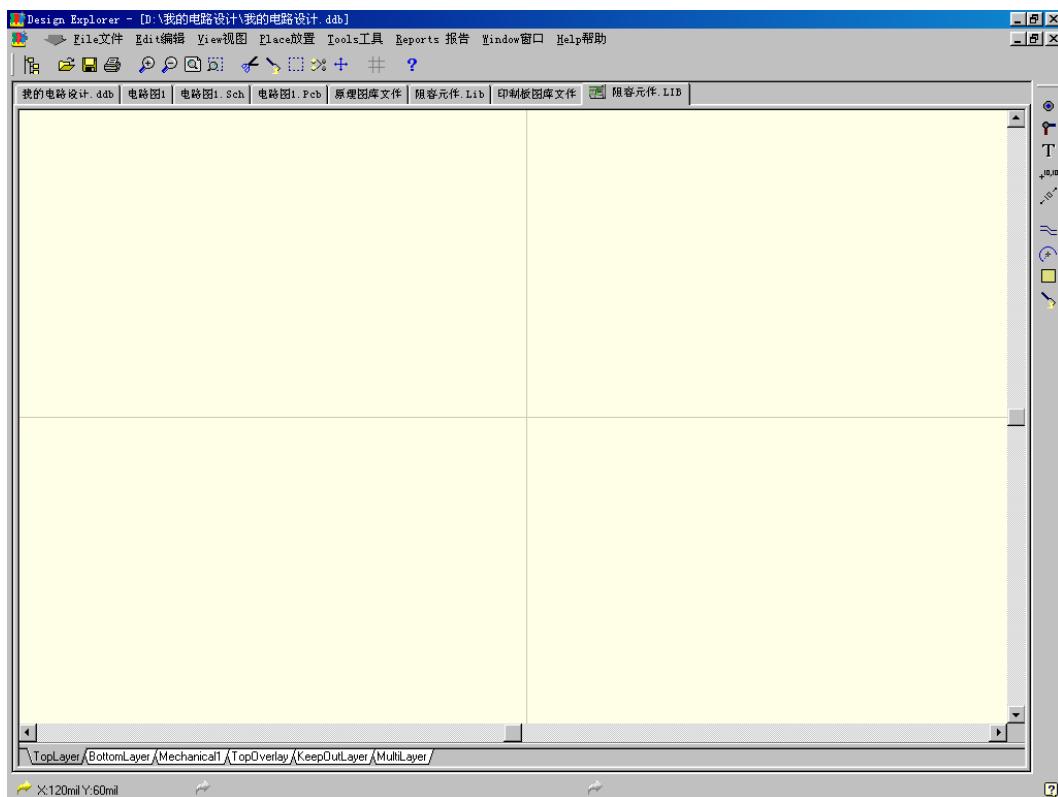
用上面介绍的相同方法在电路图 1 文件夹下面新建一个名为电路图 1.pcb 的 PCB 文件如图 1-4-10。



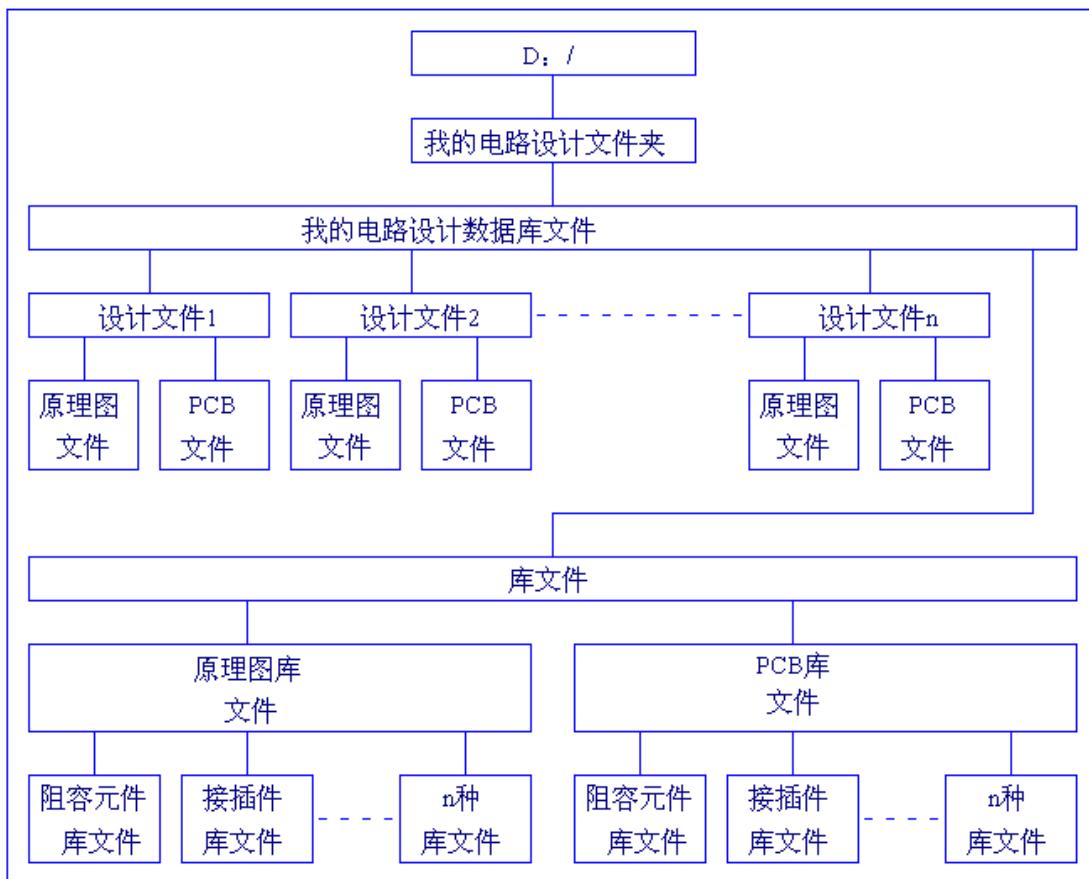
用鼠标点我的电路设计.ddb 图标，用相同的方法在我的电路设计.ddb 下面新建两个文件夹，名称分别为原理图库文件和 PCB 库文件，如图 1-4-11（电路图 1 文件夹后面又新建了一些文件夹）。



用相同的方法在原理图库文件夹里新建一个名为阻容元件.Lib 的原理图库文件, 在 PCB 库文件夹里新建一个名为阻容元件.Lib 的 PCB 库文件, 新建的文件从原理图到 PCB 图依次全部打开如图 1-4-12



可以看到，Protel99SE 的文件夹和文件是以页面形式出现的，页面的图标就是这些文件夹和文件的名称，点不同的图标就打开不同的文件夹和文件，被选中的图标有明显凸出来的感觉，左侧有表示类型的小图。最应该注意的就是各个文件的路径，仔细看看图 1-1-1，仔细体会文件的层次结构。



读者可以根据自己的需要，建立出方便实用的层次结构，笔者感受出的经验是：分类一定要细致合理。在数据库文件下新建几个文件夹，把自己设计的项目分类，如：单片机电路、电源电路、数字电路等文件夹作为大项目名称，再在这些文件夹下面新建具体的项目名称文件夹，又在这些文件夹里新建具体的电路文件，如果你给几个公司做项目，可以用公司

名称做为大项目文件夹的名称, 总之, 细致合理的层次结构对自己查找文件十分方便, 如果你遵循这个原则整理你的某个硬盘下面的文件, 一定是层次结构清晰, 查找使用文件非常方便。

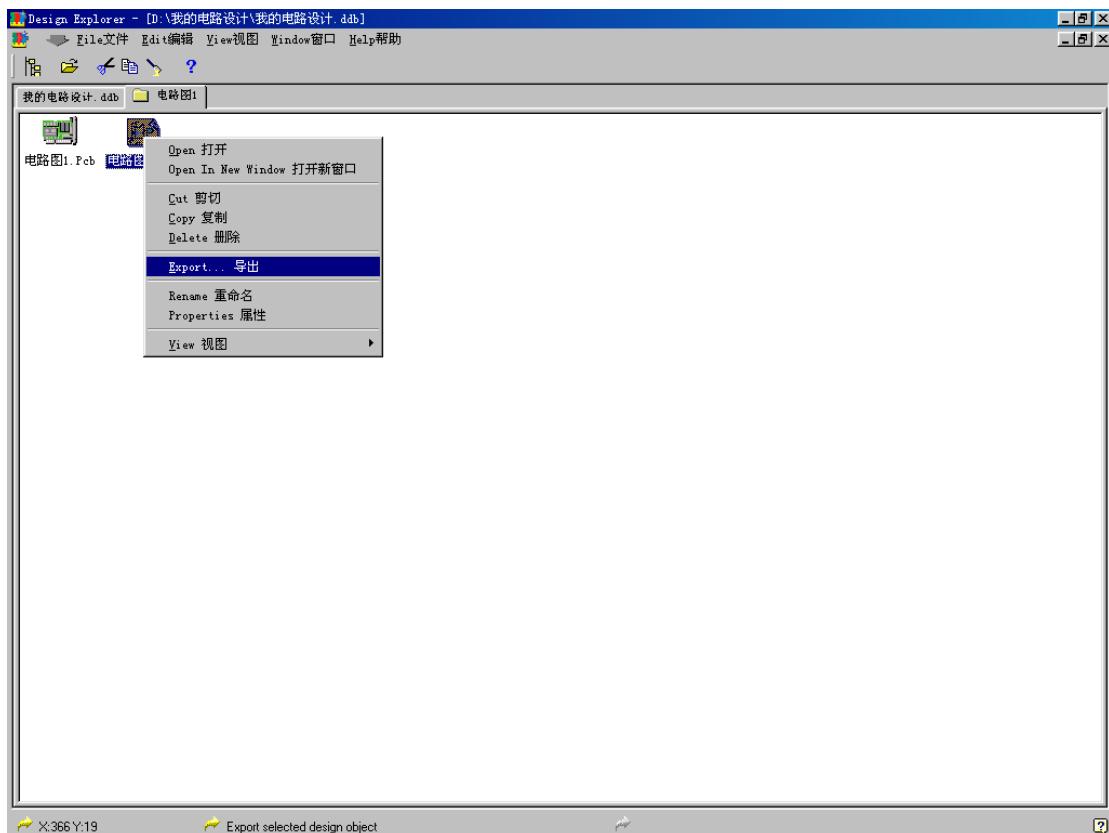
以上介绍的新建文件的方法, 最重要的一个原则, 是在一个文件夹里只新建一个原理图文件和 PCB 文件, 就是为了使用同步器的方便, 有关同步器的使用, 在本书的原理图绘图和 PCB 绘图里详细介绍。

第五节：文件的导入和导出

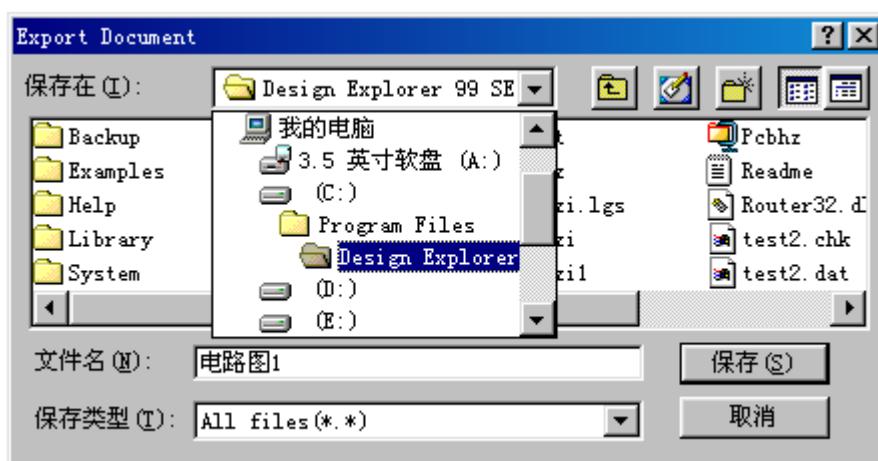
Protel99SE 的文件是数据库文件, 当需要把数据库文件里的某个文件保存到数据库以外的路径, 比如 A 盘, 就不能用另存为的方法, 要打开数据库以外的文件, 最好不要用鼠标双击打开, 否则, Protel99SE 又会新建一个数据库, 无论从操作速度和文件管理方面考虑, 都是不太合理的, 下面就介绍文件的导入和导出的方法。

1、文件的导出

用鼠标光标指向任何一个文件图标, 点鼠标右键, 选择第六项命令, 如图 1-5-1。



执行之后选择路径，然后点保存按钮，就完成了文件的导出，如图 1-5-2。

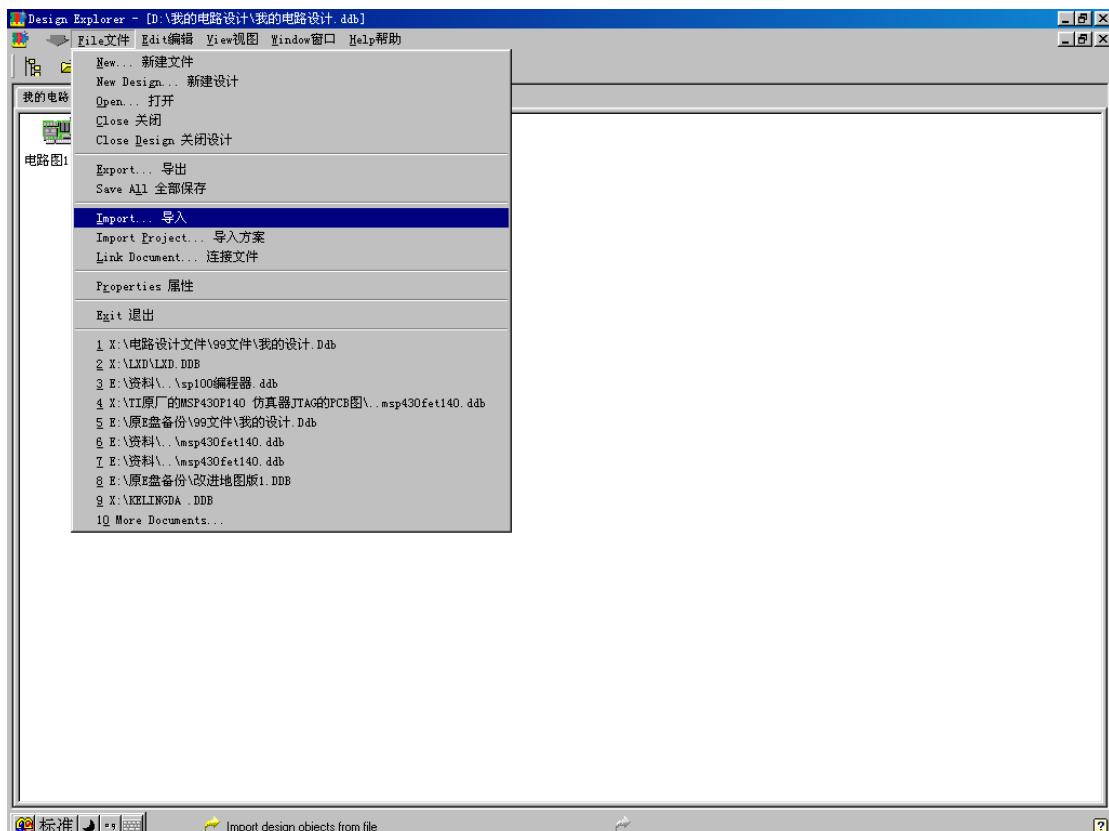


被导出的文件关闭为好，如果这个文件是开启的话，先保存，后导出。

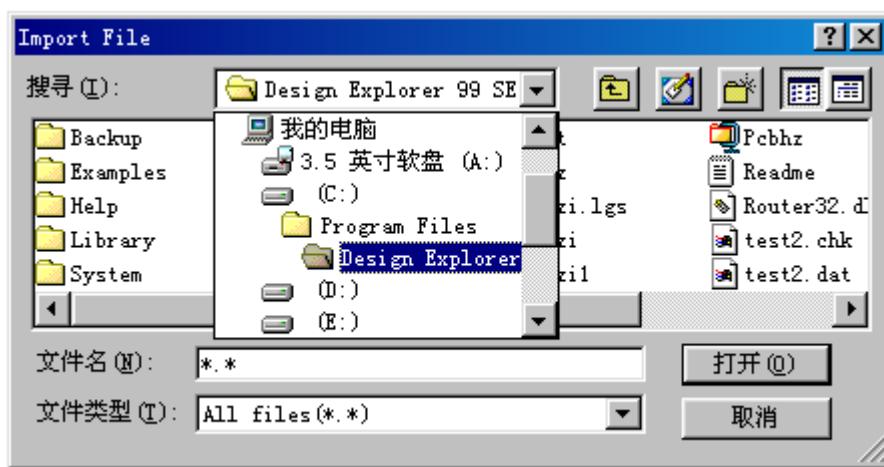
2、文件的导入

在数据库任何路径下执行菜单命令 File/Import...，如图

1-5-3。



执行之后选择路径，找到需要导入的文件，用鼠标选中，然后点打开按钮，就完成了文件的导入，如图 1-5-4。



导入的文件还是要注意路径的问题，最好先新建一个文件夹再导入文件。

文件的导入和导出,大多数情况下是为了和其它的电脑交换文件,软盘作为文件的载体在目前还是比较常用的,软盘的容量只有 1.4 兆,也只有导出的文件才能做到最小容量,根据笔者多年来的使用情况,发现软盘最不可靠,一张软盘使用不了几次就会出现坏道,或者干脆不能用,比较好的办法是用两张软盘同时使用。软盘上的文件有时不能直接导入到数据库文件里,可以先把文件复制到硬盘上再导入到数据库文件,如果这样都不行,那么说明软盘已经不能使用。近年来市场上出现的各种小移动盘或移动硬盘不仅容量大,故障率也很低。

第二章：Protel 的绘图方法

俗话说：“无规矩不成方圆”。使用 Protel 绘制电路图，就必须遵循 Protel 特有的绘图方法，这些特有的绘图方法必须是正确的、合理的，学习 Protel 电路绘图，最重要的就是掌握正确的、合理的绘图方法。可惜！实在可惜！目前介绍这方面的书实在是太少了，笔者的实际水平也不高，就将多年来的一点经验总结如下，介绍什么是 Protel 电路绘图正确的、合理的绘图方法。

第一节：同步设计是 Protel 电路绘图最基本的绘图方法

同步设计是 Protel 电路绘图最基本的绘图方法，这是一个非常重要的概念，Protel 电路绘图区别于其它绘图软件的不同操作主要表现在同步设计方面。同步设计概念的最简单理解，就是原理图文件和 PCB 文件在任何情况下保持同步，也就是说，不管你先绘制原理图再绘制 PCB，还是原理图和 PCB 同时绘制，最终要保证原理图上元件的电气连接意义必须和 PCB 上的电气连接意义完全相同，这就是同步。同步并不是单一的同时进行，而是原理图和 PCB 两者之间电气连接意义的完全相同，实现这个目的的最终方法是用同步器实现的，因此，这个概念就称之为同步设计。同步设计概念估计在今后相当长的一段时间内都很难推翻的，Protel 电路绘图软件目前还没有找到比同步设计更好的方法。

第二节：同步器是实现同步设计的最佳方法

所谓布线，是根据网络进行手工布线或者自动布线，没有网络，绘制 PCB，简直就是描图，绘图效率实在是太低了，用电脑做任何事，有一个原则，那就是：凡是电脑能够做的事，人脑一律不能去做。只有这样才能做到人尽其才，物尽其用。仔细想想，电路绘图最令人头疼的是什么？就是电路连接，电路越复杂，难度越大，一个简单的电路，如果有 10 个连接点，那当然是很容易的事，但是，当一个复杂的电路有成百上千个连接点的时候，用人脑去考虑这些事，短时间内是任何一个人也吃不消的，而电脑在这些方面偏偏是强项。元件布局、连接走线的美观等方面是人脑的强项，这就做到电脑和人脑各自发挥优势，提高做事效率。

DOS 版本的 Protel 已经有了同步设计的概念，是用网络表实现由原理图到 PCB 的单向同步，操作相对复杂，Windows 版本的 Protel 简化了网络表的操作，Protel99 第一次使用了同步器，做到了原理图和 PCB 的双向同步，完全省略了生成网络表、引入网络表、弹开元件等一系列复杂操作，Protel99SE 是 Protel99 的改进版本，主要表现在程序的稳定性方面，同时也增加了一些实用功能。使用同步设计带来的最大好处就是：只要原理图是正确的，PCB 肯定不会出错。

第三节：同步设计是提高绘图速度和布通率最有效的方法

在电脑还没有普及的时代，电路绘图完全是手工绘制，原理图绘制完成之后，经过多人审核，只要没有错误，就不得改动，然后是千方百计地绘制出 PCB，这种精神是可嘉的，行为是原始的。要知道，原理图上的一点点改动，都会简化 PCB 的布线，这些例子很多，如：CD4069 有 6 个相同的非门，在原理图里顺序使用这些非门，就会增加 PCB 的布线难度，只有实际观察 PCB 的走线，才能确定原理图里怎样使用这些非门，才能做到 PCB 的走线最简单。现在看来，电路设计改来改去，是电路设计人员的家常便饭，只有使用同步器才能简化更改的操作。

这里不是说从前的电子技术人员水平低，而是当时的条件太差了，笔者认识好几位老工程师，年龄都在 50 岁以上，他们还在使用 DOS 版本的 Protel，绘制 PCB 根本不用网络表，更不用同步器，甚至连元件库都不用，绘图方法可以说是很原始了，但是，他们绘制的 PCB 无论是元件布局、走线美观还是整个电路的设计规则方面，是相当不错的，这种硬功夫可不是一朝一夕能够学到手的，他们这种活到老学到老的敬业精神是我们学习的好榜样！

第四节：自制元件的重要性

Protel 提供了很多元件库，Protel99SE 元件库里的元件

多得吓人，但是，实际用到的元件却又找不到，笔者在综合电子论坛上经常看到有人询问 Protel 绘图是不是需要自制元件，还有人在绘图的时候，为一个元件封装库找不到而大伤脑筋，其实，可以肯定地回答：绘制电路图必须学会自制元件。还可以这样说：绘制电路图不会自制元件就是寸步难行！至少有三个理由说明必须学会自制元件

- 1、常用的元件 Protel 库里一般都有，不常用的元件很可能 Protel 库里没有；
- 2、Protel 库里的元件原理图元件通常太大，PCB 库里的元件不太精确，用这些元件绘图，很难绘制出紧凑、美观的电路图；
- 3、自制的元件做到分类细致、管理方便，是提高绘图速度和绘图质量的方法之一。

第五节：英制绘图和使用网格

目前的电子元件的引脚距离和外型尺寸，绝大多数是按英制尺寸制作的，如：DIP 封装的集成电路两脚之间的距离是 100mil（0.1 英寸），对应的公制是 2.54mm，可想而知，用公制绘图，小数点后面的位数很难处理。有人认为，自己绘制的图比较简单，没有必要使用英制，不可能，再简单的电路总有电阻吧，Protel 库里电阻的封装名称是 AXIAL0.3、AXIAL0.4、AXIAL0.5，其中，0.3/0.4/0.5 指的就是电阻的两

个焊盘的中心距离为 0.3/0.4/0.5 英寸。

Protel 提供了方便实用的网格，合理地使用网格不仅可以提高绘图速度，而且更能提高绘图质量。这些内容在自制元件、元件布局、网格使用等章节里详细介绍。

第三章：Protel99SE 原理图绘图

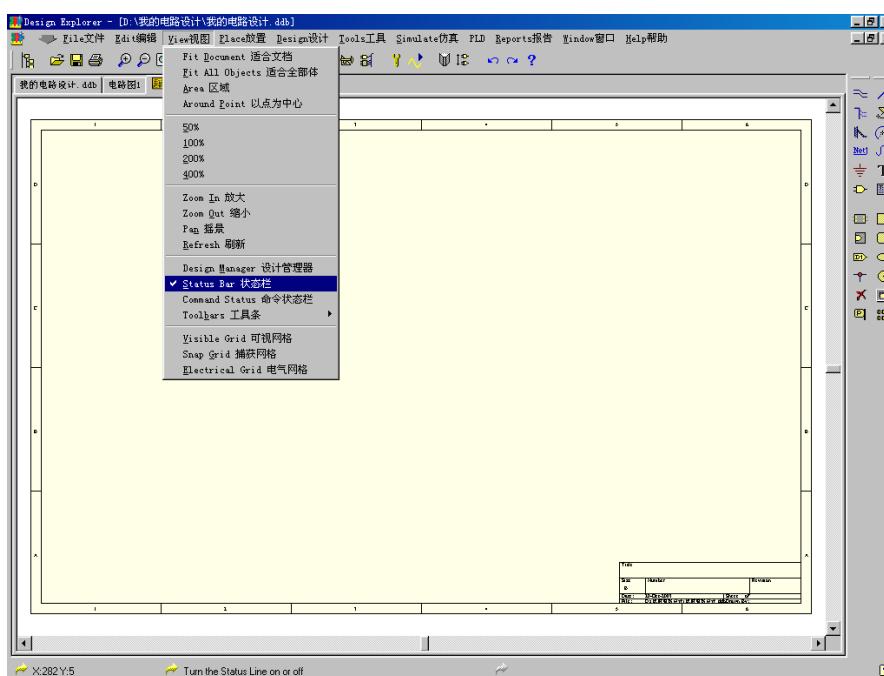
从本章开始，就介绍具体的绘图操作。

第一节：原理图绘图环境设置

绘图时需要的所有资源构成绘图环境。Protel99SE 默认的绘图环境已经是比较好用了，但有时也需要设置，使之更符合自己的绘图习惯，绘图环境纯属个人爱好，但是，一个好的绘图环境必然得到大家接受。

1、显示状态栏

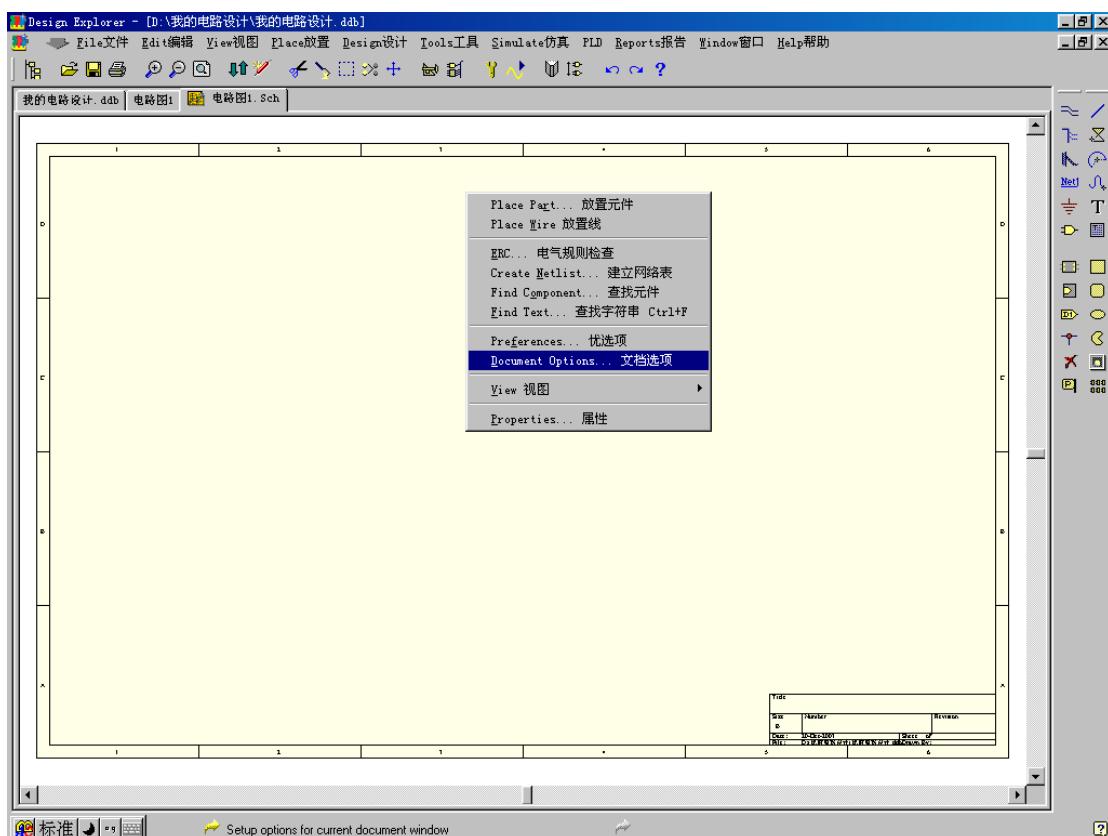
状态栏是指作图区左下角显示鼠标光标位置的坐标，以及与绘图操作有关的其它资讯。在原理图绘图时自定义图纸大小时要用鼠标光标位置的坐标，Protel99SE 默认的绘图环境状态栏应该是存在的，如果没有，执行菜单命令：View 视图/Status Bar 状态栏，如图 3-1-1。



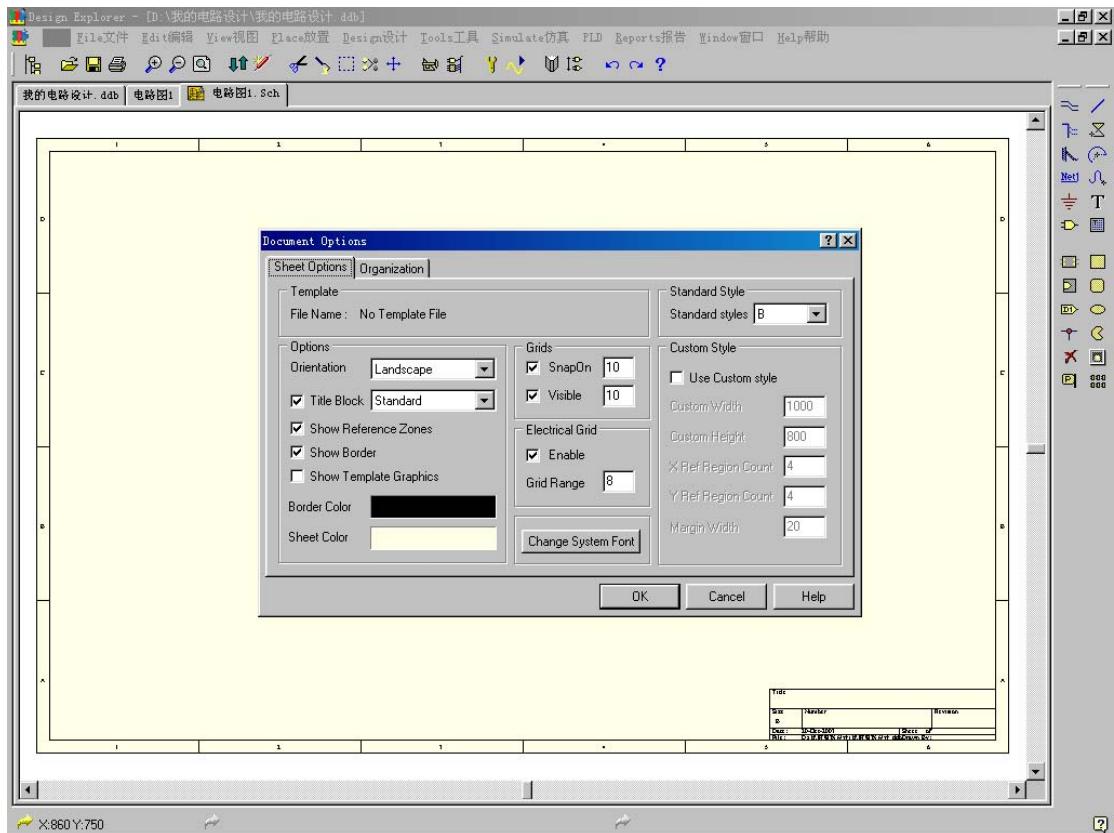
2、自定义图纸大小

自定义图纸大小是为了绘图方便，以及打印输出时使图纸最大。Protel99SE 新建默认的图纸大小是 B2，原理图绘图要做到紧凑，首先要自定义图纸大小，自定义图纸大小可以边画图边定义，执行鼠标右键/Document Options... 文档选项，或者用鼠标双击作图区图纸以外的白色部分，如图

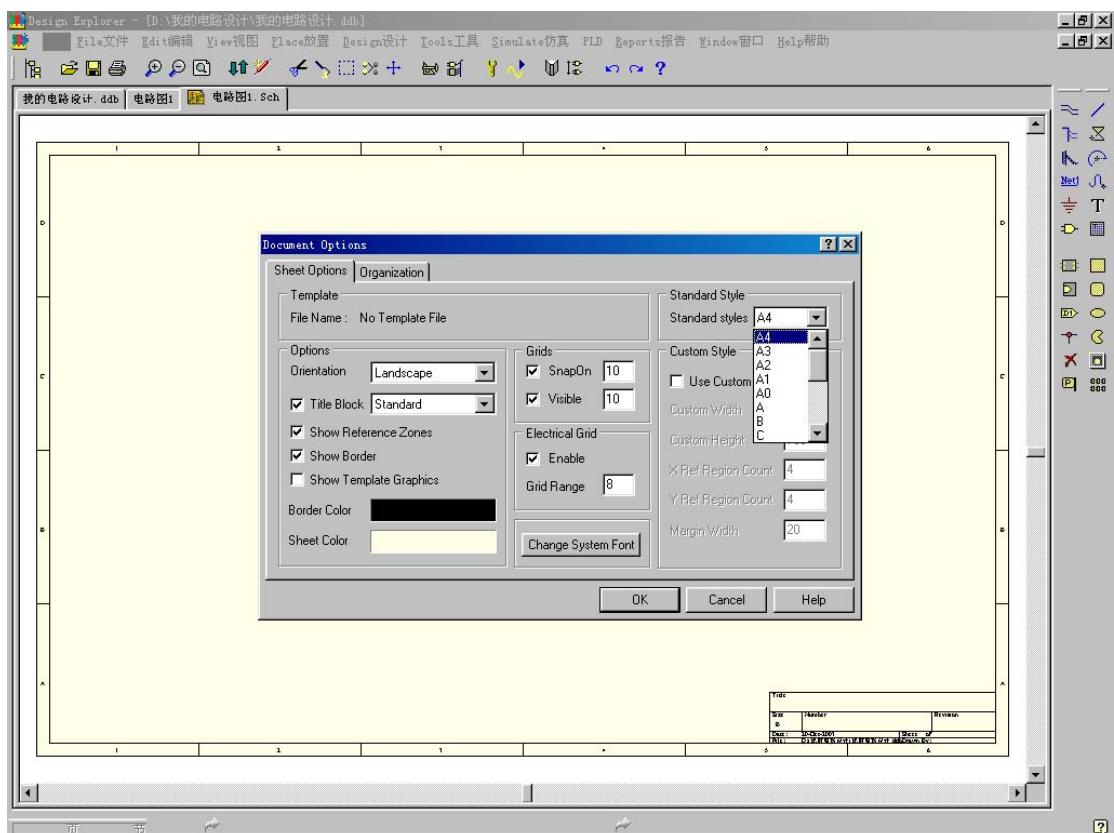
3-1-2。



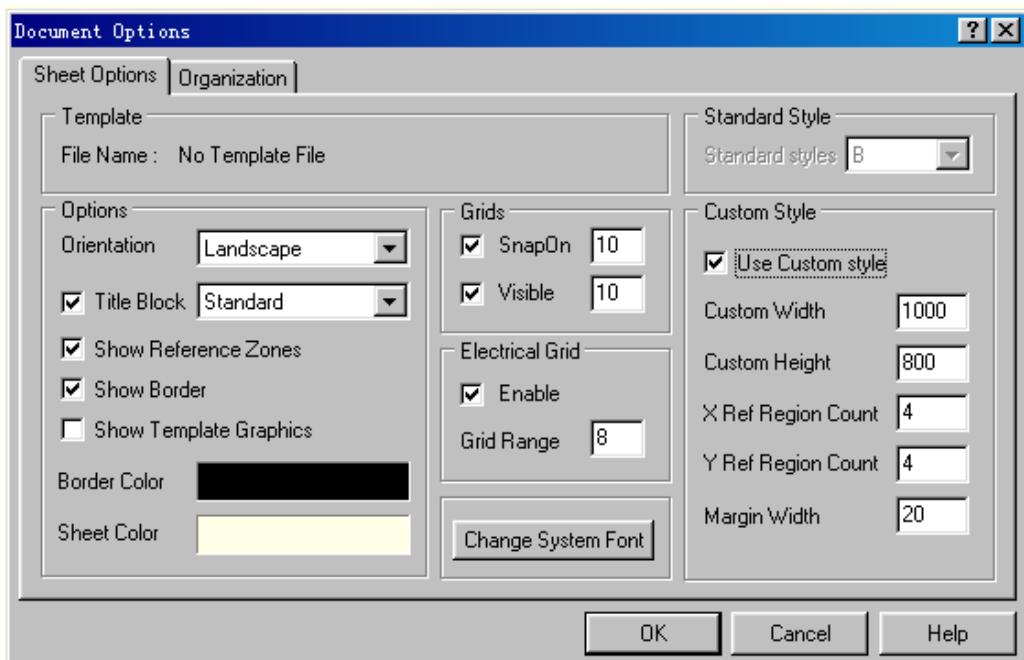
就出现了文档选项对话框，如图 3-1-3。



用鼠标点 Sheet Options 页面 Standard Style 区块 Standard Styles 的下拉菜单，选择为 A4，点 OK 确定，如图 3-1-4。



实际上，这些标准的图纸也满足不了实际绘图的需要，自定义图纸大小是使用最方便。在文档选项对话框里，用鼠标选中 Sheet Options 页面 Custom style 区块的 Use Custom style 栏目，Custom style 区块就激活了，而 Standard Style 区块就淡显了，其中 Custom style 区块的 Custom Width 栏目的值是图纸宽度，Custom Height 栏目的值是图纸高度，改变这些值点 OK 按钮就可以自定义图纸任意大小，如图 3-1-5。



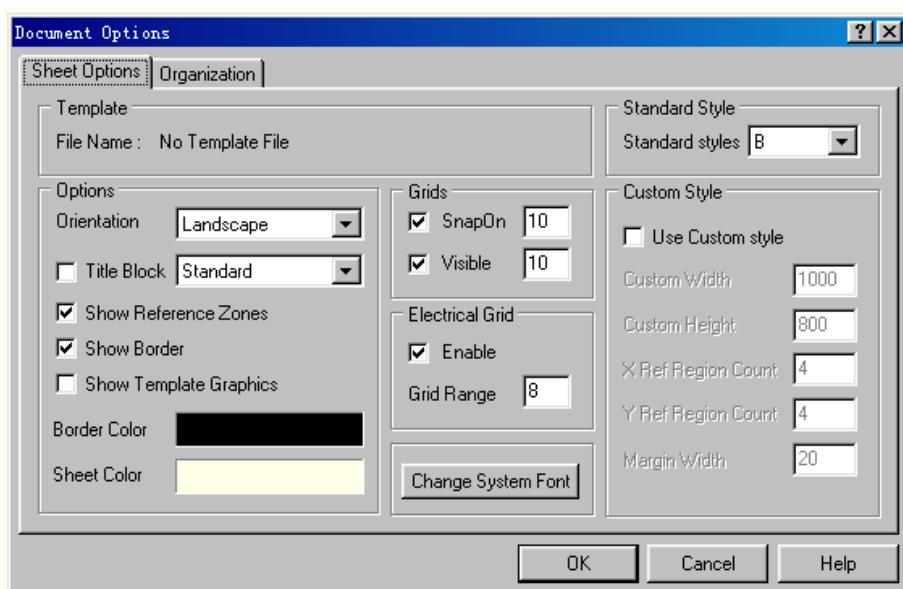
这些值的大小由所有元件构成的图件实际大小决定，也就是当电路图绘制结束之后，把所有元件移动到图纸的左下角，移动鼠标光标至所有元件的右上角，然后看状态栏的坐标位置，X 就是图纸宽度，Y 就是图纸高度，如果一次定义不准，可多来几次，这就是边画图边定义图纸大小。

3、取消图纸标题栏

Protel 默认的图纸标题栏各个版本基本相同，标题栏里

有图纸规格、文件目录、绘图日期的信息，也可以填写电路名称、绘图人的大名。这个标题栏不但用处不大，而且影响绘图，图纸定义的越小，影响越大，不如取消。如果自己绘图，又很少拿给别人看，标题栏确实没有用处，但是，有的正规公司，要求绘制的图纸里的标题栏内容非常详细，详细的害怕，什么绘图人、审核人、校对人、工程师签字、领导批示等等，硬要这些内容有两个办法，一个是我绘制，放置线、放置字符就可以绘制出标题栏，想怎么画就怎么画，如果以后在别的原理图里也需要，复制过去改一下内容就可以了，还有一个办法是加载公司模版，公司模版有现成的，也可以自制模版文件，这些内容笔者没有研究过，就不介绍了。

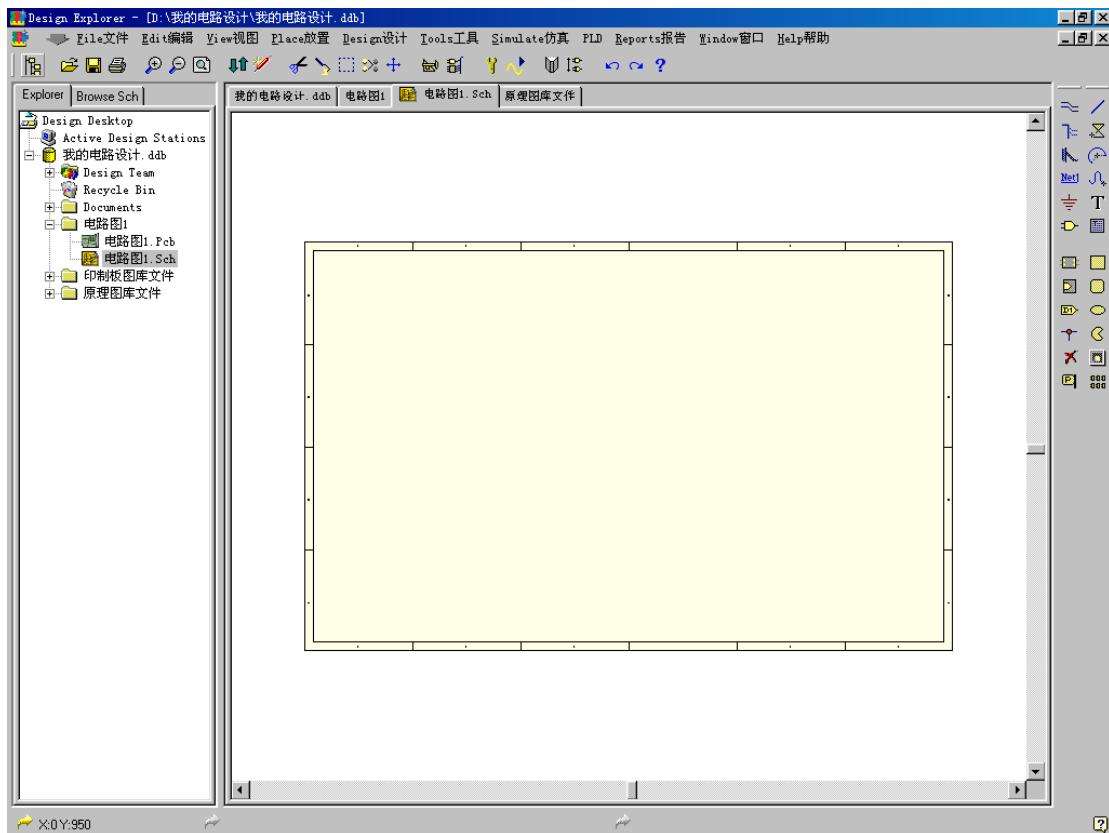
取消图纸标题栏，用鼠标取消文档选项对话框 Sheet Options 页面 Options 区块的 Title Block 栏目，点 OK 按钮确认，如图 3-1-6。



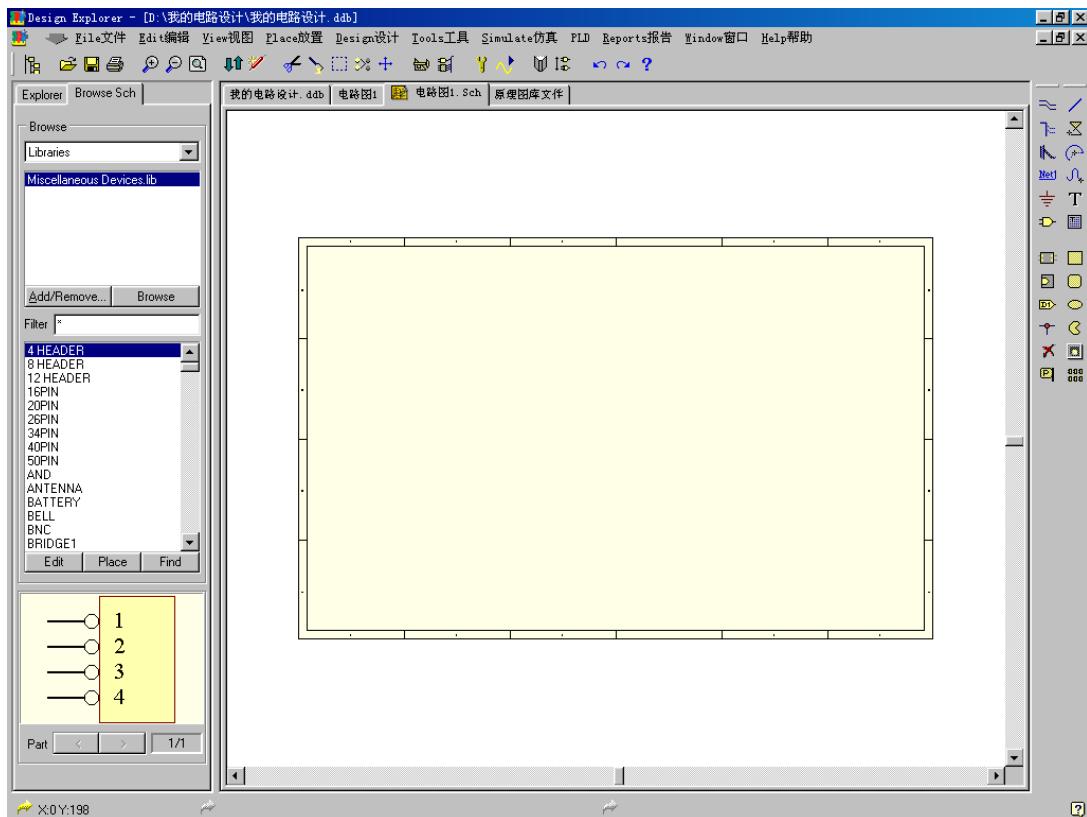
4、添加移去原理图库文件

绘制原理图的方法，就是从原理图库里放置元件在原理图里，放置线连接元件的管脚就可以绘制出符合自己要求的原理图。这些元件也可以从其它已经绘制好的原理图里复制，但是，初次绘图只能从原理图库里放置。

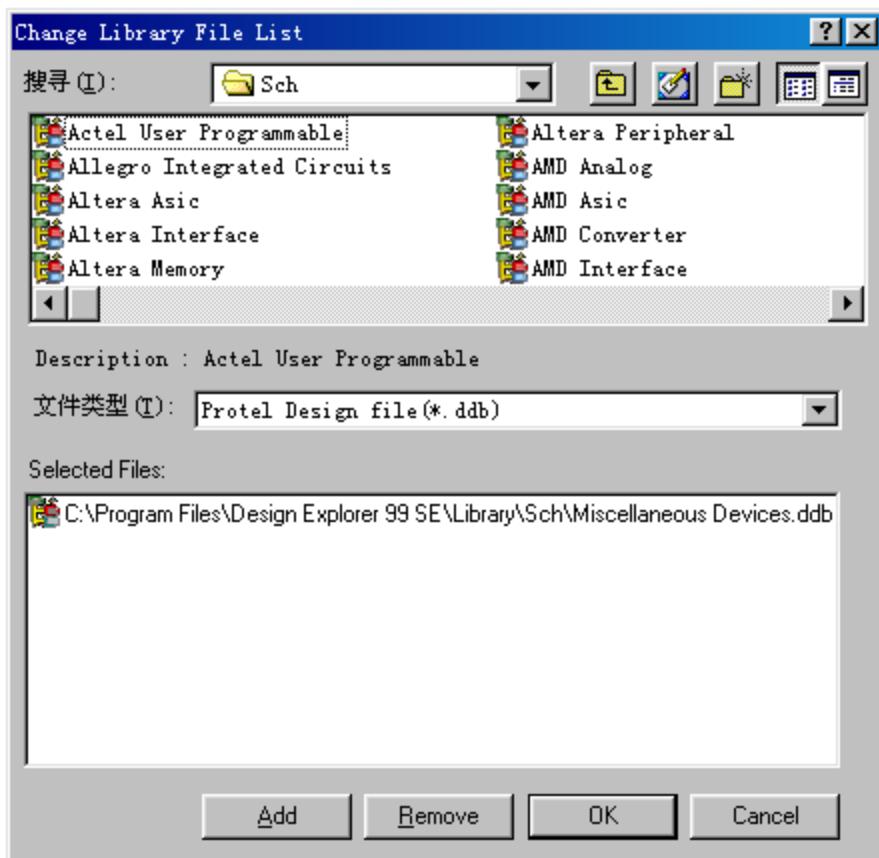
添加移去原理图库文件是在设计管理器里进行操作，用鼠标点主工具栏第一项图标就可以打开或关闭设计管理器，如 3-1-7。



设计管理器有两个页面：Explorer（实际是文件管理）和 Browse Sch（浏览原理图库文件），用鼠标点 Browse Sch 页面，就出现原理图库，如图 3-1-8



可以看到，设计管理器里已经有了一个名为 Miscellaneous Devices 的库文件，这时安装 Protel99SE 之后默认存在的库文件，这个库文件包含有最常用的原理图元件，如果需要添加 Protel99SE 自带的库文件，可以点设计管理器 Browse Sch 页面 Browse 区块的 Add/Remove...按钮，就弹出更改库文件目录对话框，添加移去库元件就在这个对话框里进行，如图 3-1-9，此对话框搜寻栏目里已经选择到 Protel99SE 自带的库文件，其路径是这个对话框的 Selected Files 栏目里显示的内容（当 Protel99SE 安装到 C 盘时）。



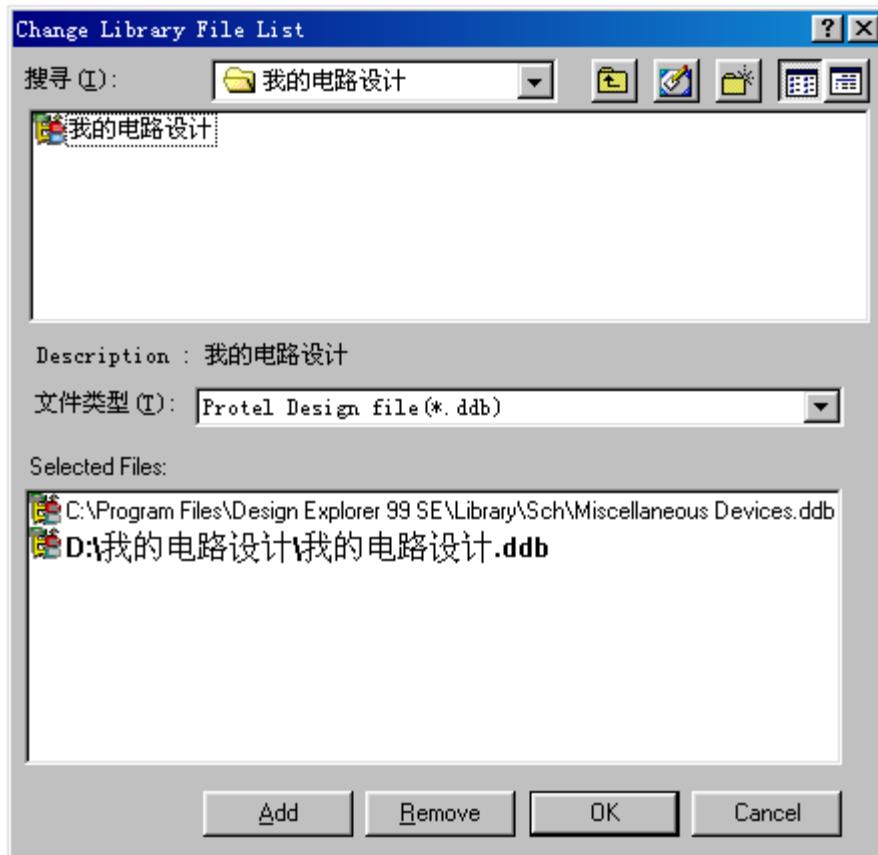
如果需要添加 Protel99SE 自带的库文件，可以用鼠标双击搜寻栏目里的库文件名称，或者用鼠标选中库文件后点 Add 按钮，库文件名称就添加在 Selected Files 栏目里了，当需要添加的库文件选择结束后，点 OK 按钮，选择的库文件就添加到设计管理器里了，以后就可以使用这些库里的元件了。

Protel99SE 自带的库文件里据说有数十万个元件之多，许多初学者以为有了这些库文件，任何电路图都可以绘制了，实际上却不是这样，Protel 任何一个版本自带的库文件里的元件都非常难用，主要的原因是因为原理图元件体积大、引脚太长，PCB 元件的封装也不太标准，不但难用，而且有错误，Protel 有的版本自带的库文件，原理图库文件里的三极管引脚编号是 1、2、3，而 PCB 库文件里的三极管焊盘编号是 E、

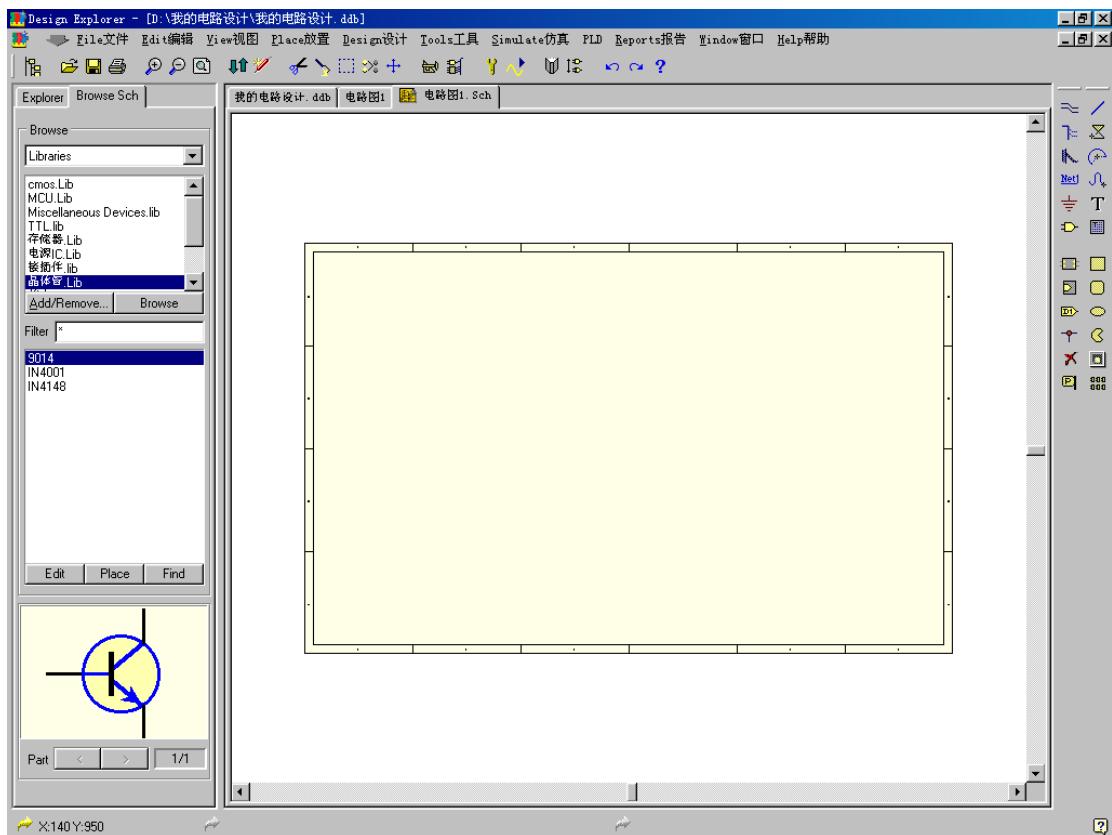
B、C, 这样就无法进行网络布线, 在实际应用中还存在查找元件很不方便的问题, 就算 Protel 有元件查找功能, 但是, 查找一个元件异常缓慢, 更难解决的是, 你需要的元件在 Protel 自带的库文件里根本就没有。

本书提倡自制元件, 自制元件是提高 Protel 电路绘图速度和绘图质量的方法之一, 这些内容在自制元件的章节里详细介绍。

本书在第一章第一节里就介绍了 Protel99SE 的文件结构, 其中最主要的就是在一个数据库里完成所有的绘图操作, 包括库文件也是在一个数据库文件里完成, Protel99SE 添加库文件, 实际上就是添加数据库文件, 一个数据库文件里同时存在原理图、PCB 文件和原理图、PCB 库文件, 在原理图里添加数据库文件只会添加原理图库文件, 在 PCB 里添加数据库文件也只会添加 PCB 库文件, 绝对不会错位。假如 D:\我的电路设计\我的电路设计.ddb 数据库文件里已经有多
个原理图库文件, 添加这些库文件的方法和上面介绍添加 Protel99SE 自带的库文件的方法一样, 用鼠标点设计管理器 Browse Sch 页面 Browse 区块的 Add/Remove... 按钮, 就弹出添加库文件目录对话框, 在搜寻栏目里找到 D:\我的电路设计\我的电路设计.ddb 数据库文件的路径, 用鼠标双击这个文件, 就添加在 Selected Files 栏目里, 如图 3-1-10。

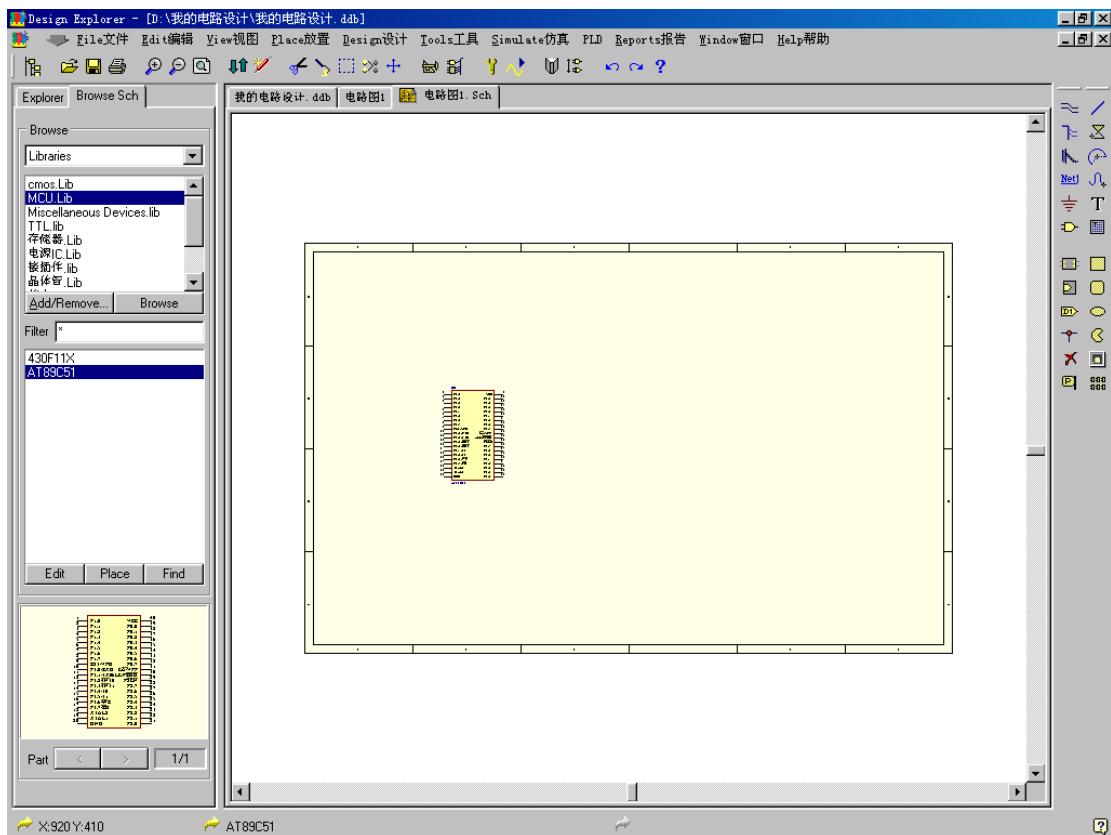


点 **OK** 按钮就可以把 D: \我的电路设计\我的电路设计.ddb 数据库文件里所有的原理图库文件添加在设计管理器里，如图 3-1-11，可以看到，设计管理器 Browse Sch 页面里已经增加了许多新建的原理图库文件，这些原理图库文件的分类名称非常详细，这些内容也在自制元件的章节里详细介绍。

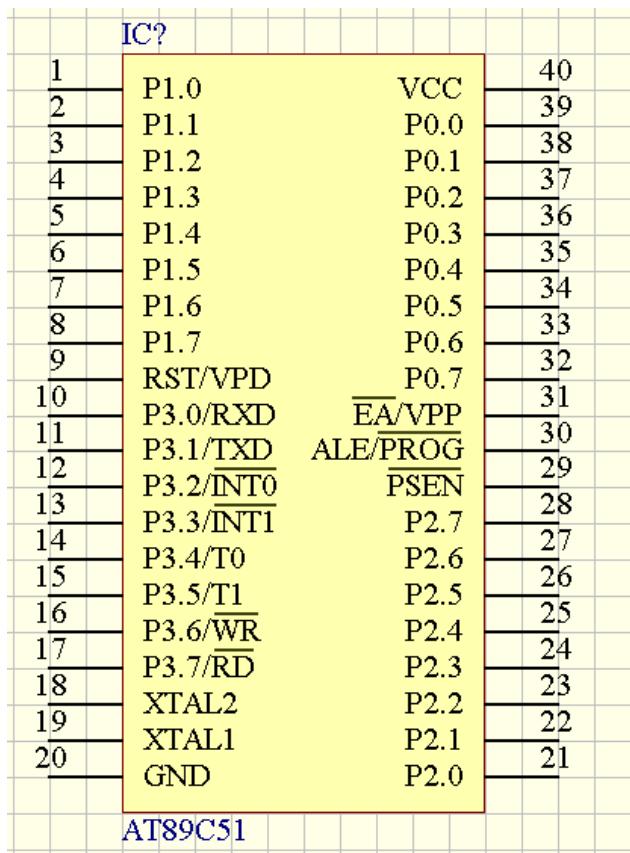


5、设置管脚编号和名称的位置

先放置一个元件，如图 3-1-12，用鼠标点设计管理器 Browse Sch 页面的 Browse 区块里的 MCU.lib，选中当前工作使用的库，再用鼠标双击 Filter 栏目里的元件名称 AT89C51，元件 AT89C51 就“粘”在鼠标光标上，在原理图作图区找一个位置，点鼠标左键，就放置到原理图作图纸上了。



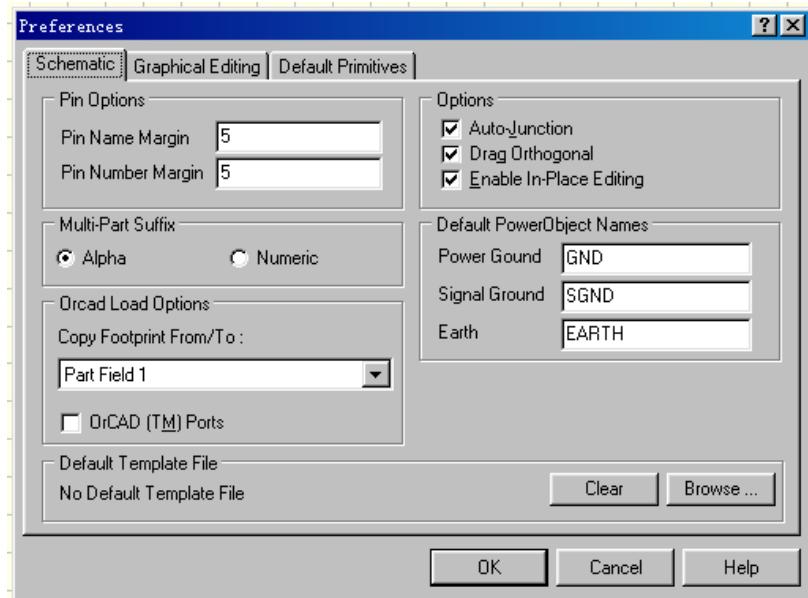
放大缩小图纸用键盘上的 Page Up 和 Page Down，注意看，放置的元件如图 3-1-13，IC? 是元件编号，AT89C51 是元件名称，两边的编号是元件管脚编号，黄色矩形框内的名称是元件管脚名称，这个元件是自制元件，Protel99SE 默认的管脚编号的位置还比较合适，管脚名称的位置就太朝外了，这是因为 Protel99SE 自带的库元件的管脚长度是 30，自制的元件管脚长度是 20，这些内容在自制元件时详细介绍，现在只需要把管脚编号和名称的位置设置一下就可以了。



鼠标指向作图区的任何部位，执行鼠标右键/Preferences...优选项，如图 3-1-14，



就弹出优选项对话框，如图 3-1-15，Schematic 页面 Pin Options 区块的 Pin Name Margin 是元件名称到矩形框的距离，Pin Number Margin 是元件编号到矩形框的距离，把这两个值分别改为 5，然后点 OK 确认。

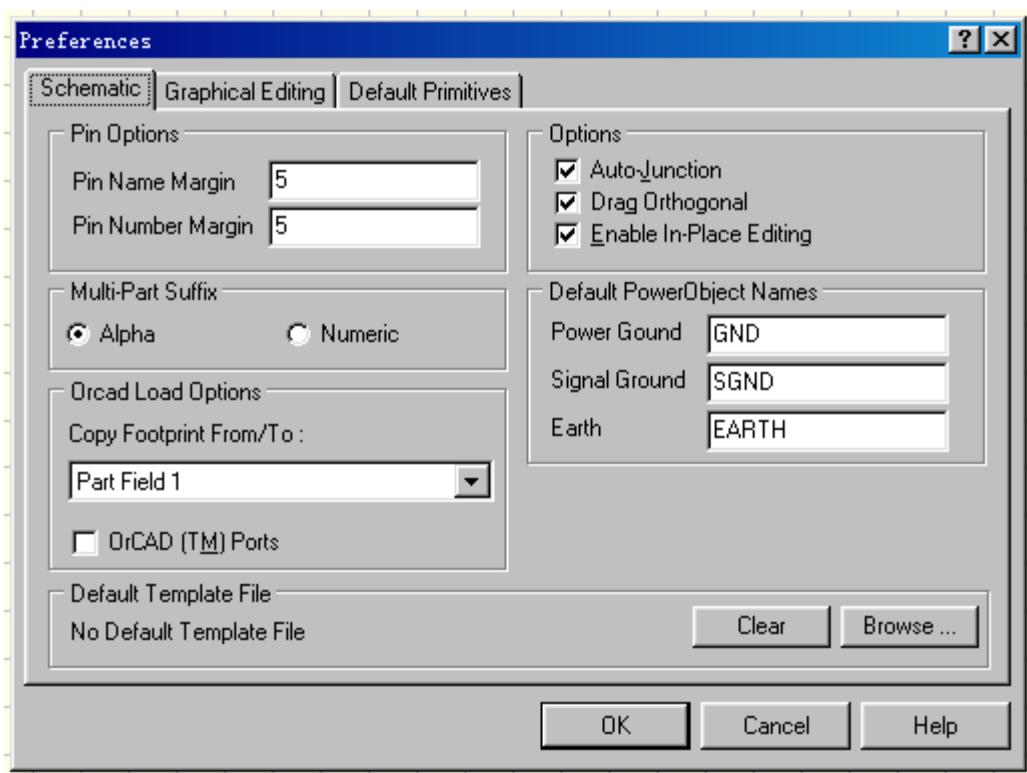


这时候元件管脚编号和名称的位置就比较合适了，如图 3-1-16，那么，5 是个什么单位值呢？Protel 任何一个版本的原理图的可视网格两根线的距离是 100mil（假如 1:1 打印输出的实际尺寸，实际打印输出图纸时没有这些网格），10 表示 100mil，5 表示 50mil。Protel 任何一个版本的原理图的其它方面的尺寸也是这样定义的。

IC?			
1	P1.0	VCC	40
2	P1.1	P0.0	39
3	P1.2	P0.1	38
4	P1.3	P0.2	37
5	P1.4	P0.3	36
6	P1.5	P0.4	35
7	P1.6	P0.5	34
8	P1.7	P0.6	33
9	RST/VPD	P0.7	32
10	P3.0/RXD	EA/VPP	31
11	P3.1/TXD	ALE/PROG	30
12	P3.2/INT0	PSEN	29
13	P3.3/INT1	P2.7	28
14	P3.4/T0	P2.6	27
15	P3.5/T1	P2.5	26
16	P3.6/WR	P2.4	25
17	P3.7/RD	P2.3	24
18	XTAL2	P2.2	23
19	XTAL1	P2.1	22
20	GND	P2.0	21
AT89C51			

6、自动放置接点

在 Protel99SE 原理图作图区放置具有电气连接意义的线时，当出现“T”型交叉，就自动放置接点，Protel99SE 安装后默认有此功能，如果没有，用上面介绍的方法弹出优选项对话框，如图 3-1-15，Schematic 页面 Options 区块的 Auto-Junction 栏目有“√”就有此功能，反之，无此功能。自动放置接点是提高原理图绘图速度的方法之一。



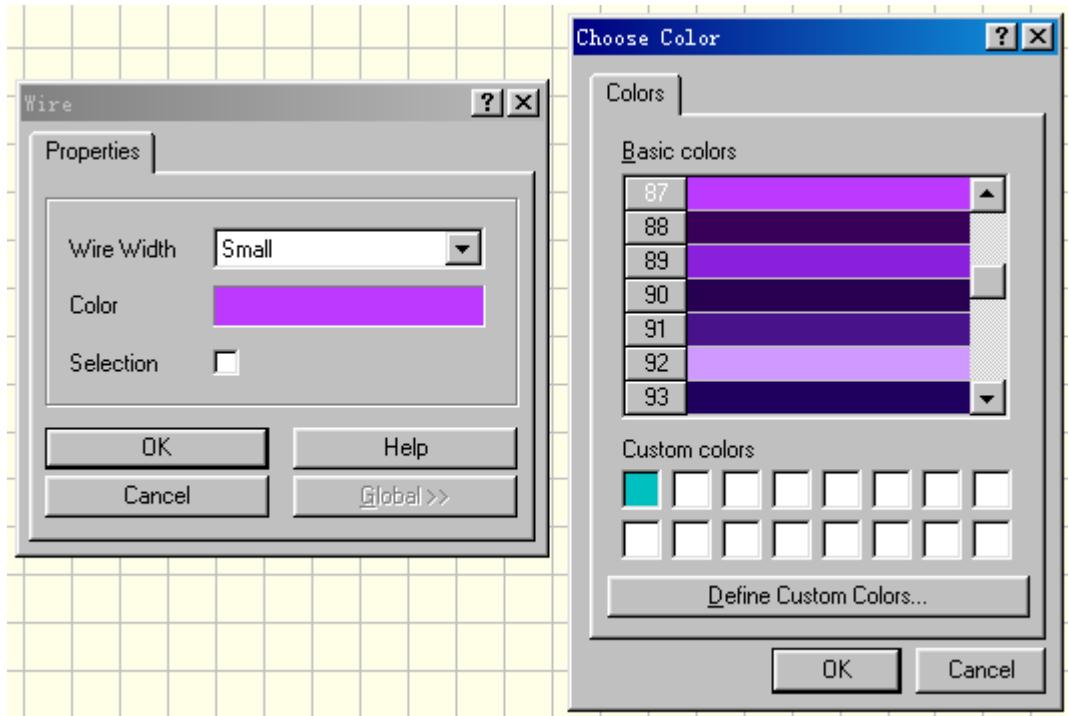
7、更改放置线的颜色

在 Protel99SE 原理图作图区里放置具有电气连接意义的线，线颜色是一种深兰色，这种颜色和元件管脚的颜色黑色比较接近，在实际绘图中，放置线连接管脚时只允许“接”在管脚上，不允许“搭”在管脚上，“搭”在管脚上就算不出问题，也不符合绘图规范，老版本的 Protel 不允许两个元

件的管脚相“接”,必须用线“连”,新版本的 Protel 不存在这个问题,要想看清楚这些连接关系,最好的办法就是把线的颜色改为和元件管脚的颜色黑色区别较大的颜色,也避免了实际绘图中在电气连接意义上犯错误。首先放置线,执行鼠标右键/Place Wire 放置线,如图 3-1-17,鼠标光标上出现一个十字,这就是放置线状态,

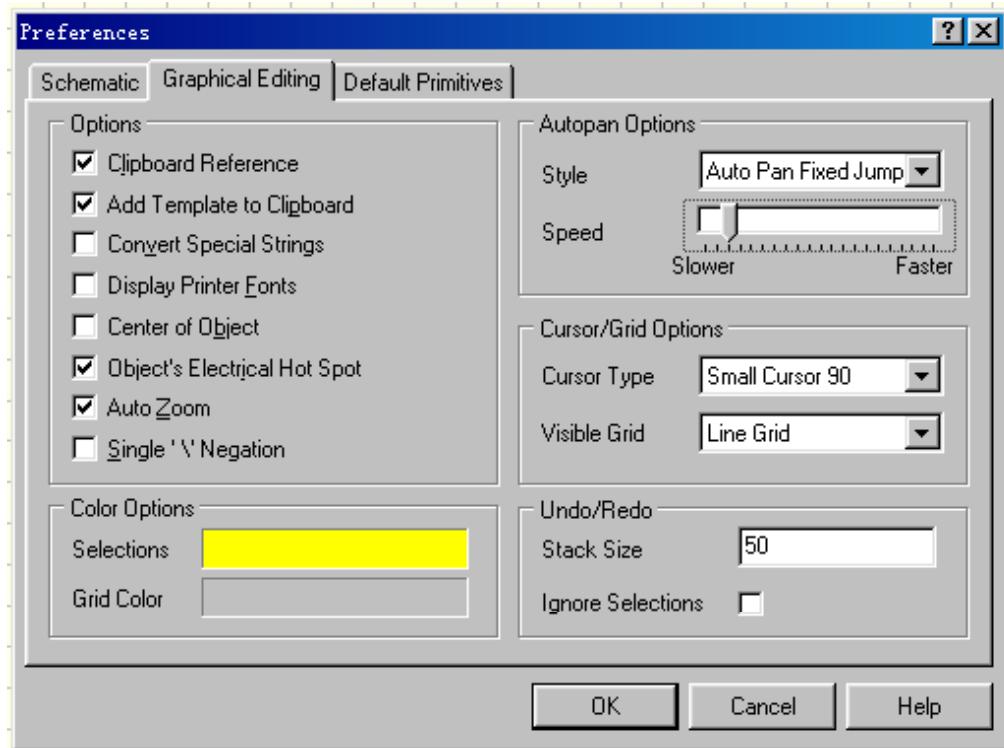


按键盘上的 Tab 键,就出现线属性对话框,如图 3-1-18 左图,用鼠标点左图的 Color 栏目就出现右图的更改颜色对话框,拖动滚动条,选择自己喜爱的颜色,笔者觉得编号为 87 的淡紫色比较合适,用鼠标选中这个颜色后,点两个对话框的 OK 按钮确认,以后放置的所有具有电气连接意义的线就是这个颜色了,以后要把线的颜色改回来,可以用批量修改的方法,批量修改在后面章节里详细介绍。



8、自动滚屏速度设置

自动滚屏，是指放大图纸绘制原理图或 PCB 时，当绘制线、移动元件、放置元件等操作超过实际显示的作图区时，图纸会自动移动，有的书上介绍，初学者最好不要用此功能，于是就关闭了自动滚屏功能。其实，这么好的功能，不用企不是浪费了？降低自动滚屏速度就可以了。执行鼠标右键 /Preferences... 优选项，弹出优选项对话框，用鼠标点 Graphical Editing 页面，如图 3-1-19，AutoPan Options 区块的 Speed 栏目就是滚屏速度的指示标尺，非常直观，用鼠标拖动指示标尺，左边是慢，右边是快，AutoPan Options 区块的 Style 栏目是滚屏类型，点下拉箭头共有三个选择，自上向下分别为：自动滚屏关、连续滚屏和只滚一屏。



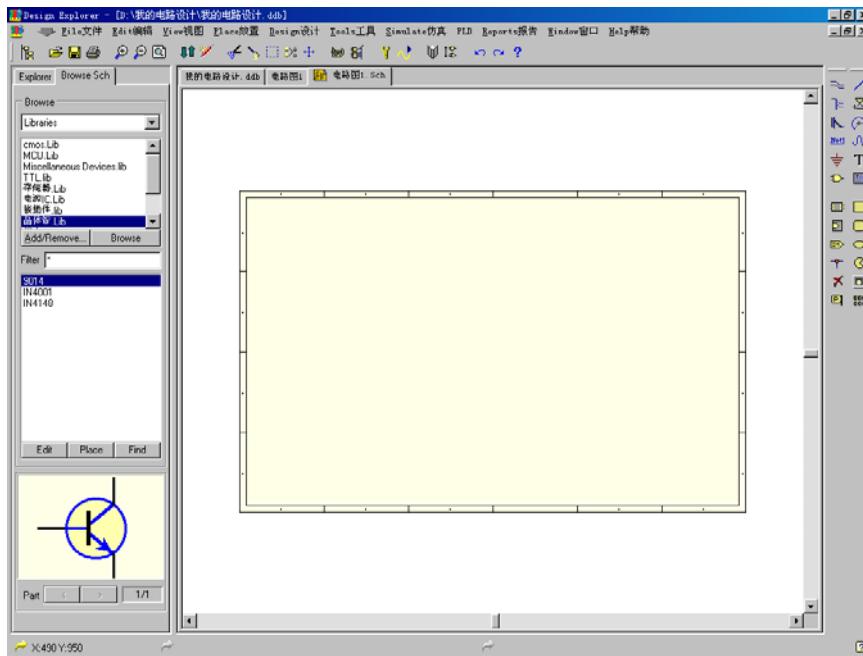
第二节：绘制原理图

上面为了讲解原理图绘图环境设置，已经介绍了放置元件、放置线等操作，这里再介绍实际绘制原理图的操作。本书介绍绘制原理图和 PCB 图，只用了三个元件，是为了讲解的方便，特别是在介绍同步器的使用，能够正确使用同步器处理好三个元件，再多的元件处理方法几乎是相同的。

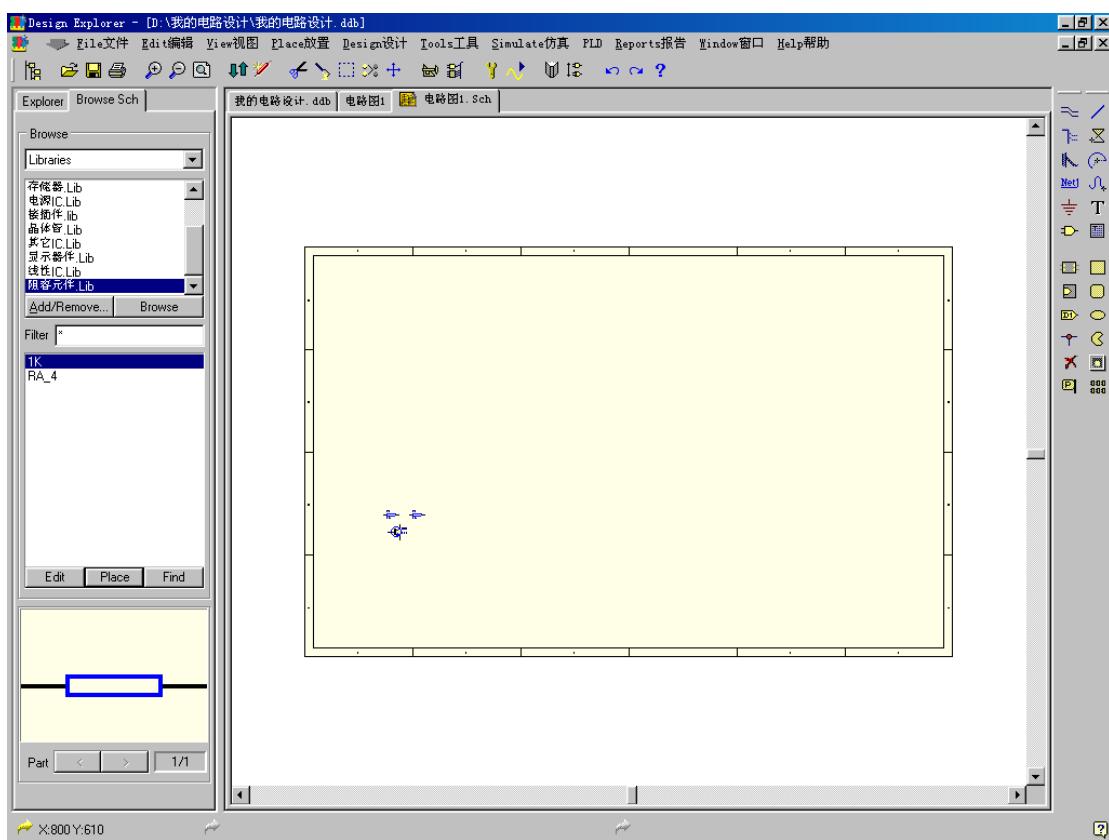
1、放置元件

用鼠标点设计管理器 Browse Sch 页面的 Browse 区块里的晶体管.lib，用鼠标双击 Filter 栏目里的 9014 元件，或者用鼠标选中 9014 后，点 Place 按钮，鼠标光标就自动移动到作图区，光标上“粘”着一个 9014 的元件，移动鼠标至合适位置后，点鼠标左键，9014 就放置到作图区了，这时候光

标上还“粘”着一个9014的元件，还可以继续放置，取消放置点鼠标右键。

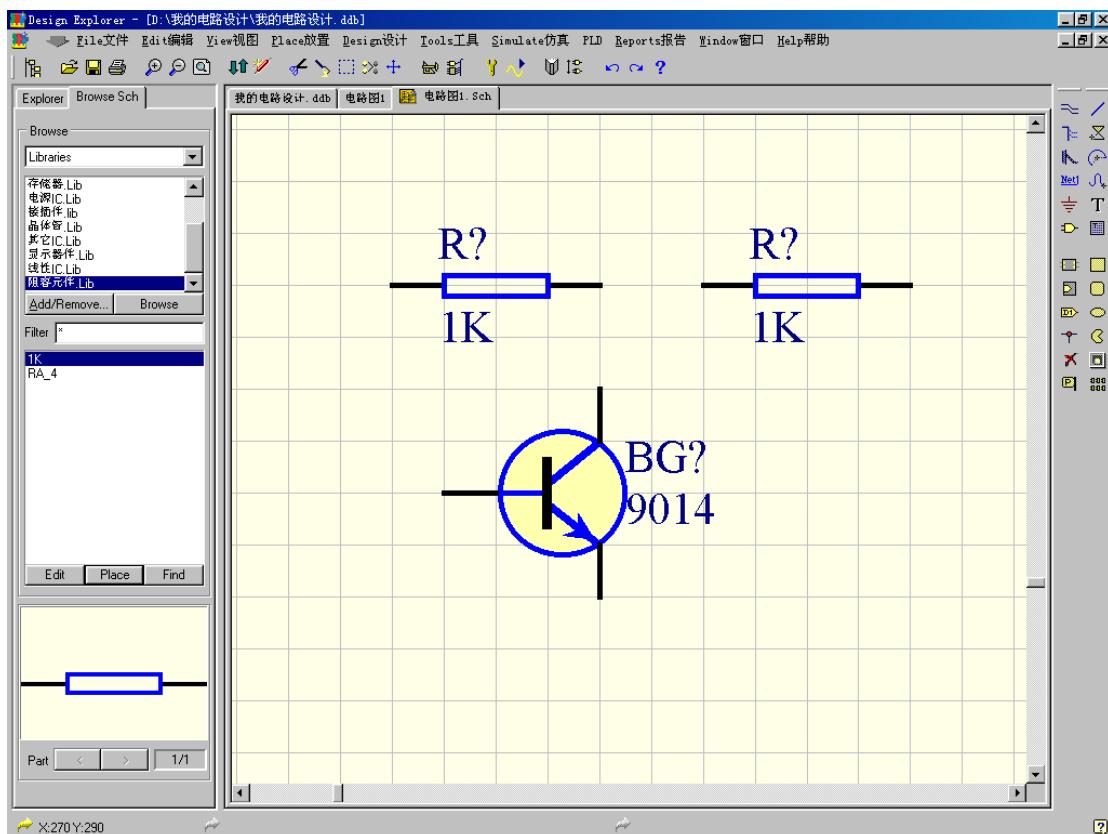


用同样的方法放置阻容元件.lib库里的1K电阻，放置两只，如图3-2-2。



2、放大缩小图纸

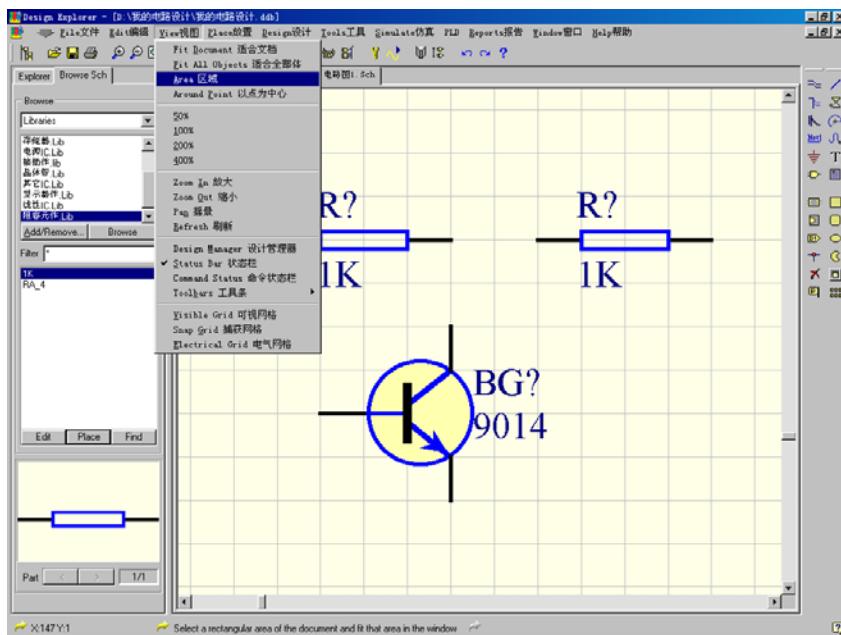
放大缩小图纸用键盘上的 Page Up 和 Page Down, 其中 Page Up 是放大图纸, Page Down 是缩小图纸, 放大缩小图纸是以当前鼠标光标位置为圆心进行放大和缩小的, 用鼠标光标指向三个元件构成的区域中心部份, 按键盘上的 Page Up, 使三个元件获得最大显示如图 3-2-3。



3、区域放大图纸

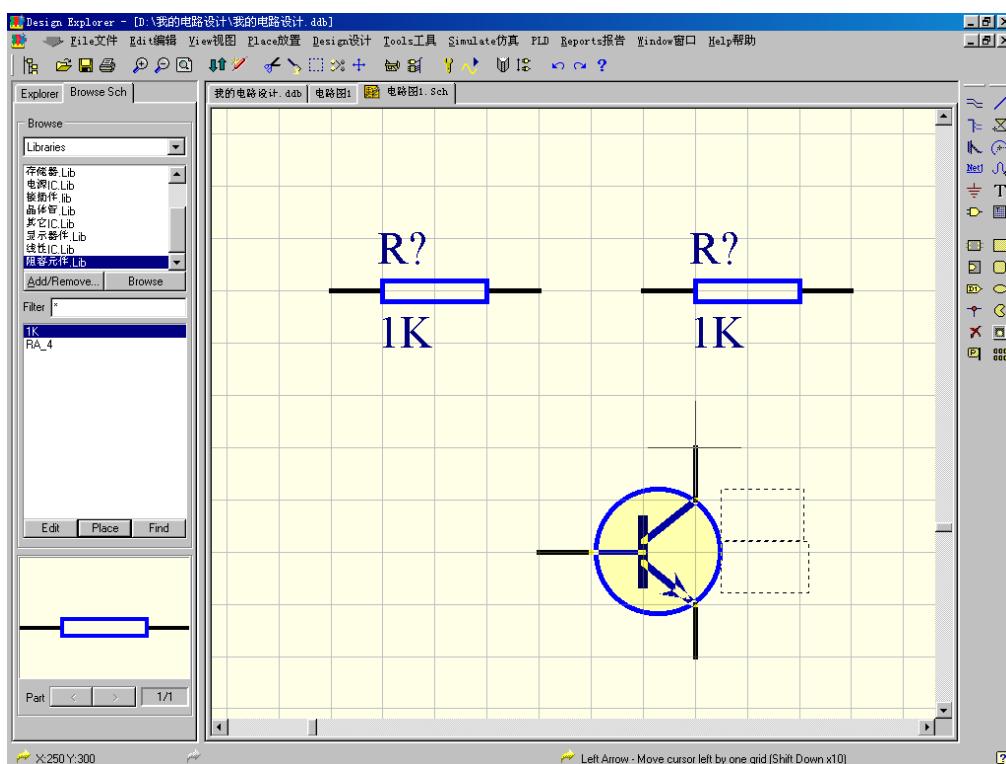
用键盘上的 Page Up 放大图纸, 不好控制图纸的理想大小, 用区域放大图纸的方法很容易实现, 执行菜单命令 View 视图/Area 区域, 如图 3-2-4, 把鼠标光标移动到需要放大区域的左上角, 按住鼠标左键不放, 移动鼠标光标至需要放大区域的右下角, 可以看到, 用鼠标画出一个矩形区域, 松开

鼠标左键，这个区域就放大到整个作图区。



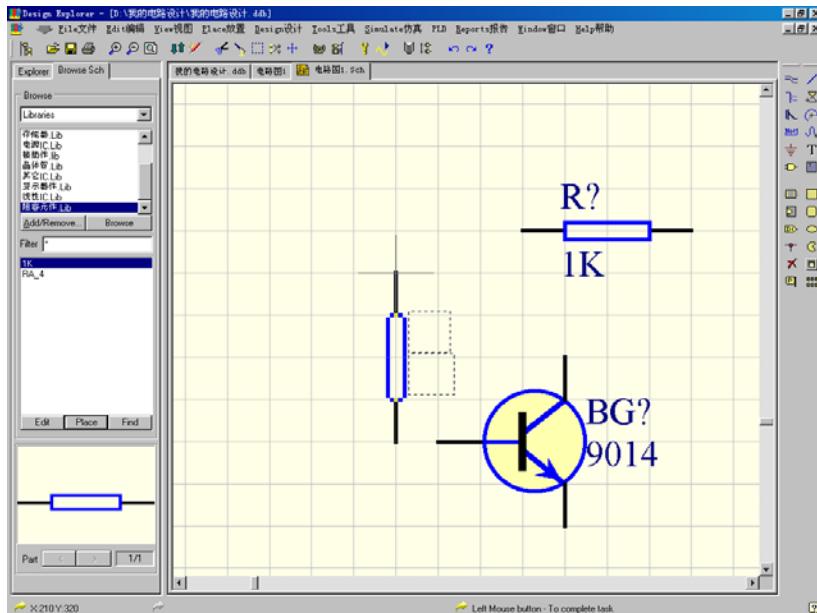
4、移动元件

用鼠标光标指向任何一个元件的中心部位，按住鼠标左键不放，比如 BG?，移动鼠标至合适位置，松开鼠标左键就完成移动元件的操作。如图 3-2-5。



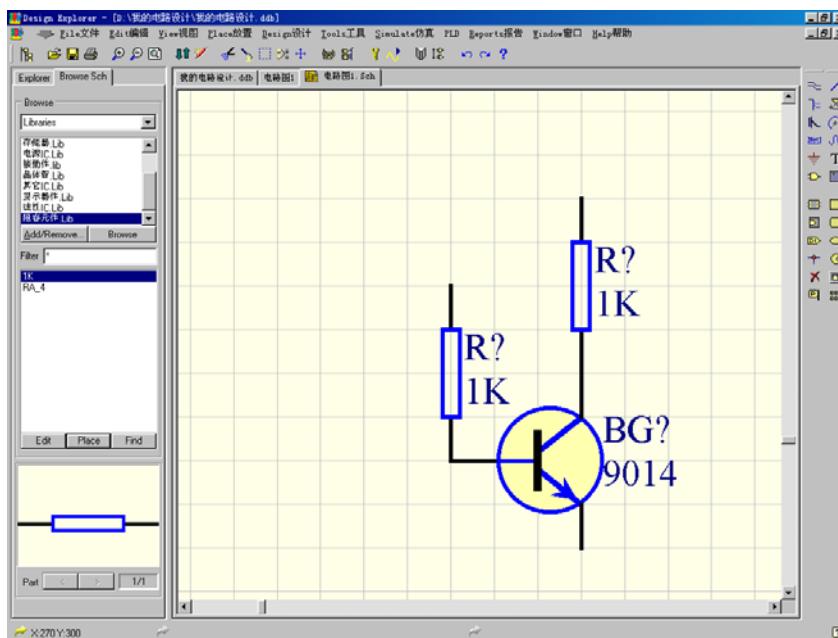
5、旋转元件

用鼠标光标指向任何一个元件的中心部位，按住鼠标左键不放，比如 R?，按键盘上的空格键，就可以旋转元件，如图 3-2-6。

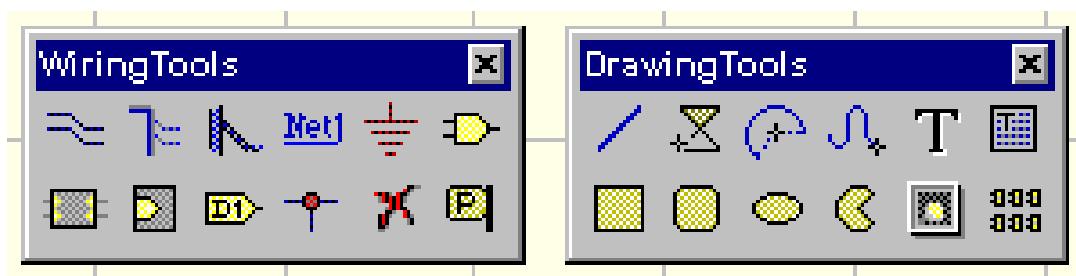


6、放置线

先用上面介绍移动、旋转元件的方法，把这三个元件排列如图 3-2-7，

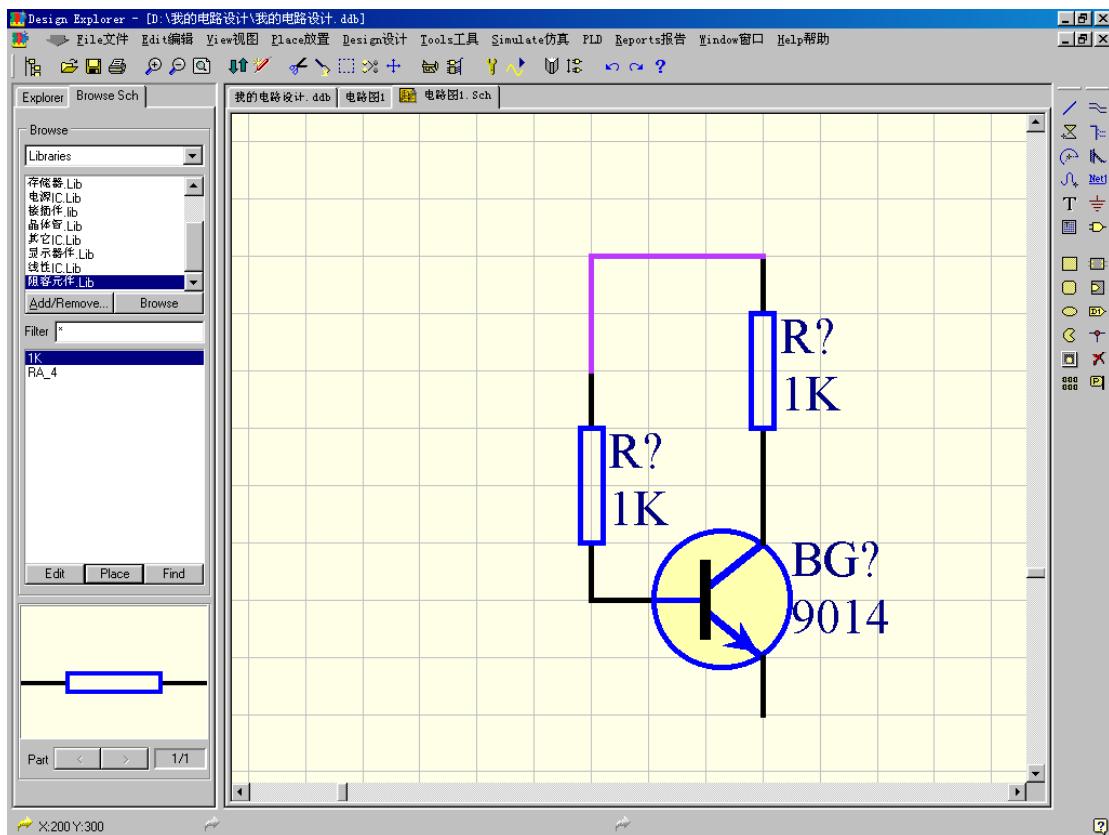


这里所说的线,是指具有电气连接意义的线,也有人称之为网络连线,其实是一个意思,主要目的是为了让 PCB 识别这些电气连接,菜单命令 Place 放置/Wire 线,是具有电气连接意义的线,最好记忆的是鼠标右键菜单放置的线肯定具有电气连接意义。原理图里两个工具栏的第一项都是放置线,一个有电气连接意义,一个没有电气连接意义,许多初学者就是在这个地方搞错,以至于后面的同步设计和网络布线无法进行。如图 3-2-8,左边工具栏第一项图标是双线,有电气连接意义,右边工具栏第一项图标是单线,没有有电气连接意义,这种线是用来在原理图上绘制表格,或者画个什么与电气连接无关的图的连线之类的东西,不仅如此,左边工具栏放置的东西都与电气连接有关,右边工具栏放置的东西都与电气连接无关。



放置线,执行鼠标右键/Place Wire 放置线,鼠标光标就处于放置线的状态,把鼠标光标移动到左边电阻上面的引脚,点鼠标左键,向上移动两个网格,点一下鼠标左键,向右移动到右边电阻引脚上,如图 3-2-9,如果这时候还需要放置其它线,就点一下鼠标右键,结束放置这一段线,鼠标还处于放置线的状态,还可以放置其它需要连接的线,不想继续放置

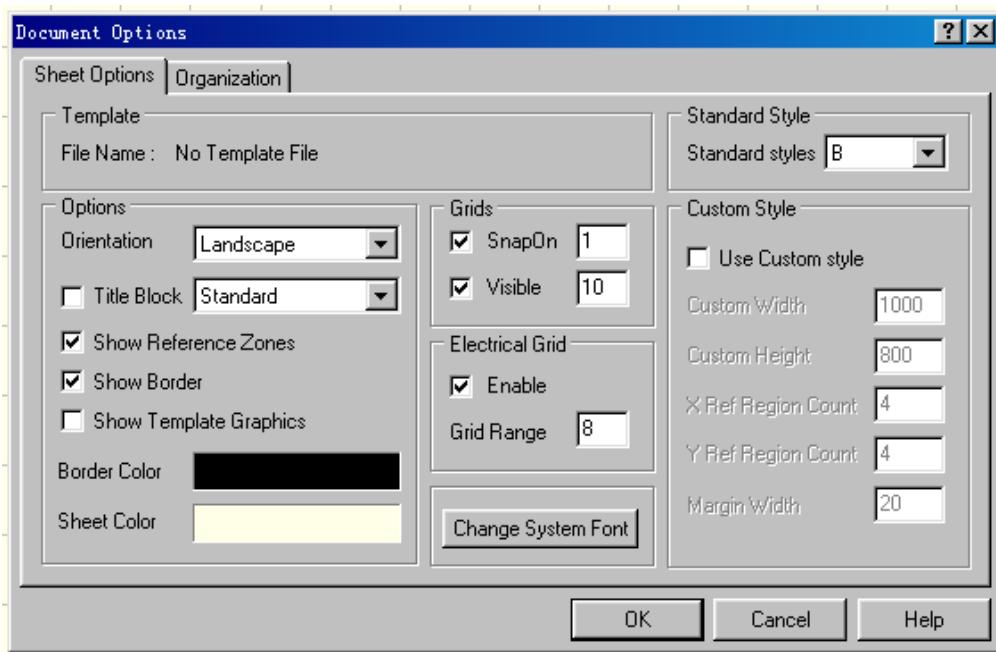
线，就按鼠标右键时间稍微长一些就取消放置线的状态了。



7、移动元件编号和元件类型

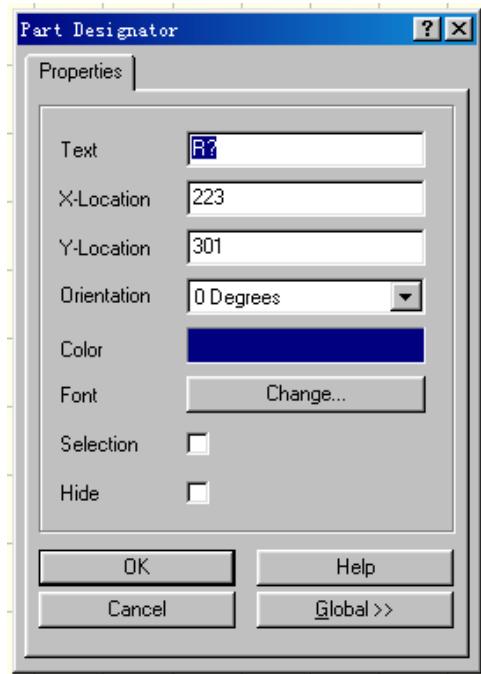
元件编号也称为元件序号，阻容之类的元件类型可以用阻值、容量表示，三极管、集成电路之类的元件可以用元件名称表示。移动元件编号和移动元件的方法一样，用鼠标光标指向任何一个元件序号或元件类型的中心部位，按住鼠标左键不放，移动鼠标至合适位置，松开鼠标左键就完成移动元件的操作。如果想把元件序号和元件类型移动放置得更美观，就需要调整 Snap (移动网格) 的值，执行鼠标右键 /Document Options... 文档选项，就弹出文档选项对话框，把 Sheet Options 页面 Grids 区块的 SnapOn 的值改为 1，按 OK 按钮确认，如图 3-2-10，就可以精确移动元件序号和元

件类型了，所有的元件序号和元件类型移动结束后，再把 Snap 的值改为 10。本书已介绍过，Protel 任何一个版本的原理图的可视网格两根线的距离是 100mil，Snap 的值为 10 的时候移动网格为 100mil，除了移动元件序号和元件类型时需要把 Snap 的值设置为 1，其它情况下 Snap 的值为 10 最好用，只有少数情况下把 Snap 的值设置为 5。

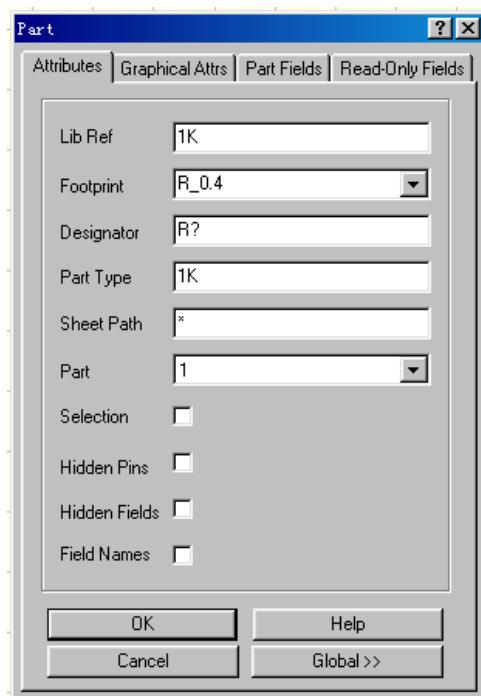


8、更改元件编号和元件类型

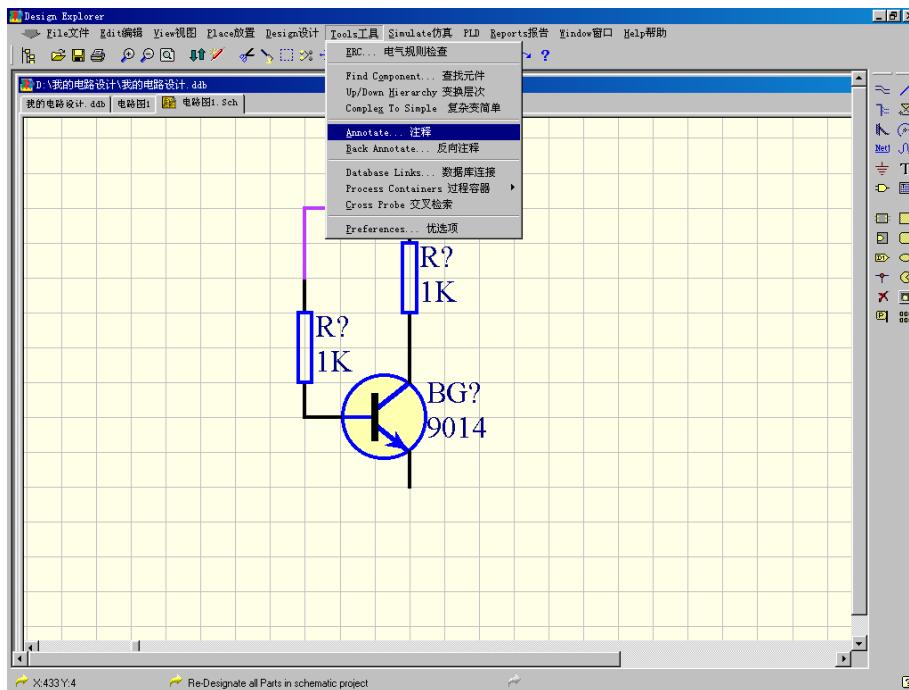
用鼠标双击左边电阻 R?，弹出元件序号对话框，如图 3-2-11，Text 栏目就是元件序号对话框，把 R? 改为 R1，点 OK 按钮确认。



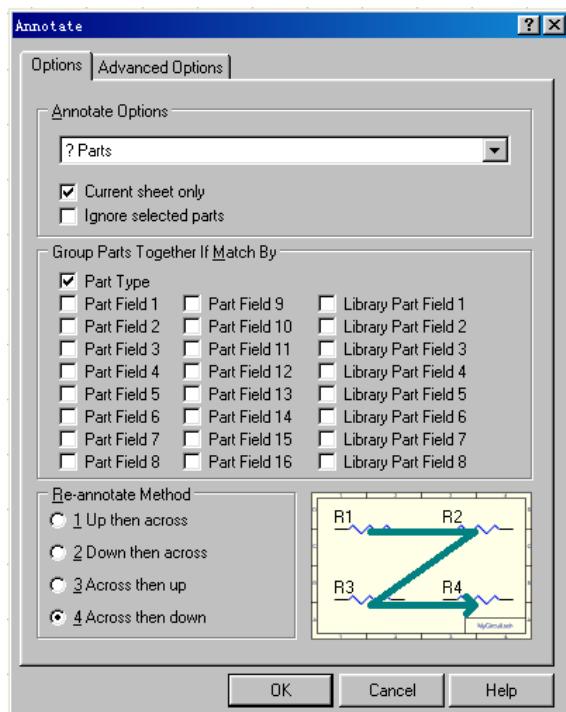
更改元件编号最常用的就是这个方法，但是，速度太慢，快速更改元件编号可以在放置元件状态，比如放置电阻，按键盘上的 Tab 键可以弹出如图 3-2-12 的对话框，这时候把 Attributes 页面的 Designator 的 R? 改为 R1, 点 OK 按钮确认，之后放置电阻的编号会自动加 1，



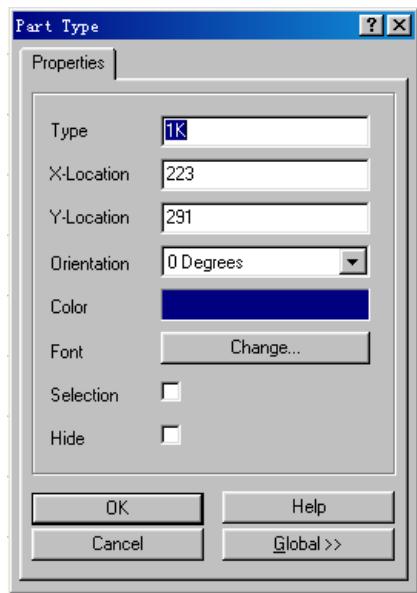
还有一个快速更改元件编号的方法是自动编号，执行菜单命令 Tools 工具/Annotate...注释如图 3-2-13。



就弹出自动编号的对话框，如图 3-2-14，对这个对话框进行设置之后按 OK 确认就可以对元件自动编号了。这两个快速编号的方法读者可根据实际需要使用。

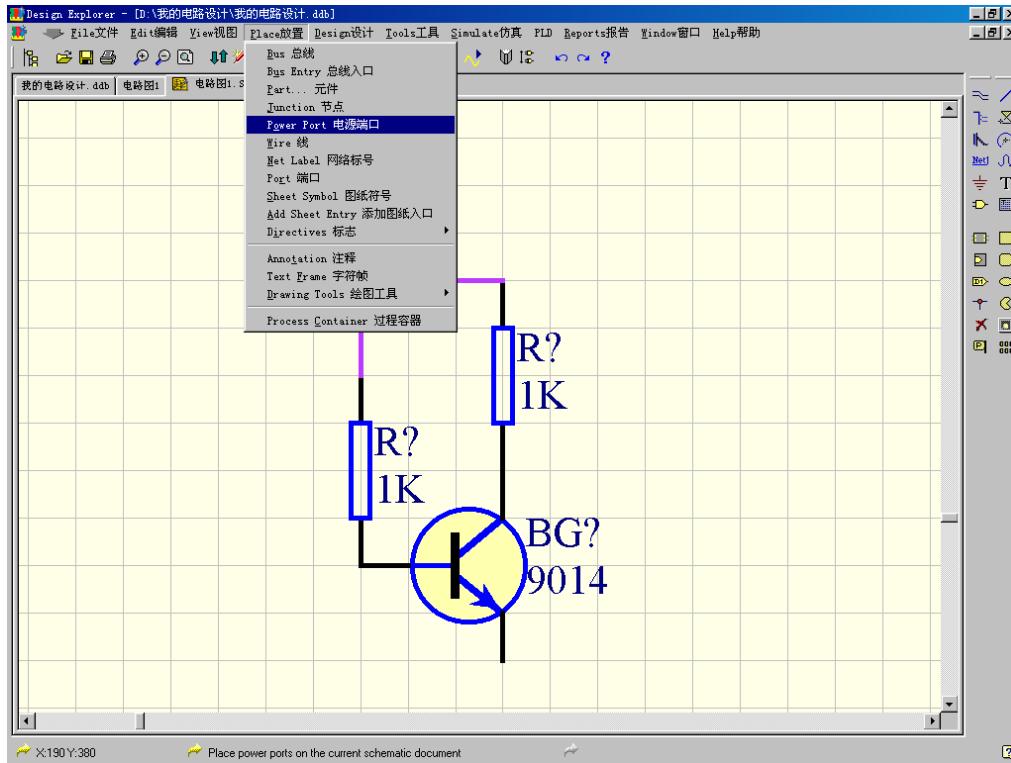


更改元件类型，用鼠标双击左边电阻的 1K，就弹出元件类型对话框如图 3-2-15，Type 栏目就是元件类型，更改后按 OK 确认。

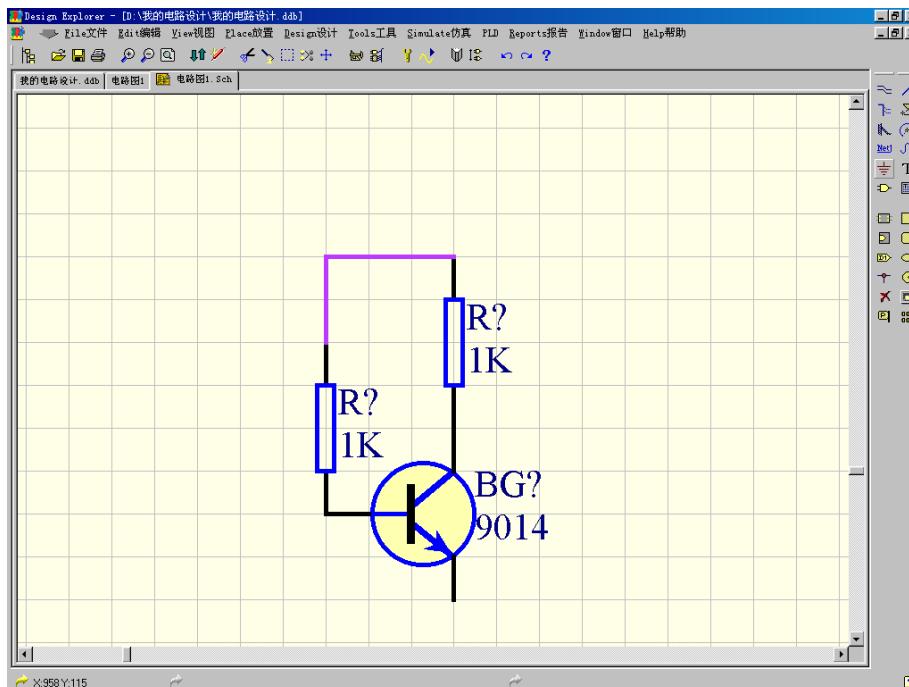


9、放置电源端口

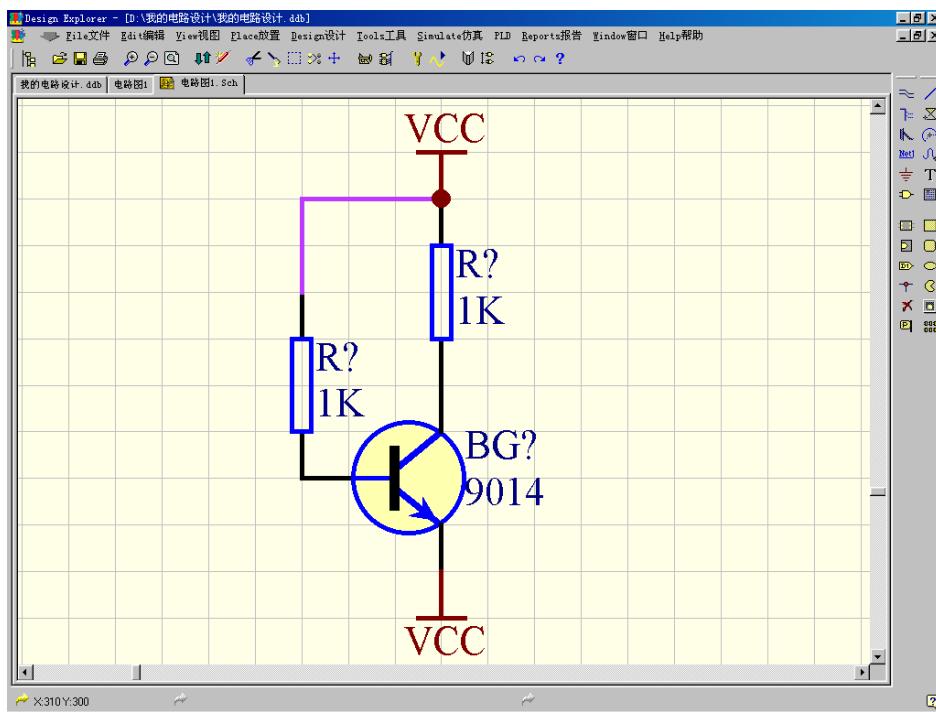
电源端口是用来表示相同连接点的电源属性。在原理图中使用电源端口，可以使电路的电源分布一目了然，既简化了原理图的绘图，也提高了原理图的可读性。执行菜单命令 Place 放置/Power Port 电源端口，如图 3-2-16，



或者用鼠标点连线工具栏第五项，如图 3-2-17，鼠标光标上就出现电源端口，

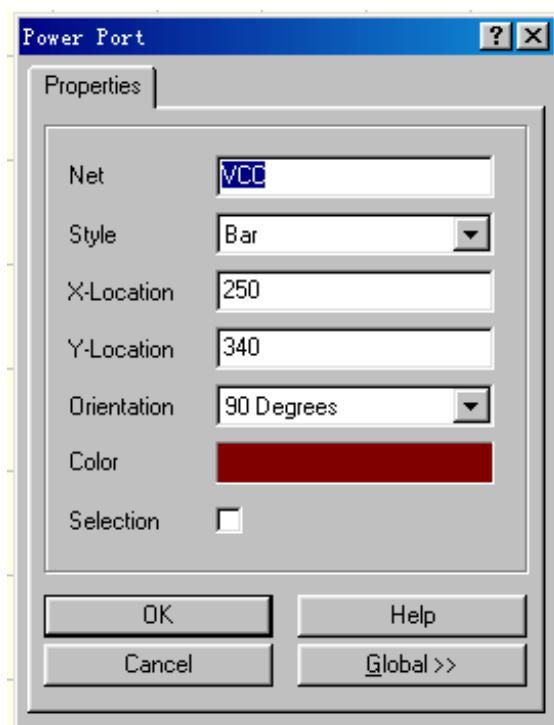


旋转电源端口按空格键，放置两个电源端口如图 3-2-18 的位置。

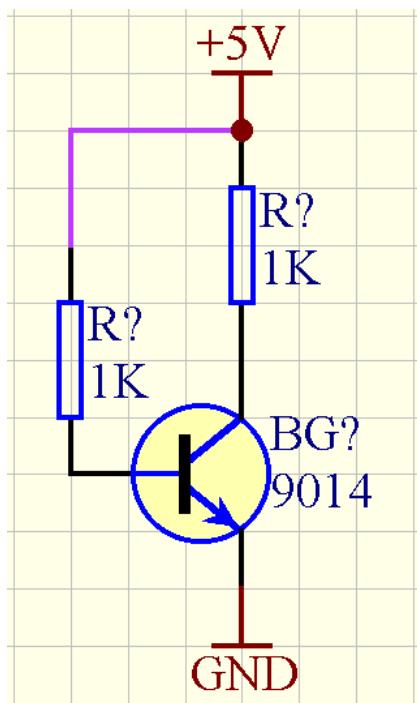


10、更改电源属性

Proteo 的电源端口实际上只是一种，表示不同的电源连接是靠更改属性实现，用鼠标双击如图 3-2-18 上面的一个电源端口，就弹出电源属性对话框，如图 3-2-19，Net 栏目就是电源端口连接的网络名称，这里改为+5V，点 OK 确认。

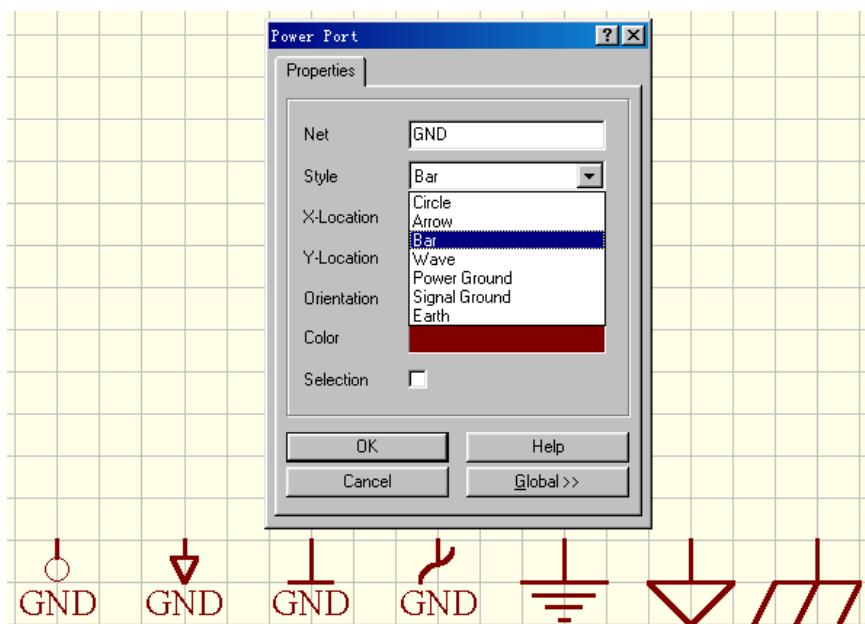


用同样的方法把下面的电源端口改为 GND，如图 3-2-20，



11、更改电源端口类型

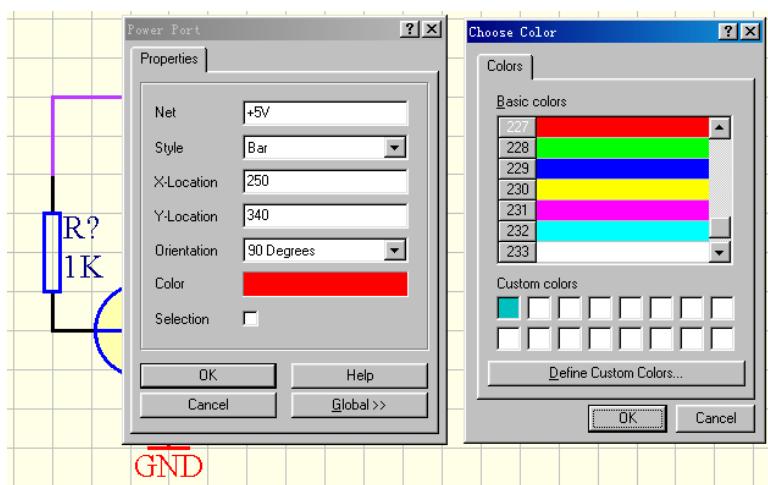
电源端口类型实际指的是电源种类，如图 3-2-21，用鼠标点 Style 栏目的下拉箭头，有 7 种不同的电源端口类型供选择，这些类型以 GND 为例，显示图形如 3-2-1 下面的 7 种显示，用来表示信号地、数字地、电源到、接地等电源网络。



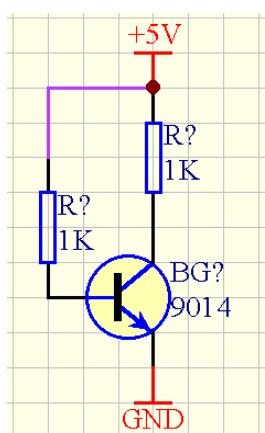
初学者尽量选用有符号的电源端口图形，以免造成电源网络混乱，Bar型比较直观，等熟悉电源端口属性之后，用什么类型的电源端口也不会出错了。

12、更改电源端口颜色

电源端口属性对话框的 Color 栏目，用鼠标点这个栏目就弹出更改颜色对话框，读者可以根据自己的需要更改不同网络电源端口颜色，如图 3-2-22。

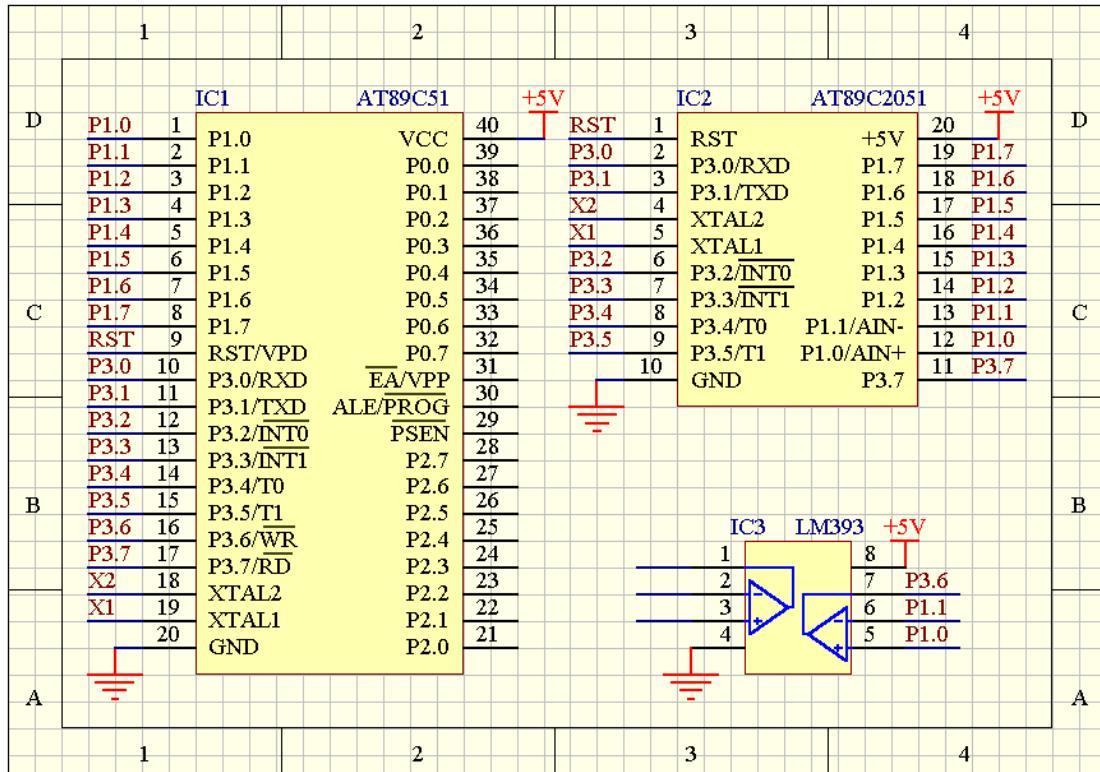


笔者喜欢把所有电源端口改为红色。如图 3-2-23。这个电路里相同的网络只有一种，如果一个原理图里有多个相同网络名称的电源端口，那么，这些相同网络名称的电源端口在电气连接意义上是相连的。



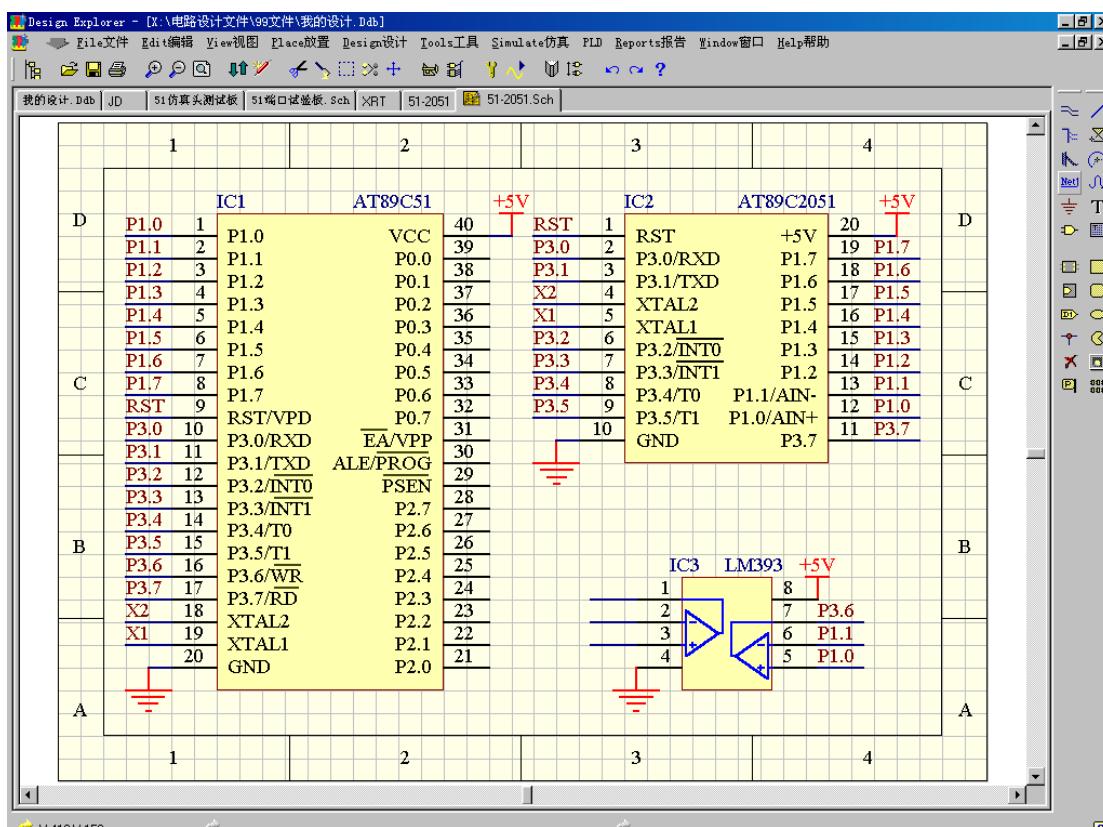
13、放置网络标号

网络标号的作用和电源端口的作用是相同的,电源端口可以理解成一种图形化的网络标号,上面已经介绍过电源端口的作用:如果一个原理图里有多个相同网络名称的电源端口,那么,这些相同网络名称的电源端口在电气连接意义上是相连的。同样道理,如果一个原理图里有多个相同的网络标号,那么,这些相同的网络标号在电气连接意义上也是相连的。网络标号和电源端口的配合使用,是简化原理图、提高原理图绘图速度和提高 PCB 布通率最有效的方法之一,网络标号和电源端口为原理图和 PCB 的修改提供了极大的方便,这里用一个原理图来说明网络标号的作用,如图 3-2-24,这是一个 89C51 转 89C2051 的仿真头转换电路,电路不算复杂,但是,如果用线来连接,可想而知,连线是比较复杂的,绘图速度难以提高,绘图的准确率不易保证,用了网络标号之后,原理图显得如此简洁,从图 3-2-24 可以看到,相同的网络标号是相连的(网络标号可以和原理图元件的引脚名称、元件名称甚至元件序号重名,因为它们不是同一属性)。



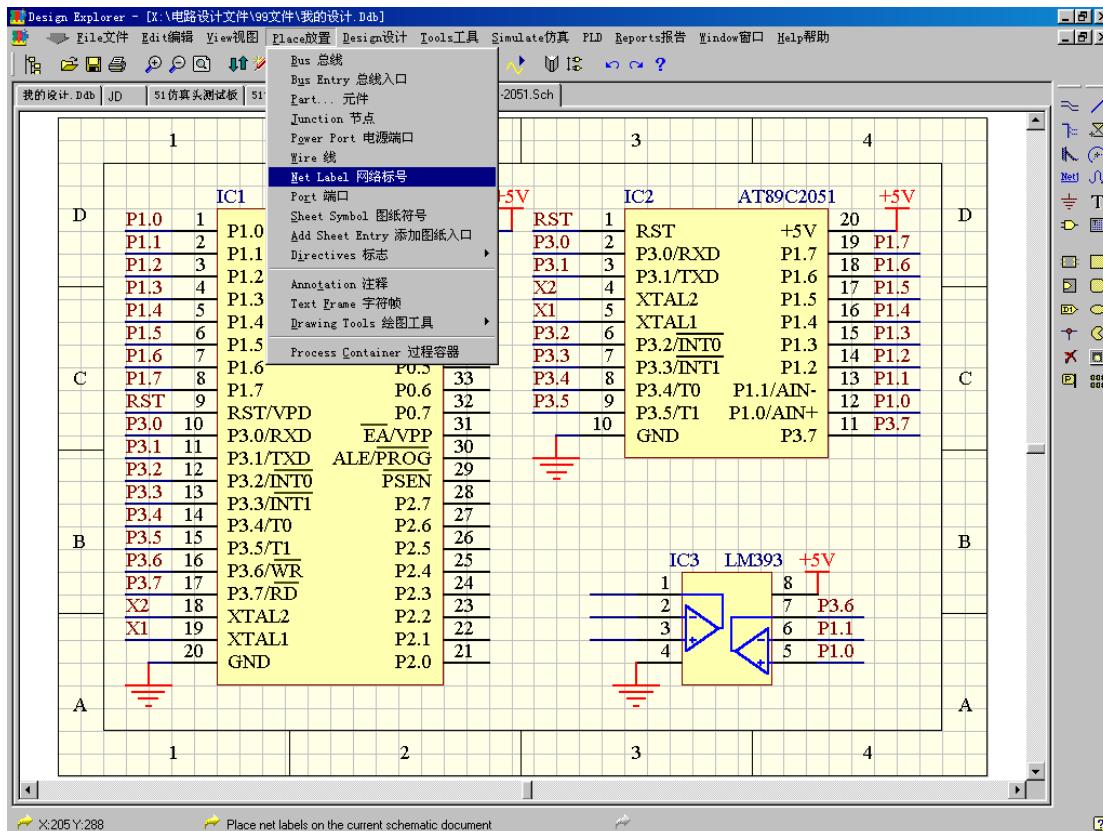
放置网络标号可以用鼠标点连线工具栏第四项图标,如图

3-2-25。

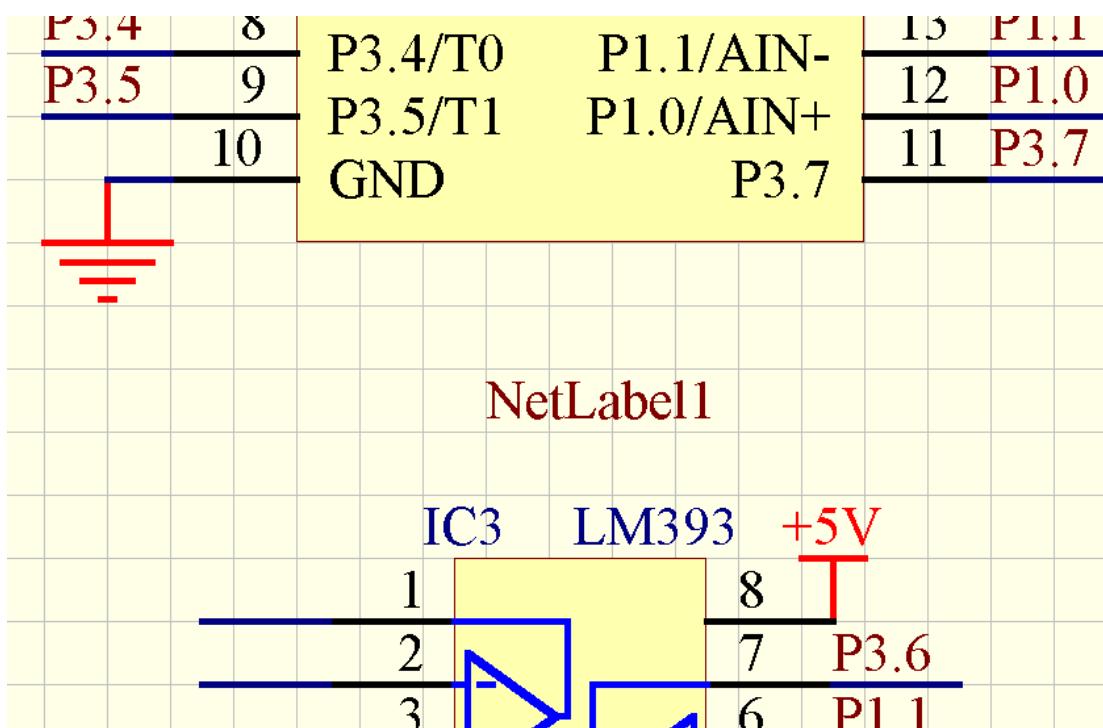


或者执行菜单命令 Place 放置/Net Label 网络标号,如图

3-2-26。

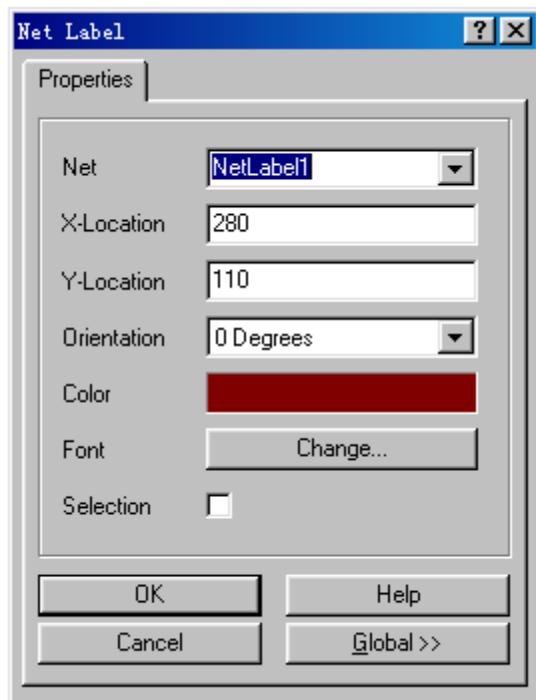


放置的网络标号如图 3-2-27。

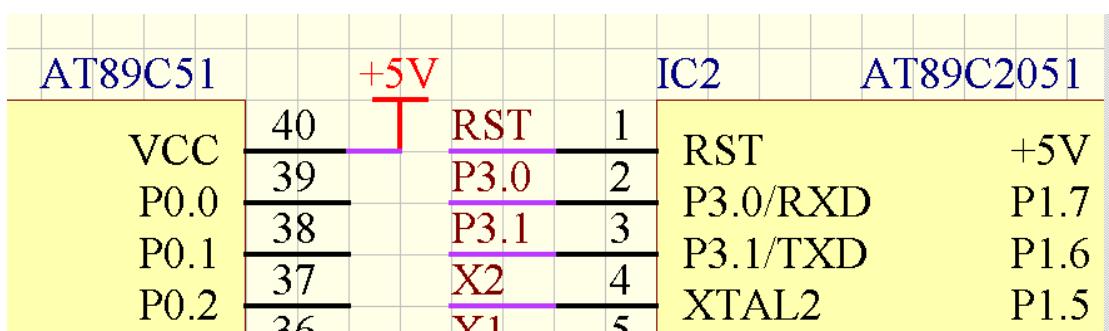


用鼠标双击 NetLabel1, 就弹出网络标号对话框, 如图 3-2-28,

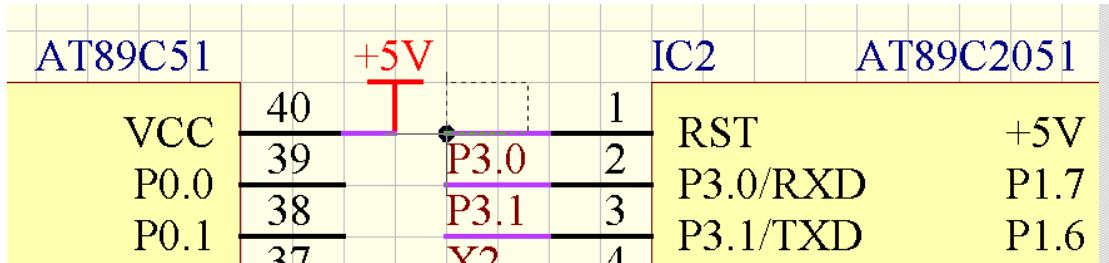
在 Net 栏目里就可以更改出自己需要的网络标号名称后，点 OK 确认，用鼠标移动到需要连接的网络。



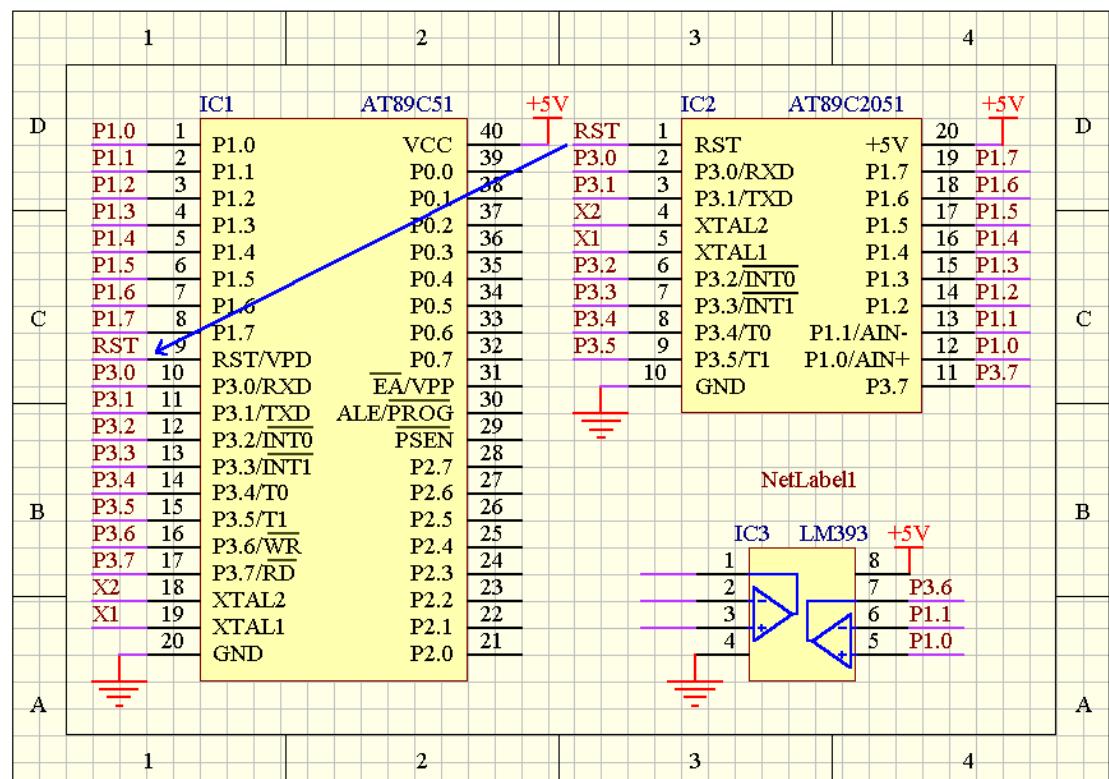
网络标号是怎样表示连接的网络呢？如图 3-2-29，注意看 IC2 的 1 脚网络标号 RST，



用鼠标光标指向 RST，按住鼠标左键不放，RST 左下角出现一个大圆点，鼠标光标也移动到大圆点上，这个大圆点连接的线，就定义为 RST 网络，原理图里相同的网络就具有电气连接意义，如图 3-2-30



从图 3-2-31 可以看到, IC2 的第 1 脚和 IC1 的第 9 脚是相连的, 其它网络标号的原理相同。



在放置网络标号的状态按键盘上的 TAB 键, 设置一个网络名称的编号, 比如 Net1, 放置后的网络名称号会自动加 1, 和放置元件序号自动加 1 的情形一样, 这里就不详细介绍了, 但是, 网络名称号里有小数点, 小数点后面的数字就不会自动加 1, 如: P1.0。

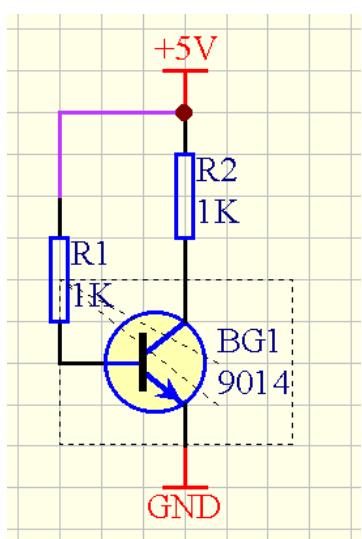
与放置网络标号有关的还有放置网络总线和网络分支线, 网络总线和网络分支线仅仅是用来表示一组网络的连

接，并没有实际电气连接意义，初学者可以不必学习这些内容，在后面章节里简单介绍。

14、点取和选取

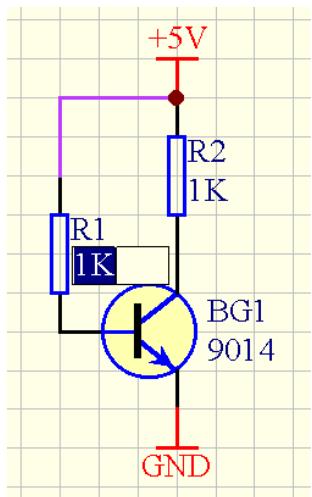
在 Protel 电路绘图中，点取和选取是非常重要的概念，点取是指用鼠标单击点取某个对象，选取是用鼠标框选某个或某组对象。可以点取的对象是元件、线、接点、电源端口等，选取对象包括可以点取的所有对象，也包括点取对象组成的图件，点取的主要作用就是删除被点取的对象，选取的作用是复制、删除、移动和批量修改被选取的图件。

点取的方法很简单，用鼠标单击某个元件即可，比如 BG1，如图 3-2-32，BG1 周围出现虚线框，表示 BG1 已被选取，此时按键盘上的 Delete 键就可以删除元件，被选取的对象按键盘上的 Delete 键都可以被删除。

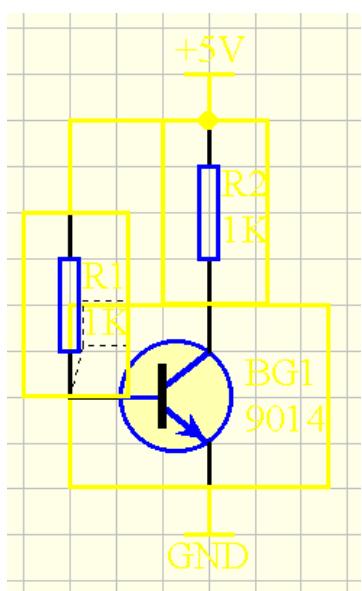


但是，点取还有一个特殊用法，就是更改元件名称、元件序号、网络标号、电源端口名称等，如图 3-2-33，用鼠标两次点取 R1 的 1K，1K 就变成兰色阴字，这时候用键盘就可以

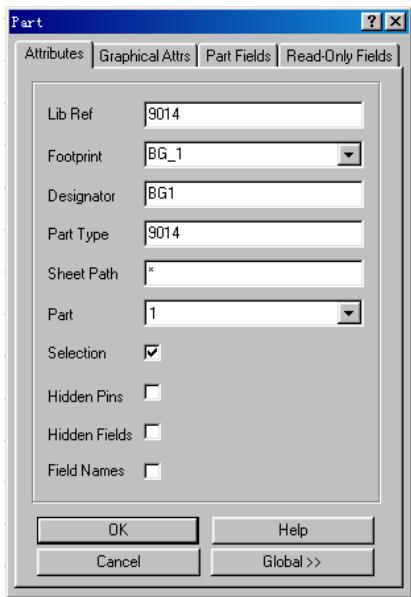
输入需要更改的内容，输入完毕，用鼠标单击一下空白处。



选取的方法也很简单，用鼠标指向图件的左上角，按住鼠标左键不放，移动鼠标至图件的右下角，松开鼠标左键，选取实际就是框选图件，如图 3-2-34，被选取的图件出现黄色，此时用鼠标就可以移动整个图件，执行 **Ctrl+Delete** 键就可以删除整个被选取的图件，撤消选取执行快捷键 **X/A**，就是在键盘上先按 **X** 键再按 **A** 键。复制元件和图件的方法就是在选取状态下执行 **Ctrl+C** 是复制，用鼠标点一下需要复制的元件或图件，粘贴是 **Ctrl+V**。



如果选取某个元件用框选的方法不好选取，可以双击某个元件，比如 BG1，弹出元件属性对话框，如图 3-2-35，这时候用鼠标选中 Attributes 页面的 Selection，按 OK 按钮确认，就可以选取元件。

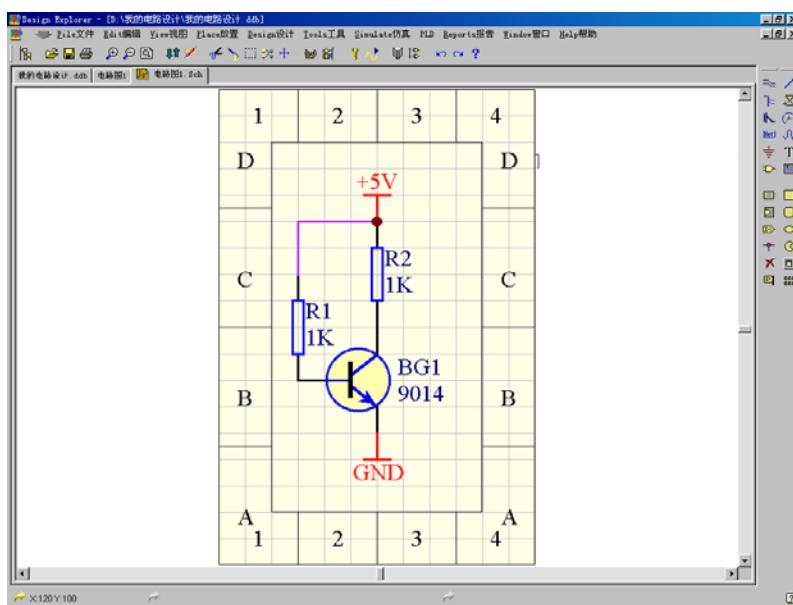


老版本的 Protel 点取和选取的操作方法很复杂，以至于怎么也难以提高绘图速度，Protel2.0 移动元件的确是先用工具栏或菜单命令先点取元件，然后才能移动元件，最后是撤消点取，自从 Protel98 之后，直接用鼠标拖动元件或其它操作对象，就是对点取操作的最大简化，直接用鼠标框选来选取图件，也是把选取操作简化得几乎不能再简化，高版本 Protel 为了兼容低版本 Protel 的操作，依然保留了这些操作，但是，实在没有什么学习价值了，本书就不介绍了。

15、自定义图纸大小

自定义图纸大小上面已经介绍过，这里是对电路图 1.sch 自定义图纸大小，先选取整个图件，用鼠标把图件移动到图

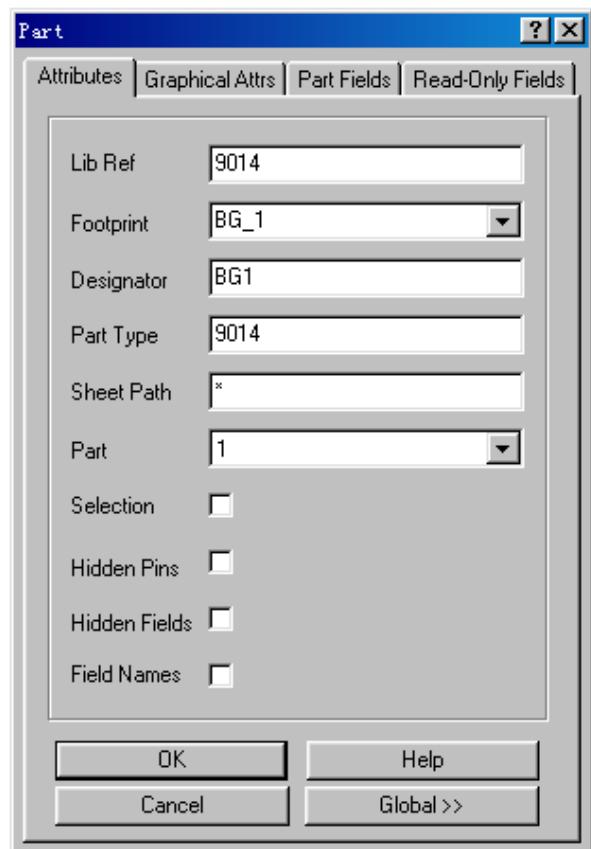
纸的左下角,把图纸大小定义到刚好符合图件,放大图纸至适合文档,用鼠标点主工具栏第七项图标,如图 3-2-36,可以看到,图件的上、下、左、右离图纸参考栏一个网格的距离,这时候图纸大小刚好符合图件,自定义图纸大小可以边画图边定义。



16、添加 PCB 库封装

用鼠标双击某个元件,比如 BG1,就弹出元件属性对话框,如图 3-2-37,Attributes 页面的 Footprnt 栏目就是原理图元件对应的 PCB 库封装,可以看到,原理图元件对应的 PCB 库封装已经有了,这是因为自制原理图元件的时候已经把对应的 PCB 库封装做好了,所以自制元件是提高绘图速度的方法之一。Protel 自带的库元件就没有这些内容,那么,就得一个一个地添加,如果用 Protel 的库元件绘图,第一次使用某个元件的时候就把 PCB 库封装添加好,需要这个元件就复制,这样可以提高一些绘图速度,以后需要有相同的修改还

可以用批量修改来提高修改速度，但是，还是没有自制原理图元件时添加PCB库封装的方法来的快，这些内容在自制库元件的章节里详细介绍。

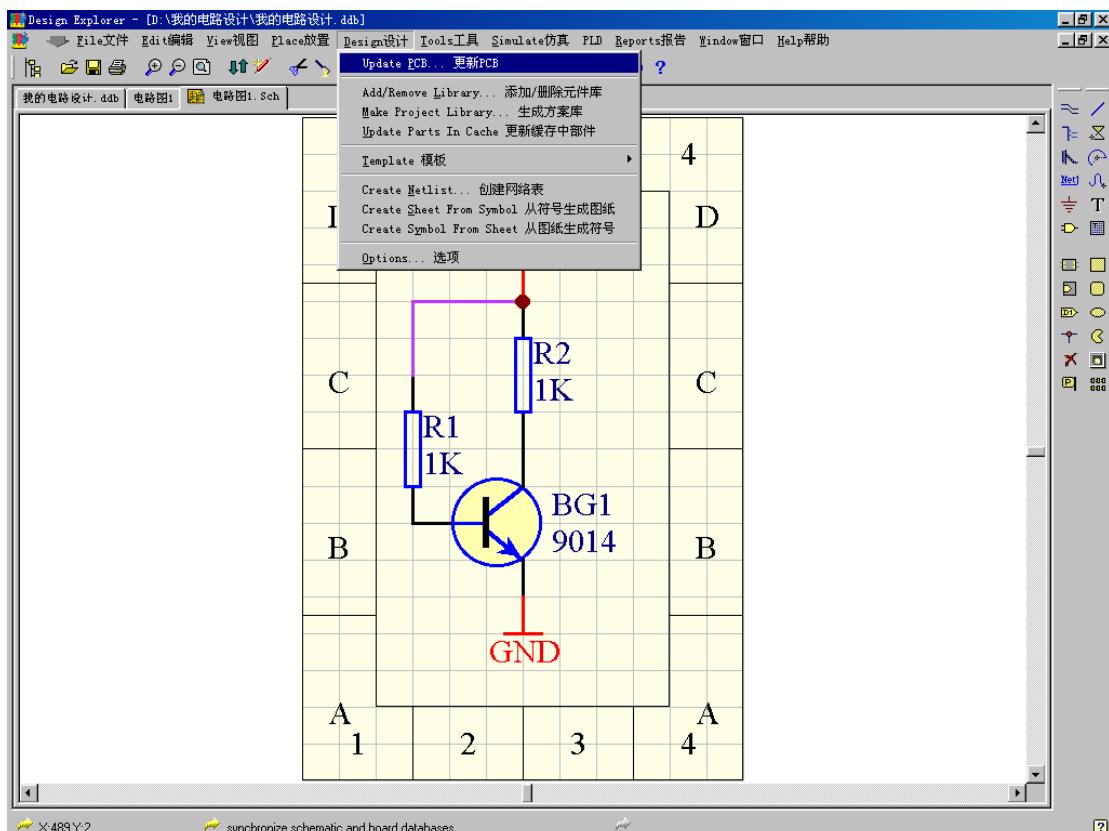


第四章：绘制 PCB 图

第一节：用同步器新建 PCB 文件

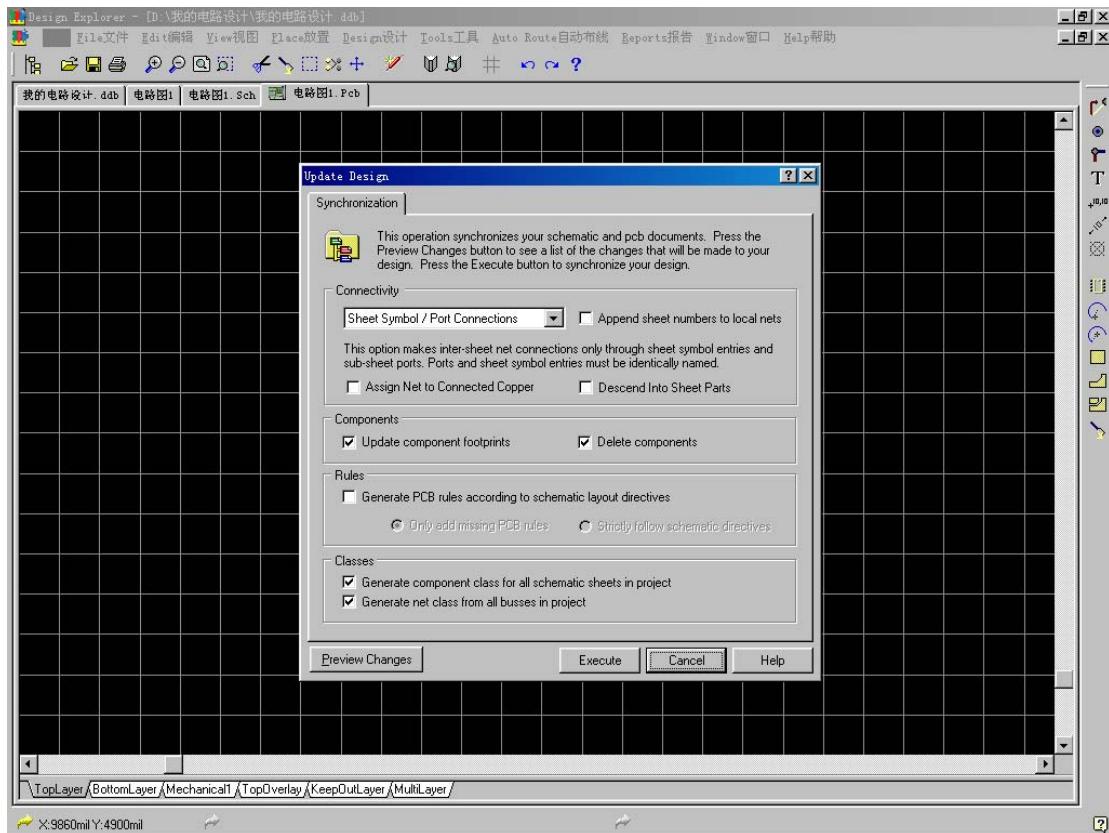
本书已经介绍过新建各种文件的方法，是用菜单命令新建文件，这里介绍的是用同步器新建 PCB 文件。

在电路图 1.sch 里执行菜单命令 Design 设计/Update PCB... 更新 PCB。如图 4-1-1。



这时候由同步器在电路图 1.sch 相同路径里新建了一个名为电路图 1pcb 的 PCB 文件，并自动打开电路图 1pcb 文件，同步器对话框也随之出现，如图 4-1-2。用鼠标点同步器对话框的 Cancel 按钮，取消同步器对话框，新建 PCB 文件就完成了，这就是在有了原理图文件的情况下新建 PCB 文件的最

快方法。



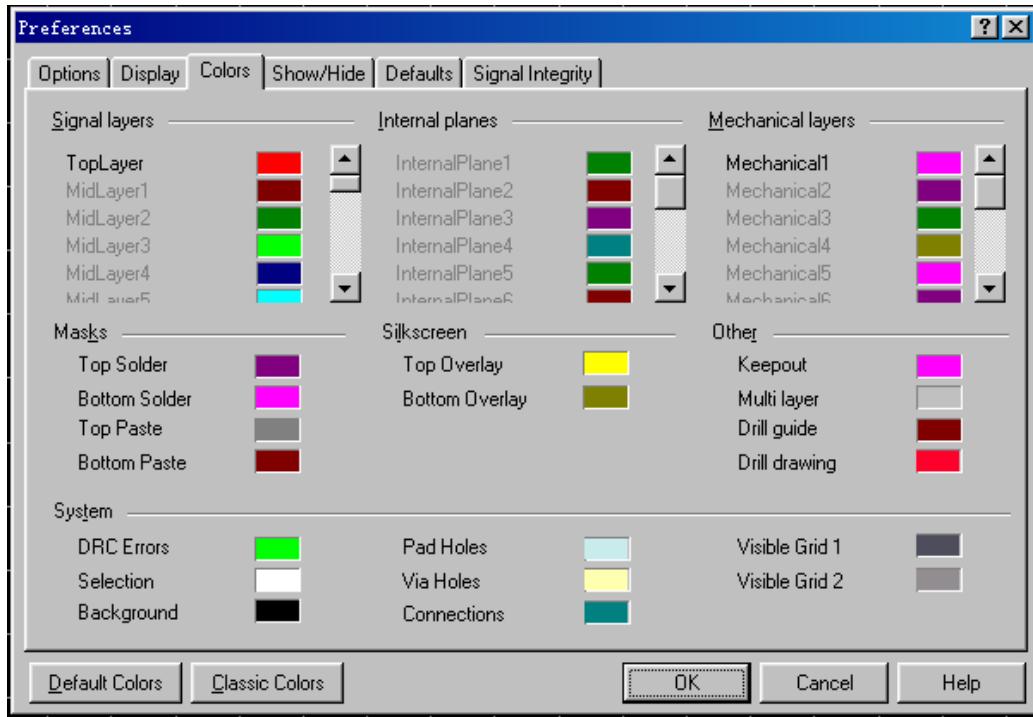
第二节：设置 PCB 绘图区页面显示风格

执行鼠标右键/Options 选项/Display...显示，如图 4-2-1。

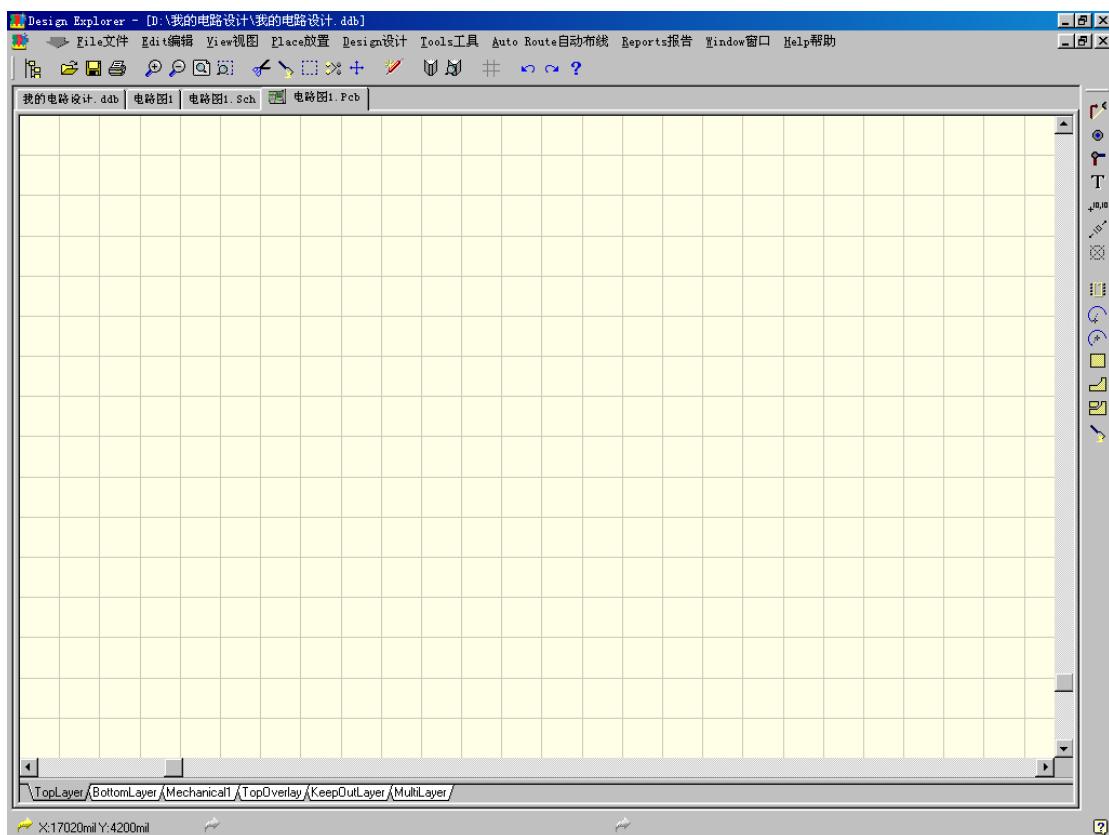


就弹出参数选择对话框，用鼠标选中 Colors 页面，如图 4-12-2，这个对话框左下角的两个按钮 Default Colors 按钮是默认颜色，Classic Colors 按钮是古典颜色，用鼠标分别点这

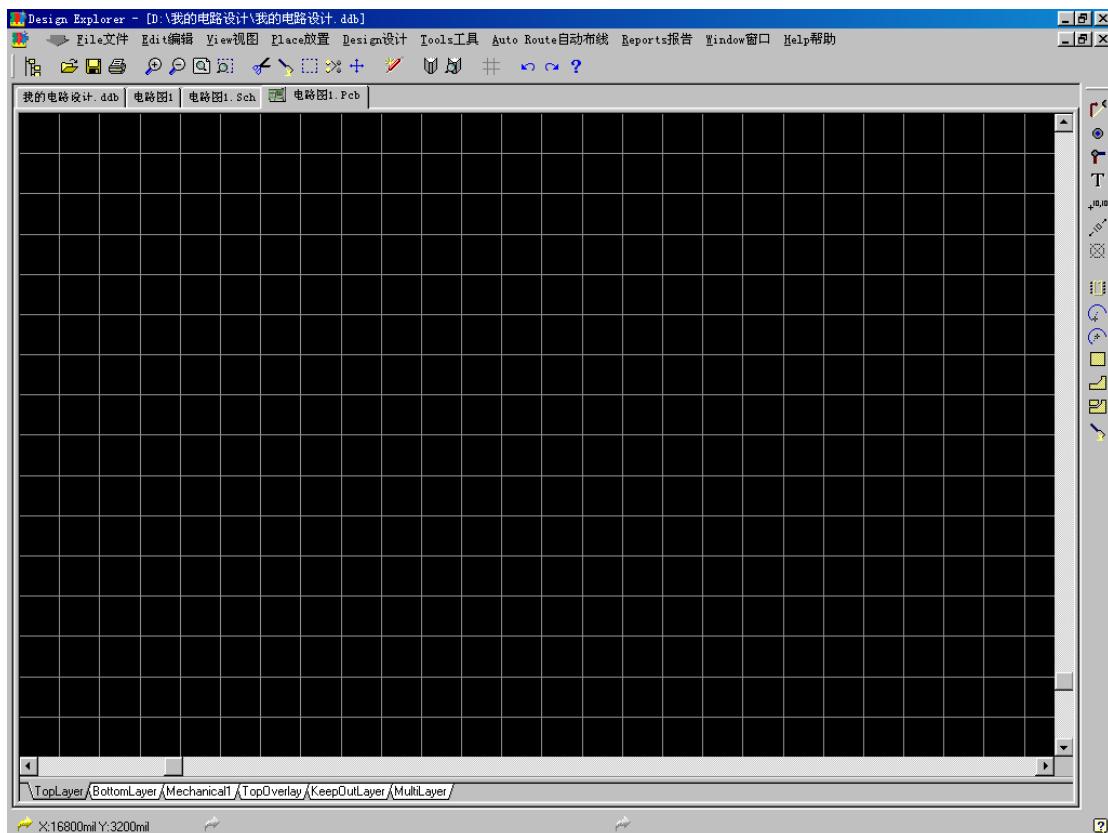
两个按钮，然后点OK按钮确认，就可以转换两种不同的显示风格。如图 4-2-2。



默认颜色显示风格如图 4-2-3。



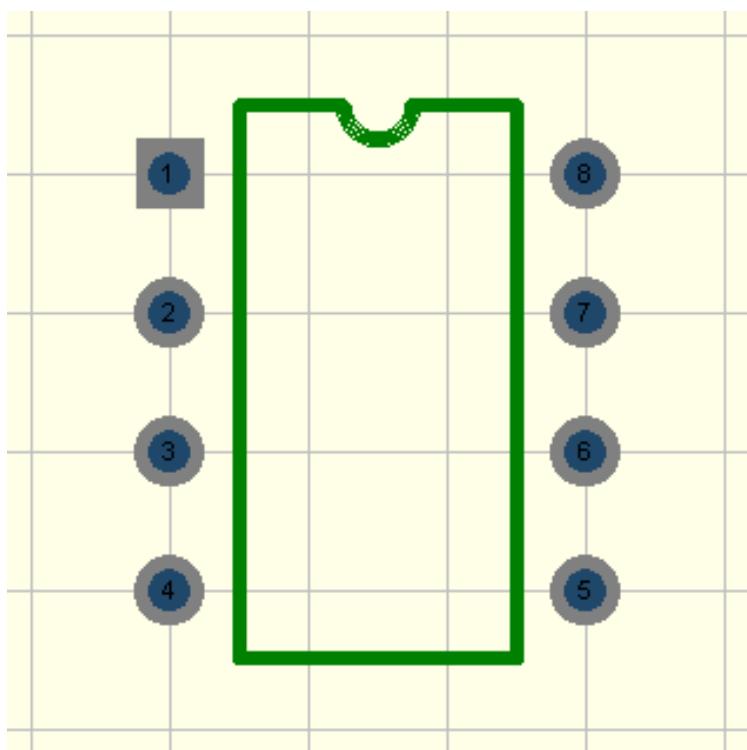
古典颜色显示风格如图 4-2-4。



对于使用者,这两种不同的显示风格是萝卜白菜各有所爱,有人认为,默认颜色显示风格显示明亮,有利于观察很小的细节,古典颜色显示风格显示暗淡,可以保护视力,笔者认为,只要使用电脑,就会损伤视力,损伤视力的主要原因并不在于显示风格,要保护视力,就少用电脑,或者合理安排使用时间,每半小时就休息一下,往远处眺望一会儿。读者需要什么显示风格,可以根据自己的爱好选择,本书为了获得明亮清晰的界面图,PCB一律采用默认颜色显示风格,Protel99SE 安装后 PCB 作图区默认的显示风格是古典颜色显示风格。

第三节：显示屏显示电路板的正确方位

这个问题对于已经入门的读者或者高手来说，纯属多余，但是，对于初学者，很有必要强调，显示屏显示电路板的正确方位，是相当于实际电路板元件面的透视图，初学电路绘图把 PCB 画反的情况大有人在，这样的 PCB 绘制得再好，按照正常工艺制作出来的电路板是废品，Protel 的 PCB 文件和 PCB 库文件，均是元件面的透视图。有一个比较好的方法可以防止 PCB 画反，在 PCB 图里放置一个 Protel 自带库的封装 DIP8 集成电路，当摆放位置如图 4-3-1 时，元件的 1 脚焊盘在左上角，那就对了，如果元件的 1 脚焊盘是在左下角，那一定是反了，还可以清楚地看到，1 脚焊盘设置为方形，原因之一，就是为了防止把 PCB 画反。



第四节：关于绘图中使用长度单位的制式

在 Protel 电路绘图中,无论是原理图还是 PCB 图,绝大多数情况下,必须使用英制单位,特别是 PCB 图,使用英制单位十分重要,不要以为英制单位是外国人使用的,因为目前的电子元件,管脚的排列以英制单位为主,以公制单位排列管脚的元件很少,就说最常见的 DIP 封装的集成电路,两个管脚的距离是 100mil,相当于公制的 2.54mm,9014 三极管两个管脚的距离也是 50mil,硬是要用公制绘图,计算尺寸实在不方便,用公制尺寸测量元件管脚几乎都不是整数,在设置网格、设置捕获网格以及焊盘大小,还有放置线的时候,也必须用英制,只有这样,才能准确快速地绘制出高质量的 PCB 图。熟悉英制尺寸仅仅是一个过程,一旦使用,很快就可以掌握,下面列出公英制的长度单位换算:

$$1 \text{ foot (英尺)} = 12 \text{ inches (英寸)} = 0.3048 \text{ metre (米)}$$

$$1 \text{ inch (英寸)} = 1000\text{mil (毫英寸)} = 25.4\text{millimetres (毫米)}$$

$$100\text{mil (毫英寸)} = 2.54\text{millimetres (毫米)}$$

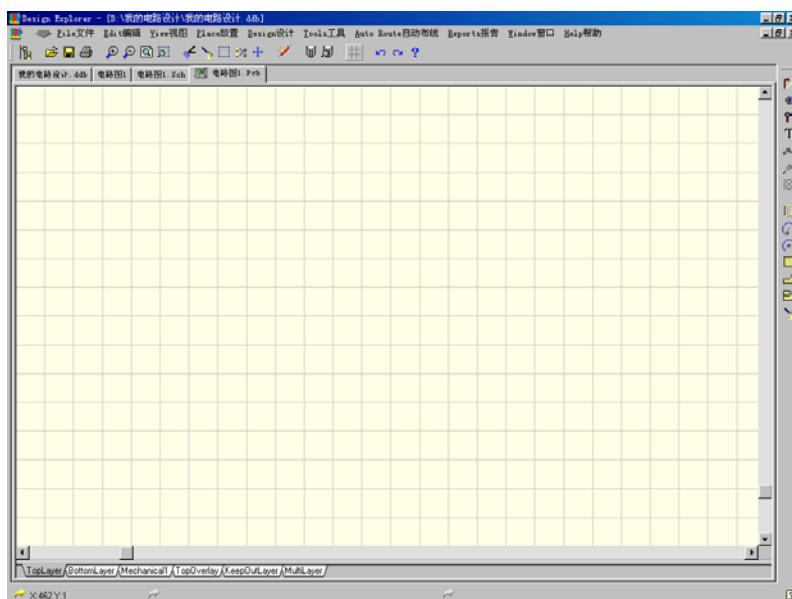
在实际绘图中,只有设置钻孔尺寸的时候需要设置为公制尺寸,或者自制元件时,确实遇到公制管脚的元件,可以把 Protel 度量尺寸的制式设置为公制,执行菜单命令 View Toggle Units 公/英制转换,这条命令就可以转换公英制。也

可以按键盘上的 Q 键快速转换。

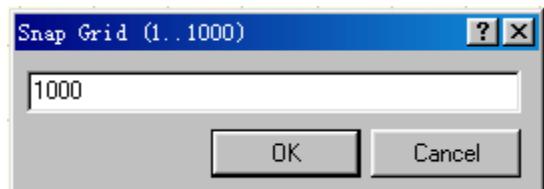
第五节：定义相对坐标园点

Protel 的 PCB 图作图区图纸非常大,具体尺寸是 9999mil × 9999mil, 相当于公制的 2.5 米×2.5 米左右, 这么大的图纸, PCB 图放在哪个位置绘制比较好呢? 从方便移动图纸的角度考虑, 如果绘制的 PCB 不大于 10 英寸×10 英寸时, 那么, PCB 图的左下角应该在绝对坐标 (X: 5000mil, Y: 5000mil) 时比较合适, Protel 的作图区在第一象限, 整个作图区的左下角是绝对坐标园点, 相对坐标园点定义在绝对坐标 (X: 5000mil, Y: 5000mil) 处, 就相当于绘制的 PCB 的左下角是相对坐标园点, 这样定义, 移动图纸方便, 计算 PCB 尺寸也很方便。

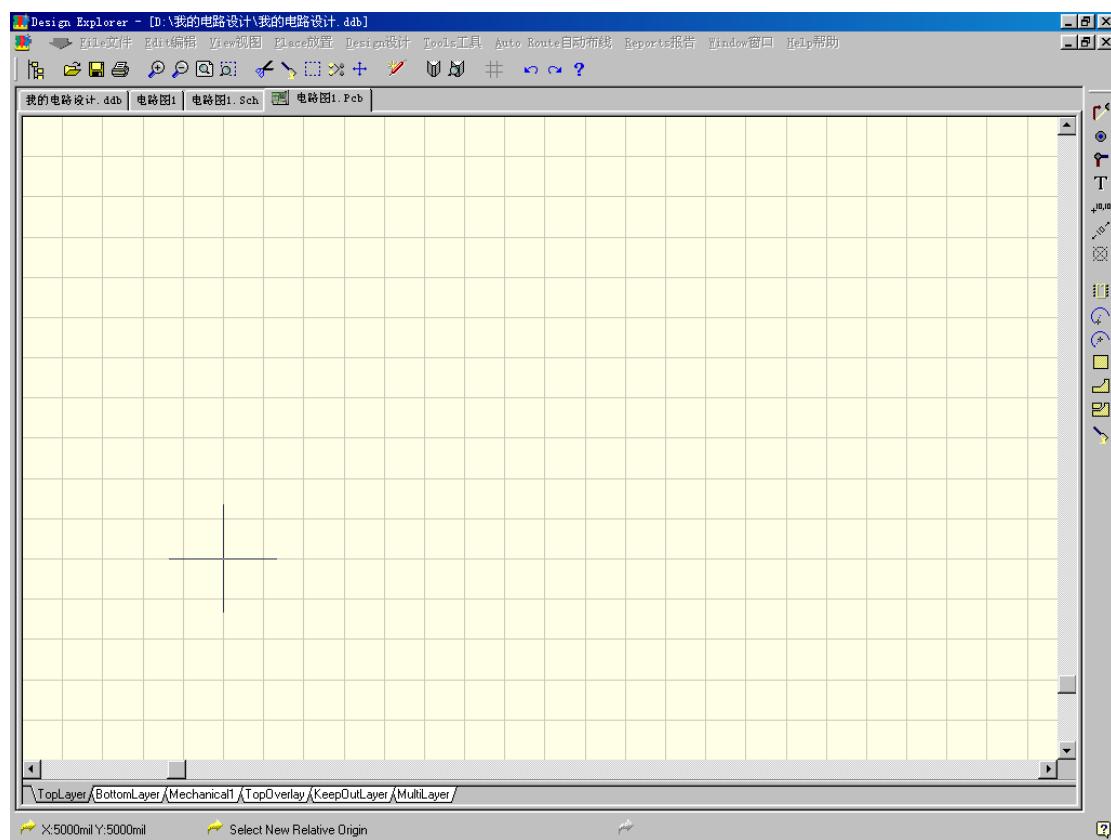
用鼠标点主工具栏倒数第四项图标, 就是像“井”字的图标, 如图 4-5-1,



弹出设置移动网格对话框，把其中的栏目值改为 1000，如图 4-5-2，注意：没有必要改为 1000mil，这时候是英制，1000，Protel 默认为 1000mil，也就是 1 英寸，ProtelPCB 图其它方面的设置，也是如此。



用鼠标点放置工具栏第七项图标，鼠标光标上出现一个十字，这就是放置相对坐标园点状态，移动鼠标，观察作图区左边最下面的状态栏的绝对坐标值，移动到（X： 5000mil，Y： 5000mil）处，点一下鼠标左键，定义相对坐标园点就完成了，如图 4-5-3。

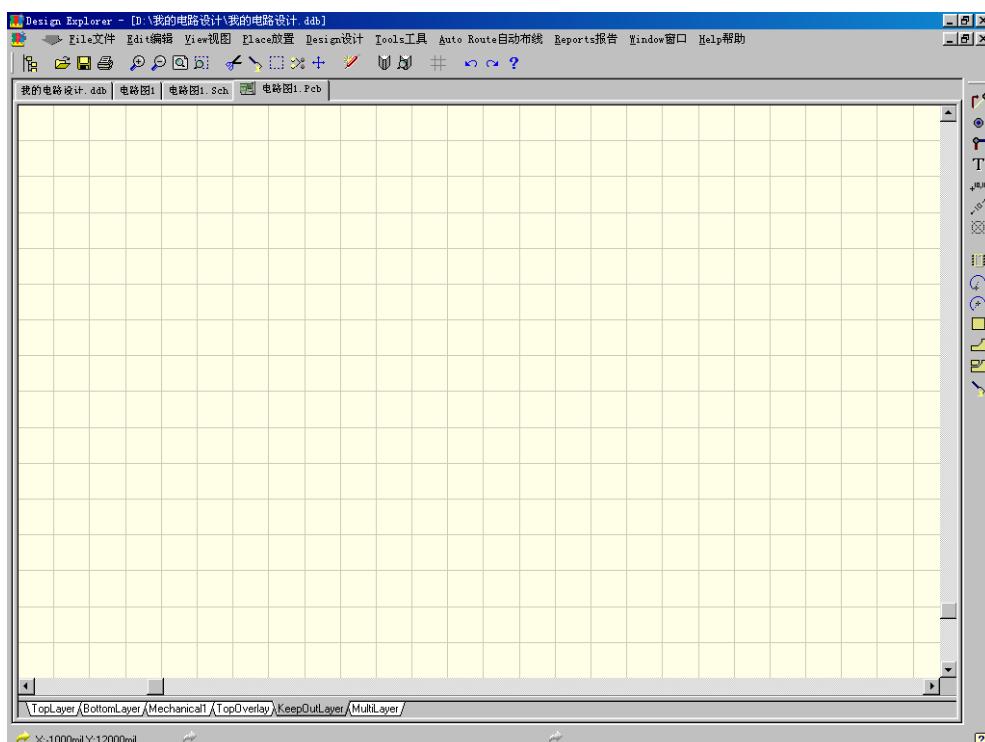


第六节：定义 PCB 边框

1、选择工作层面为禁止布线层

用鼠标点作图区下面的工作层面标签，选 KeepOutLayer (禁止布线层)，当前工作层面就是禁止布线层了，如图

4-6-1。

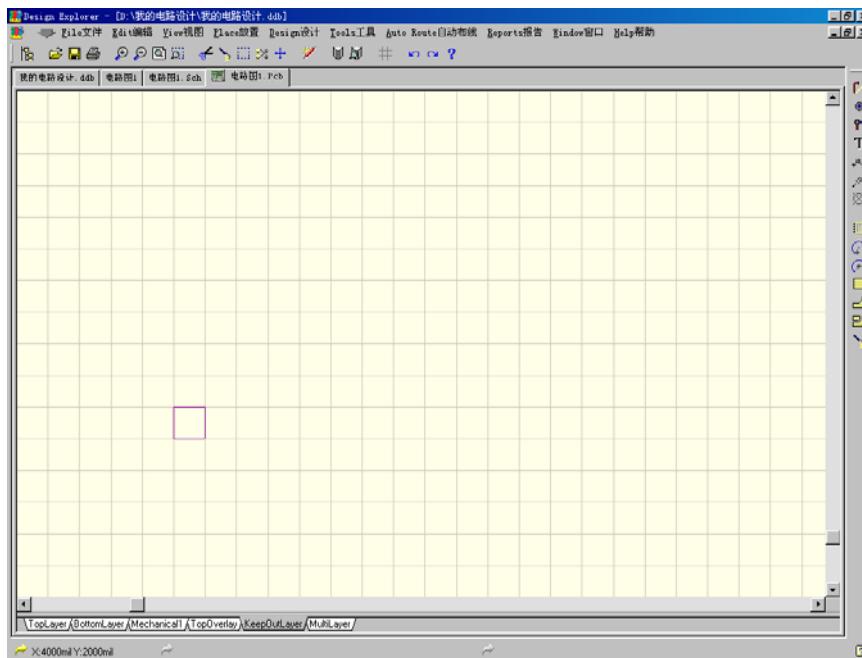


2、放置线定义板框

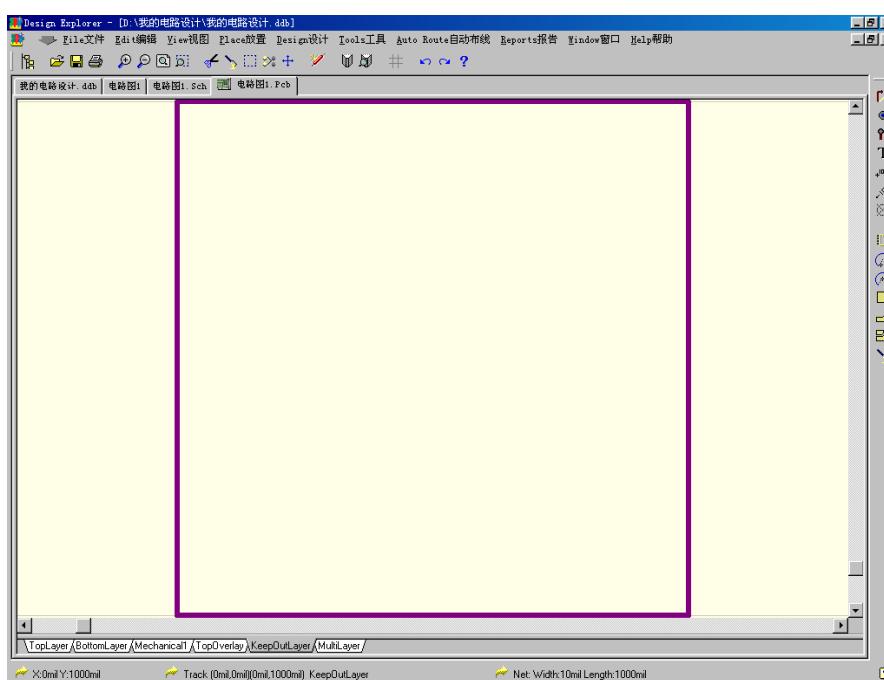
执行鼠标右键/Place Track 放置线，如图 4-6-2，鼠标光标上出现一个十字，这就是放置线的状态，



在 PCB 图里放置线的方法和在原理图里放置线的方法几乎一样，不好找到相对坐标原点，可以执行 Ctri+End，鼠标光标就移动到相对坐标原点上了，放置一个 1000mil×1000mil 的方框，如图 4-6-3。



用鼠标点主工具栏第七项图标，把定义的 PCB 放大适合整个作图区，如图 4-6-4。

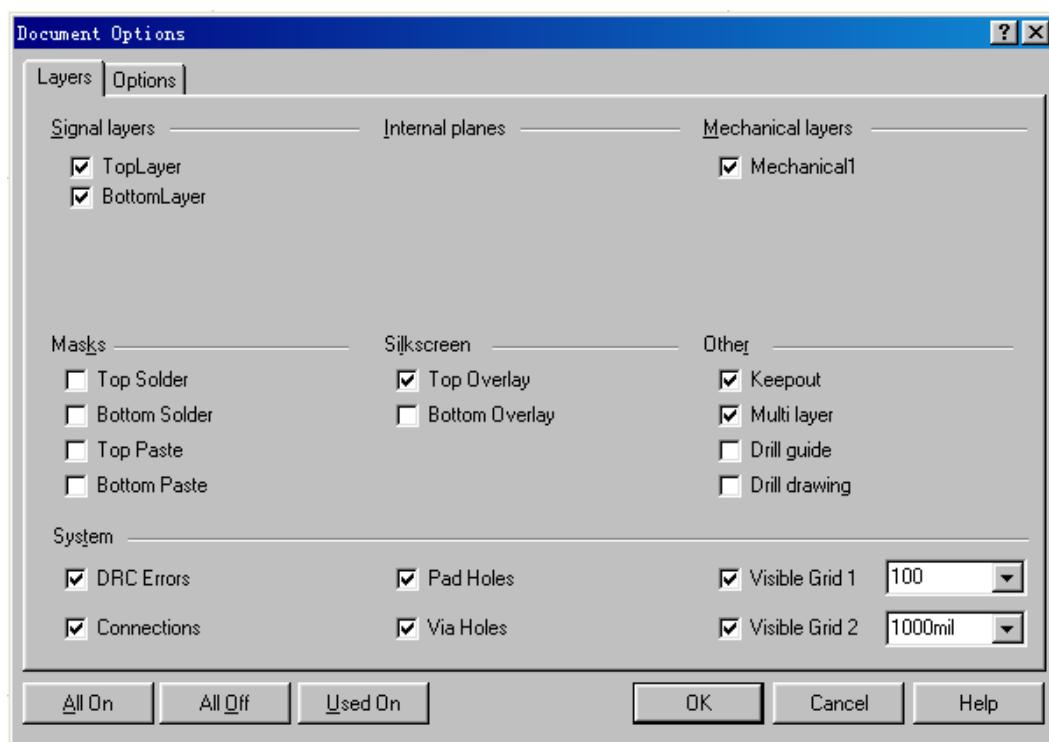


第七节：设置网格

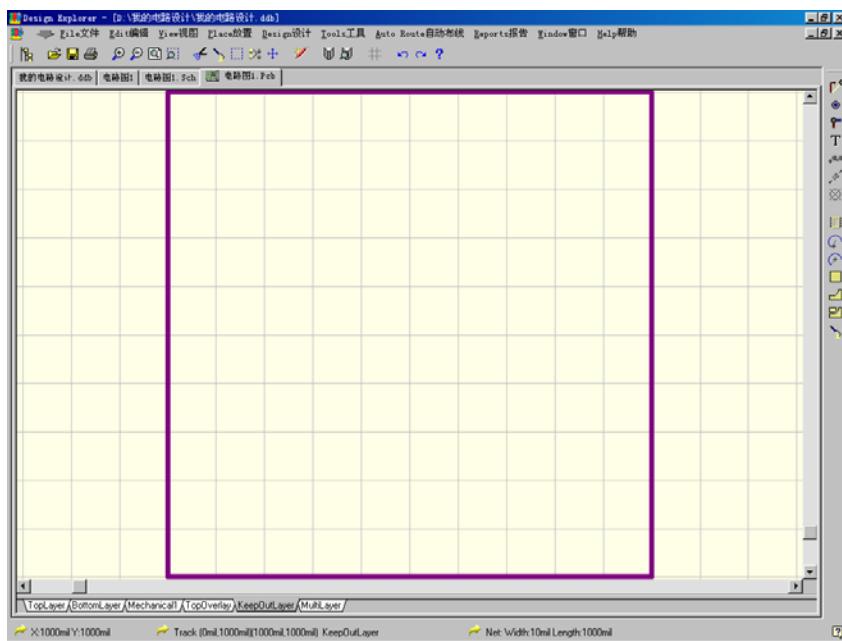
网格的作用是元件布局、放置线、移动元件编号等操作的参考,合理使用网格,是绘制出精美的PCB图的重要保证,执行鼠标右键/Options 选项/Layers...,如图 4-7-1。



弹出层选项对话框,选中 Layers 区块 System 区块的 Visible Grid1 (可视网格 1),并把 Visible Grid1 的值设置为 100,如图 4-7-2。

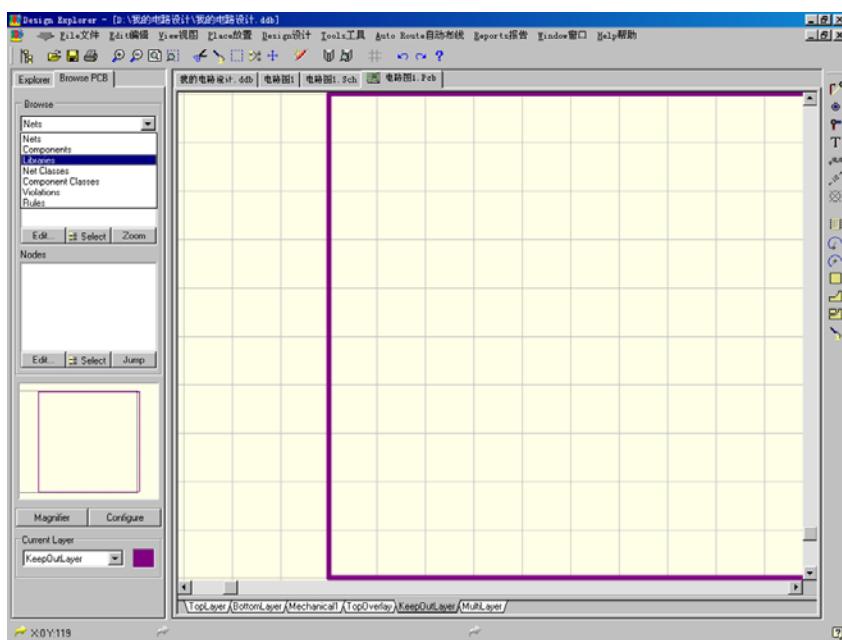


点OK按钮确认，可视网格1就出现了，如图4-7-3。

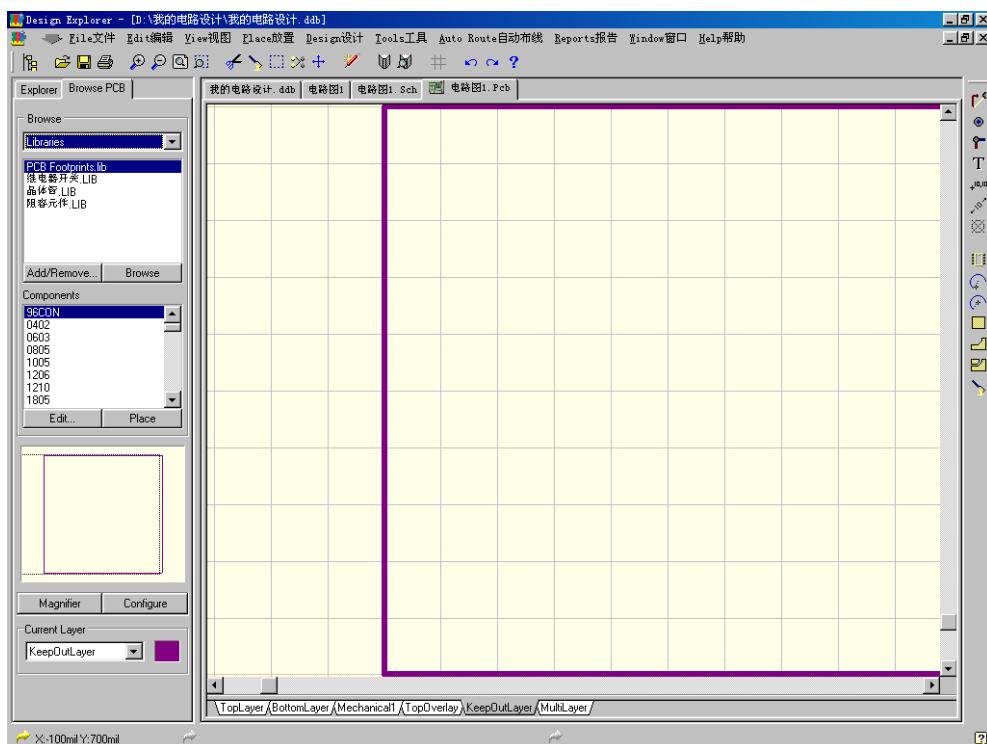


第八节：添加PCB图库文件

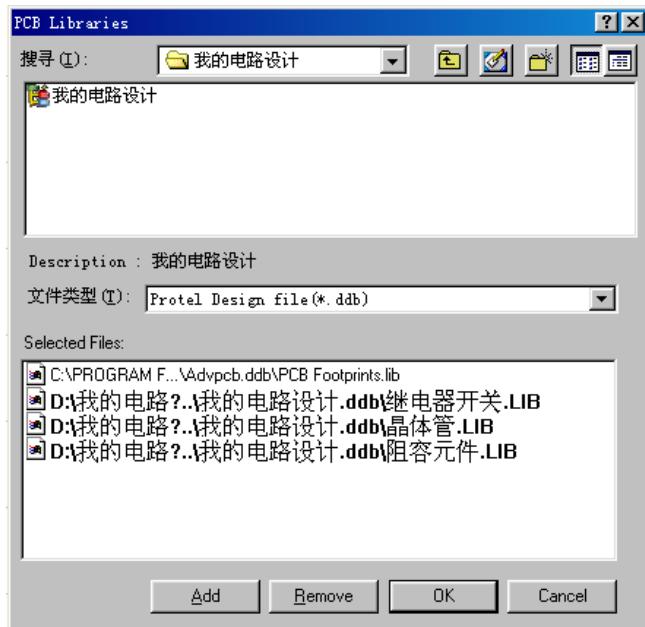
用鼠标点主工具栏第一项图标，打开设计管理器，选中Browse PCB页面，再用鼠标点Browse区块的下拉箭头，选择第三项Libraries（库），如图4-8-1，



设计管理器就成为 PCB 图库管理器,如图 4-8-2,可以看到,PCB 图库文件已经添加,如果需要的库文件没有添加,就用鼠标点 Browse 区块的 Add/Remove...按钮,

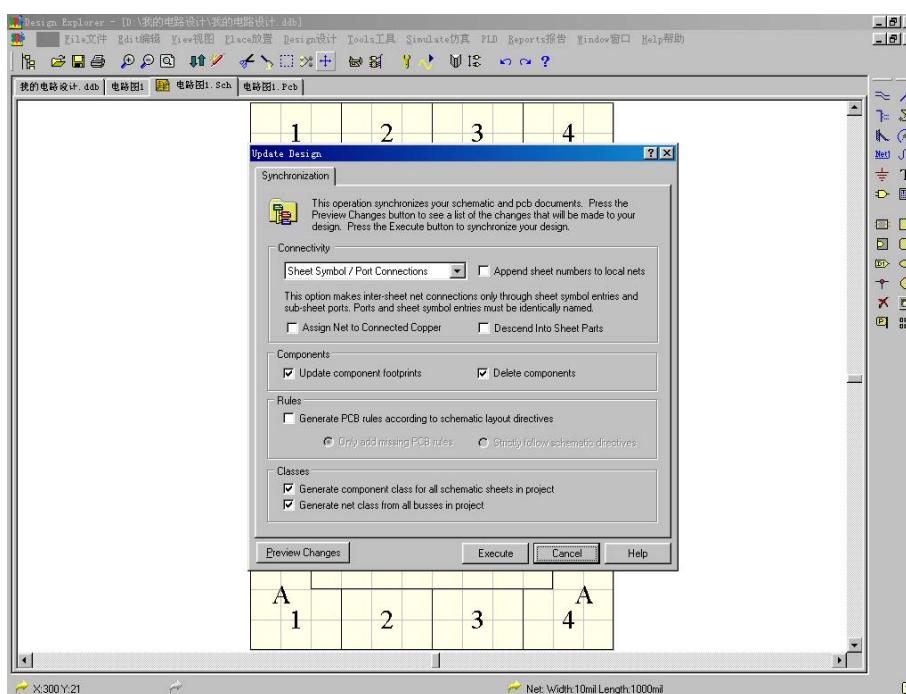


就弹出添加库文件目录对话框,如图 4-8-3,在搜寻栏目里找到 D:\我的电路设计\我的电路设计.ddb 数据库文件的路径,用鼠标双击这个文件,就添加在 Selected Files 栏目里,点 OK 按钮确认,需要的库文件就添加到设计管理器,这些操作,和原理图里添加库文件的操作是一样的,也已经讲到,Protel99SE 添加库文件,实际上就是添加数据库文件,一个数据库文件里同时存在原理图、PCB 图文件和原理图、PCB 图库文件,在原理图里添加数据库文件只会添加原理图库文件,在 PCB 图里添加数据库文件也只会添加 PCB 图库文件,绝对不会错位。

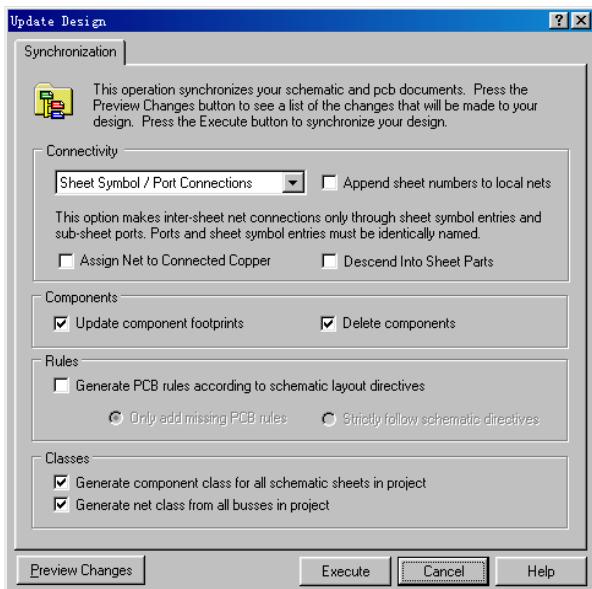


第九节：用同步器更新 PCB 图

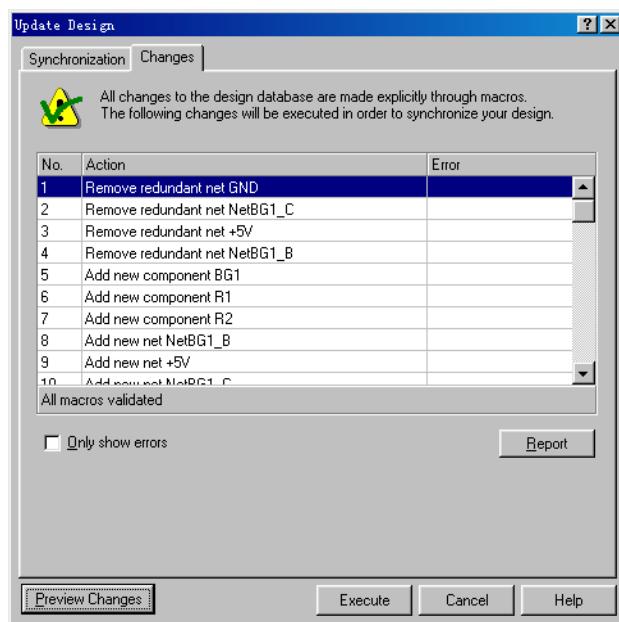
用鼠标点作图区上面的文件标签，选中电路图 1.sch，回到原理图，在电路图 1.sch 里执行菜单命令 Design 设计 /Update PCB... 更新 PCB，由于已经新建 PCB 图文件，同步器在原理图里出现，如图 4-9-1。



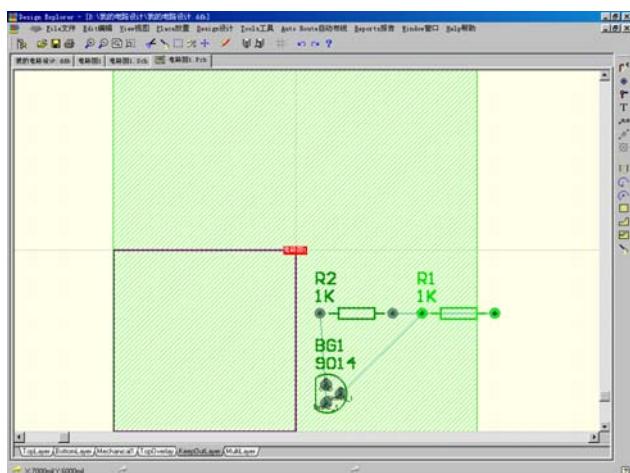
同步器对话框的设置如图 4-9-2，这里需要注意的是，Components 区块的两个栏目必须全部选中，Update Component Footprints 是更新元件，Delete Components 是删除元件，只有这两个栏目全部选中，才能保证原理图和 PCB 图 100% 的同步。



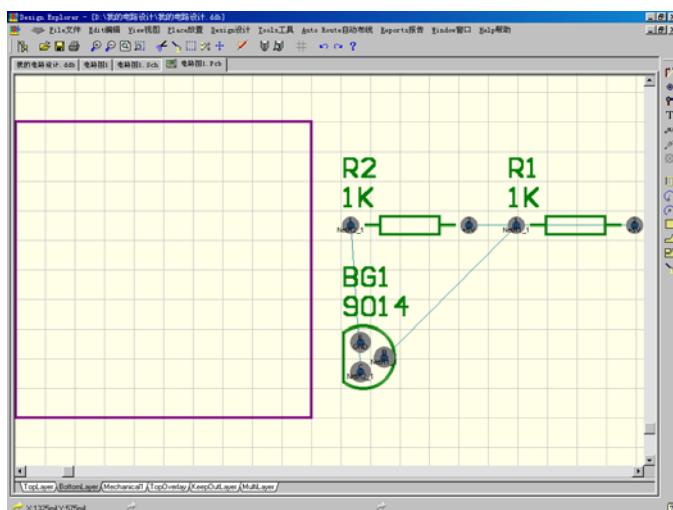
用鼠标点 Preview Changes 按钮，预览变化，也就是预览更新结果，如图 4-9-3，这个对话框显示的内容是没有错误。



用鼠标点 Execute (执行) 按钮，原理图元件对应的 PCB 图封装就放置到 PCB 图里了，用鼠标点作图区上面的文件标签，选中电路图 1.pcb，再用鼠标点主工具栏第七项图标，所有的元件和 PCB 边框适合整个作图区，如图 4-9-4。

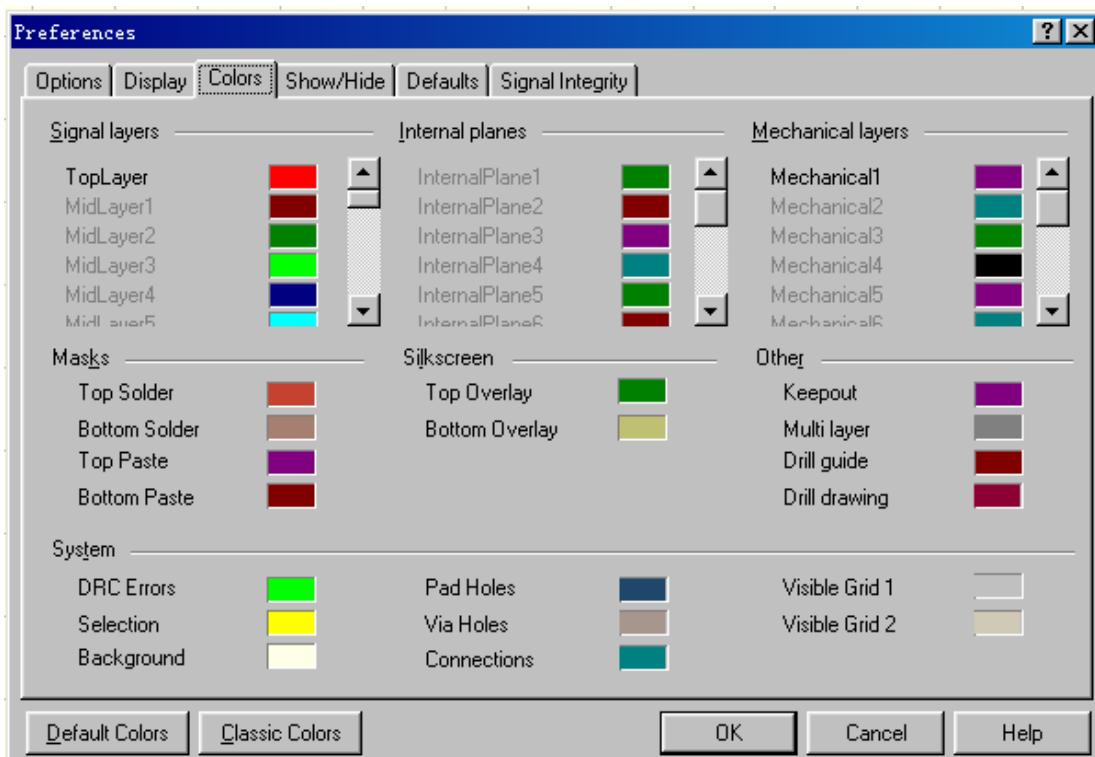


可以看到，PCB 元件已经放置到 PCB 图里了，第一次使用同步器更新 PCB 图时，PCB 图元件会被一个正方形的绿网罩住，用鼠标拖动这个网，元件也随之移动，删除这个网，用鼠标单击这个网无元件的任何部位，按键盘上的 Delete 键，就删除了这个绿网，以后再更新 PCB 图时就不会出现了。再把所有的元件和 PCB 边框适合整个作图区，如图 4-9-5。

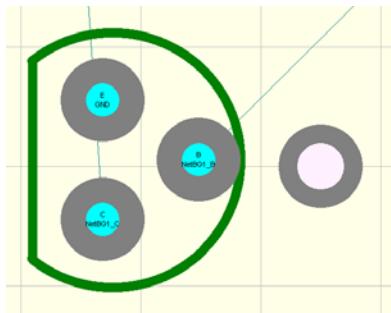


第十节：设置焊盘和过孔的钻孔颜色

Protel99SE 安装后，PCB 图默认的焊盘和过孔的钻孔颜色非常暗，以至于无法看清楚焊盘和过孔的编号和网络号，最好重新设置焊盘和过孔的钻孔颜色。执行鼠标右键/Options 选项/Display... 显示，弹出参数选择对话框，用鼠标选中 Colors 页面，如图 4-10-1，



Colors 页面 System 区块的 Pad Holes 是焊盘钻孔颜色，Via Holes 是过孔钻孔颜色，用鼠标分别点这两个项目的颜色，就弹出更改颜色对话框，这里把焊盘钻孔颜色设置为颜色号为 232 的淡兰色，过孔钻孔颜色设置为颜色号为 215 的淡粉红色，设置后的效果如图 4-10-2，三极管右边故意放置了一个过孔，便于观察过孔钻孔颜色。



第十一节：制定 PCB 图设计规则

绘制 PCB 图需要强制性制定的各项技术指标构成设计规则。设计规则直接影响成品 PCB 的电气性能和制作成本，最重要的设计规则有三项：安全间距、线宽、焊盘（包括过孔）大小。

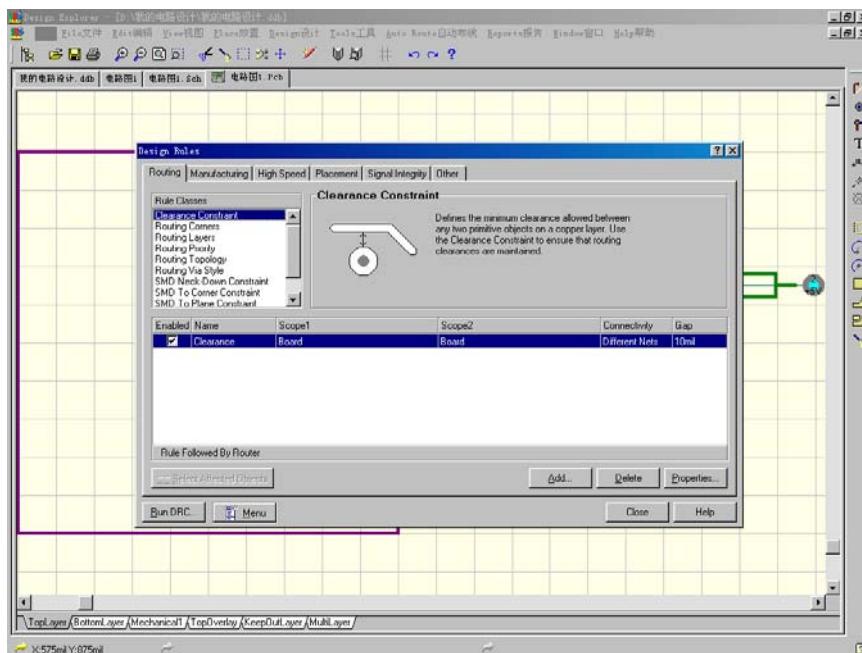
安全间距，是指 PCB 图不同电气连接之间的最小安全距离；线宽，是指各个层面最合适的线宽度；焊盘大小，是指 PCB 图里焊盘最合适的大小。其中，安全间距可以根据不同网络在设计规则对话框里制定，线宽在设计规则对话框里制定一个范围，焊盘大小可以在绘图时手工定义。

1、制定安全间距

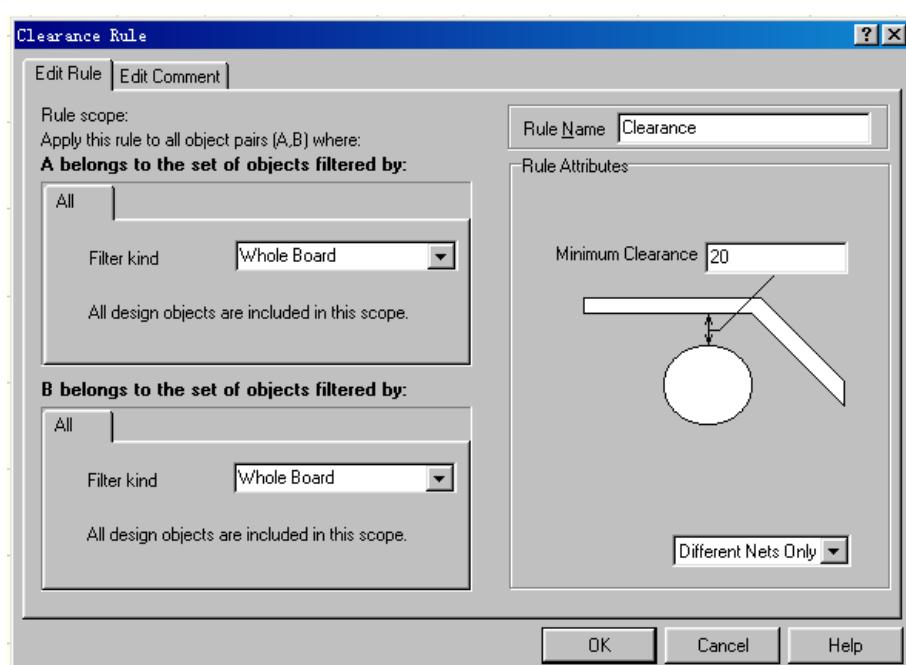
执行鼠标右键/Rules...规则，如图 4-11-1，



就弹出设计规则对话框, 如图 4-11-2, Routing 页面 Rule Classes 区块第一项就是安全间距, 用鼠标双击 Rule Followed By Router 栏目里的兰色部分, 或者按 Properties... 按钮,

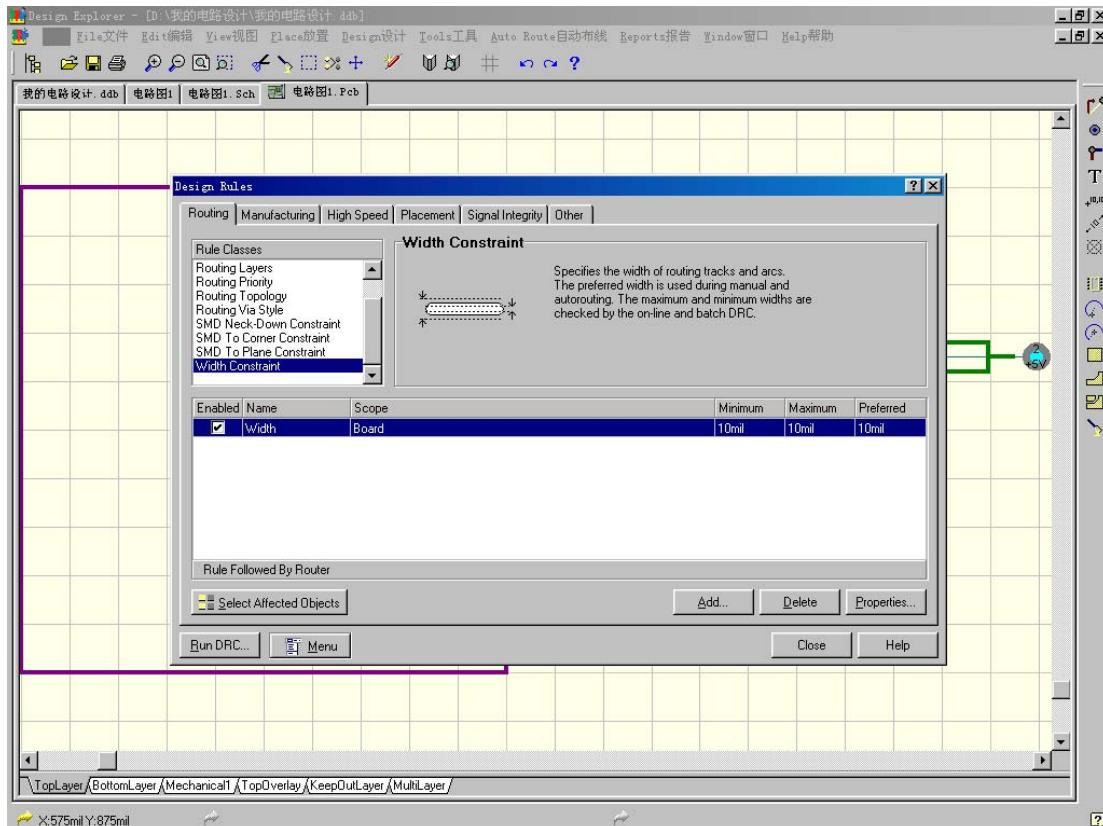


就弹出安全间距对话框, 如图 4-11-3, 把 Edit Rule 页面 Rule Attributes 区块 Minimum Clearance 栏目的值改为 20 (mil), 然后点 OK 按钮确认。

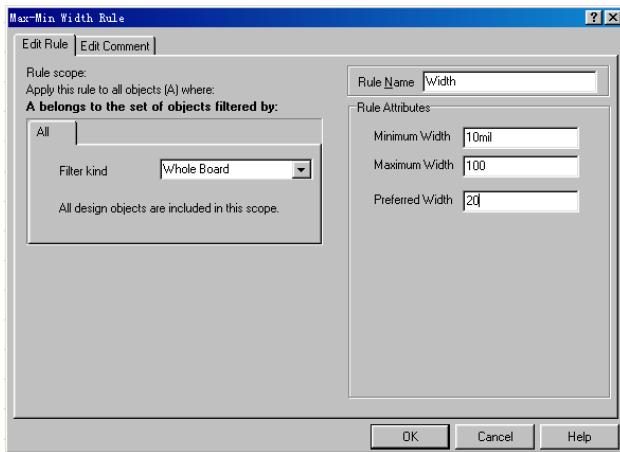


2、制定线宽

用鼠标拖动设计规则对话框 Routing 页面 Rule Classes 区块的滚动条, 最后一项是线宽设置, 按 Properties...按钮, 如图 4-11-4。

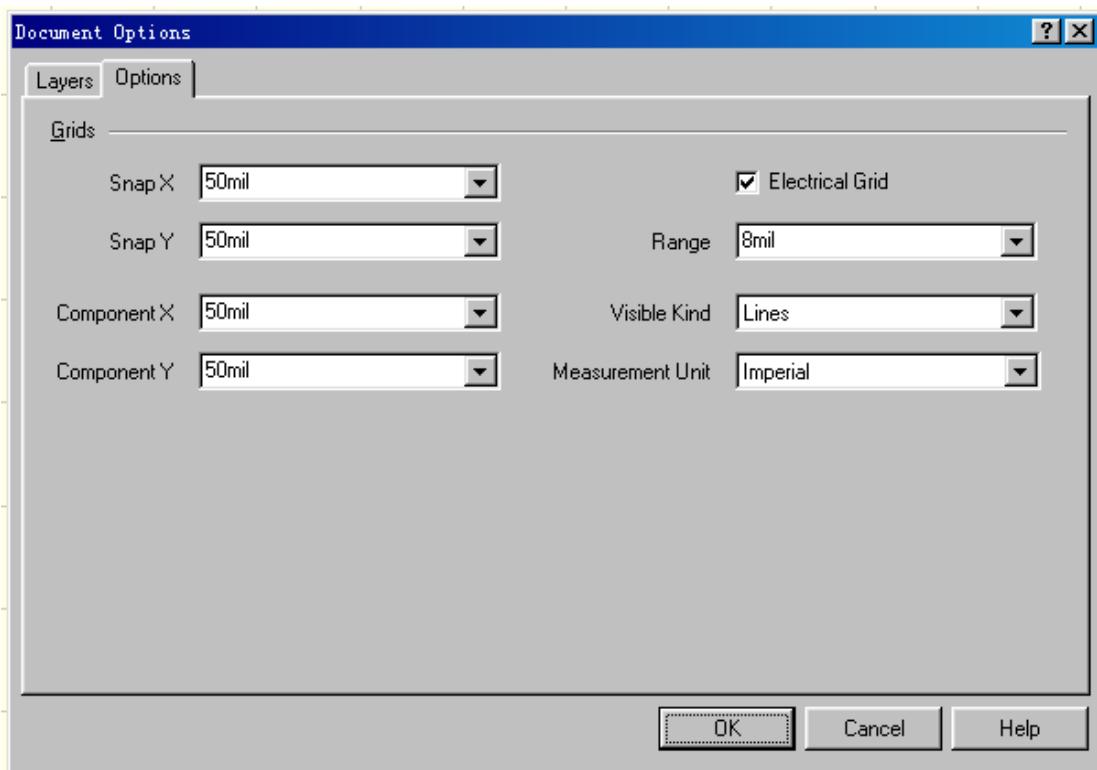


就弹出线宽设置对话框, 如图 4-11-5, 把 Edit Rule 页面 Rule Attributes 区块的 Minimum Width (最小线宽) 保持原值, Maximum Width (最大线宽) 的值改为 100 (mil), Preferred Width (首选线宽) 的值改为 20 (mil), 点 OK 按钮确认, 并且点设计规则对话框的 Close 按钮, 关闭设计规则对话框, 这样, 安全间距 20mil、线宽范围 10mil-100mil, 首选 20mil 的设计规则就制定好了。

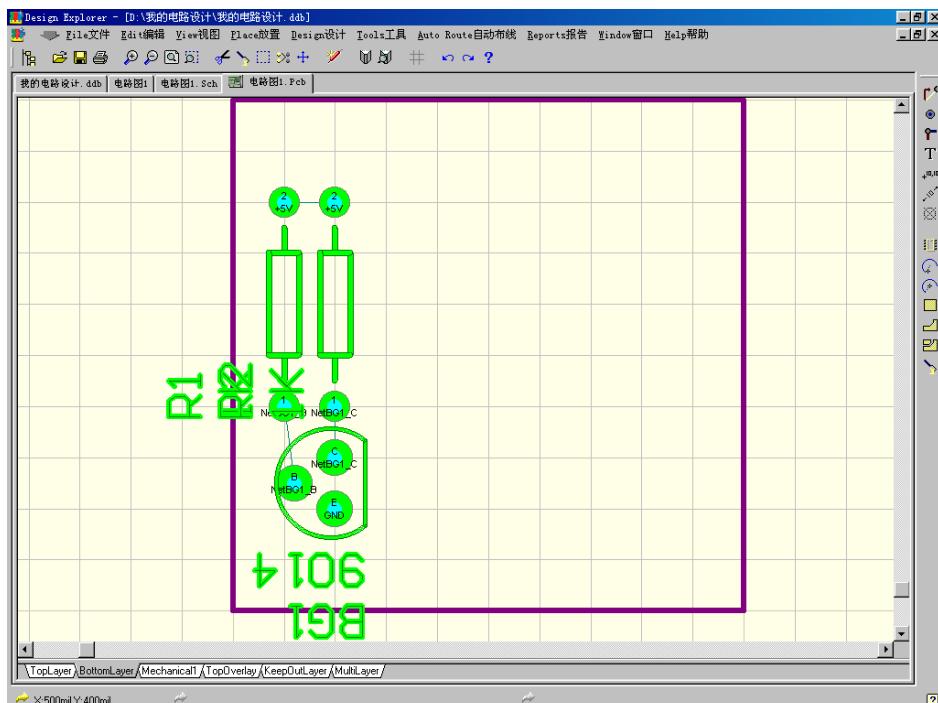


第十二节：元件布局

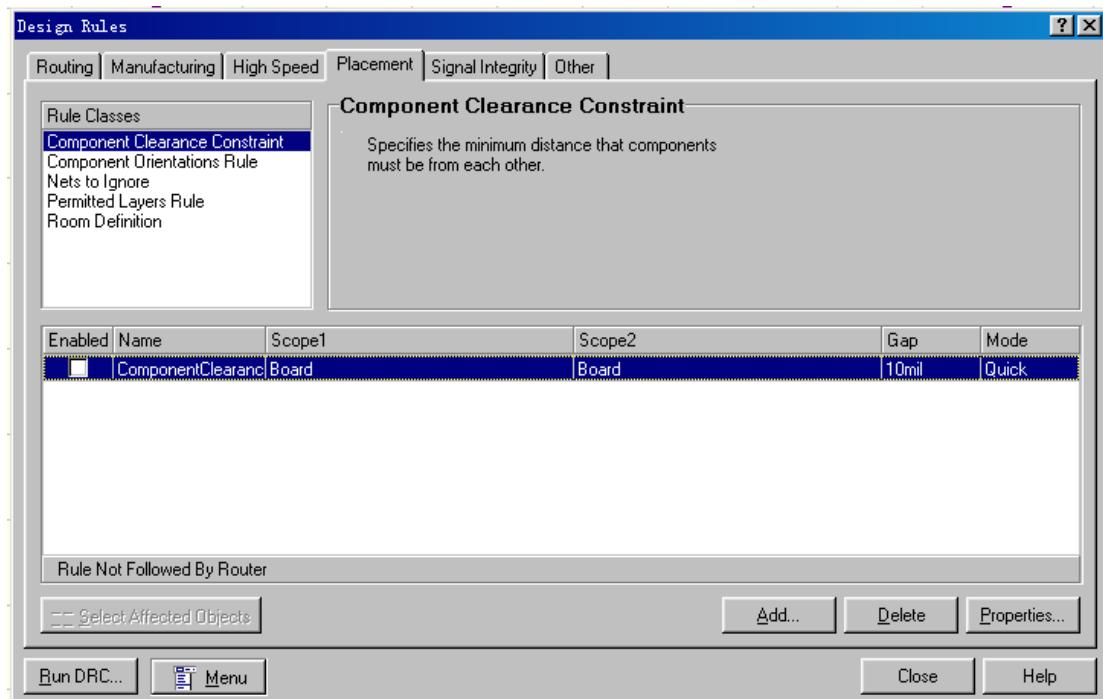
首先设置元件的移动网格，执行鼠标右键/Options 选项/Layers...，弹出层选项对话框，用鼠标点 Options 页面，如图 4-12-1，Grids 区块的 Component X 和 Component Y 栏目的值分别是元件 X 方向和 Y 方向移动的值，把这两个值选择为 50mil，然后点 OK 按钮确认。



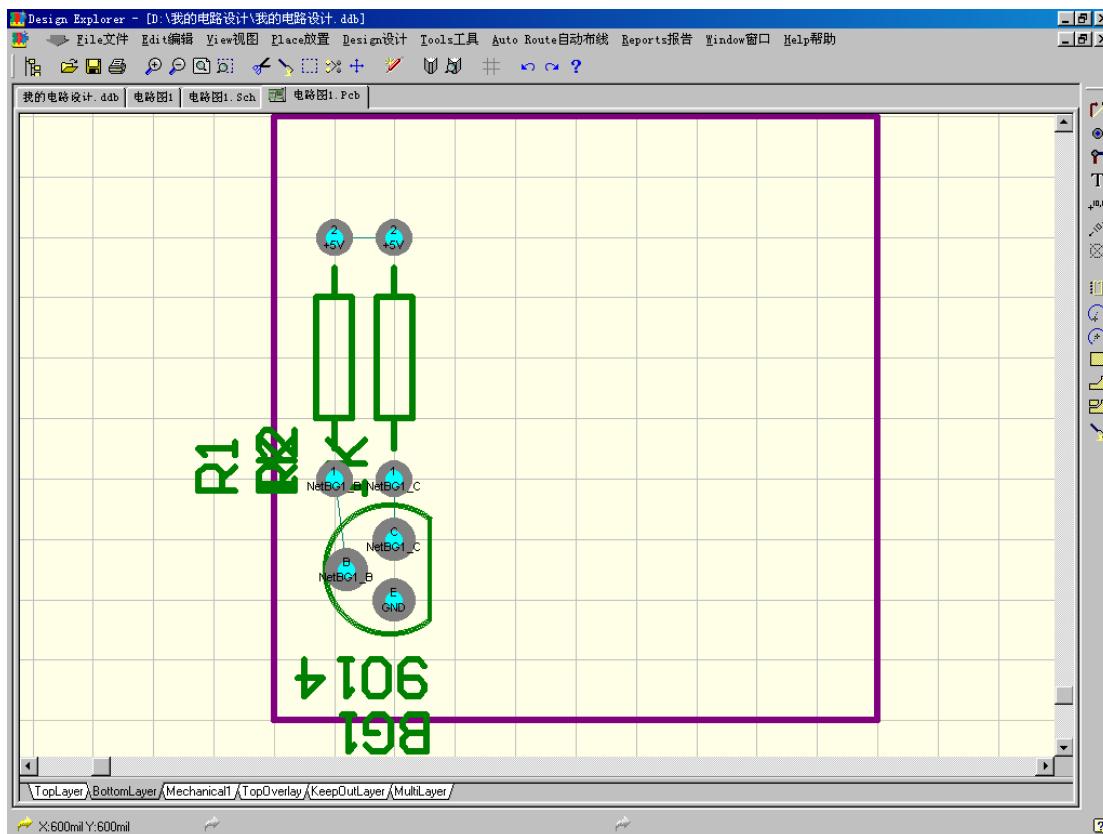
用鼠标把三个元件移动到定义的禁止布线层内部，移动元件、旋转元件的方法和原理图里移动元件、旋转元件的方法一样，元件布局后的效果如图 4-12-2，可以看到，所有元件呈绿色的报警状态，就是有违反设计规则的地方，这是两个以上的元件外形距离超过设计规则默认的最小值。



执行鼠标右键/Rules...规则，弹出设计规则对话框，用鼠标点 Placement 页面，取消 Component Clearance Constraint 项目的“”，如图 4-12-3，这个项目的默认值 10mil 就是规定了两个元件外形之间的最小距离是 10mil，取消了这项规则，就意味着两个元件外形之间的最小距离在绘图的时候靠手工调整，好在难度不大，Protel99 的设计规则没有这项规则，Protel99SE 的设计规则里增加了这项规则。



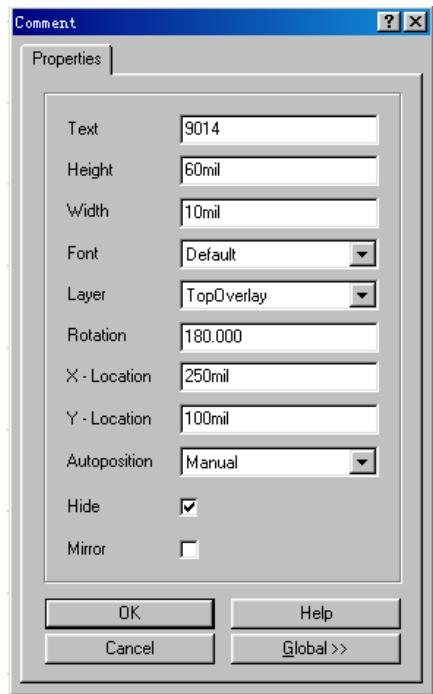
这时候报警就消失了，如图 4-12-4，



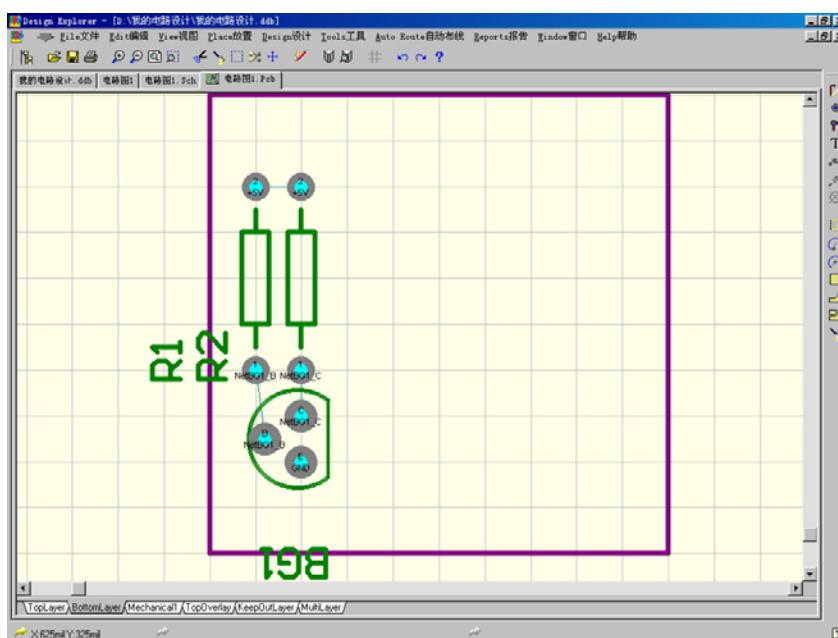
第十三节：隐藏元件类型

成品的 PCB 板，通常只保留元件编号，元件类型一般是

不需要的，用鼠标双击元件类型，比如 9014，就弹出元件类型对话框，用鼠标选中 Hide 栏目，使其出现“√”，然后点 OK 确认，9014 就隐藏了，如图 4-13-1。

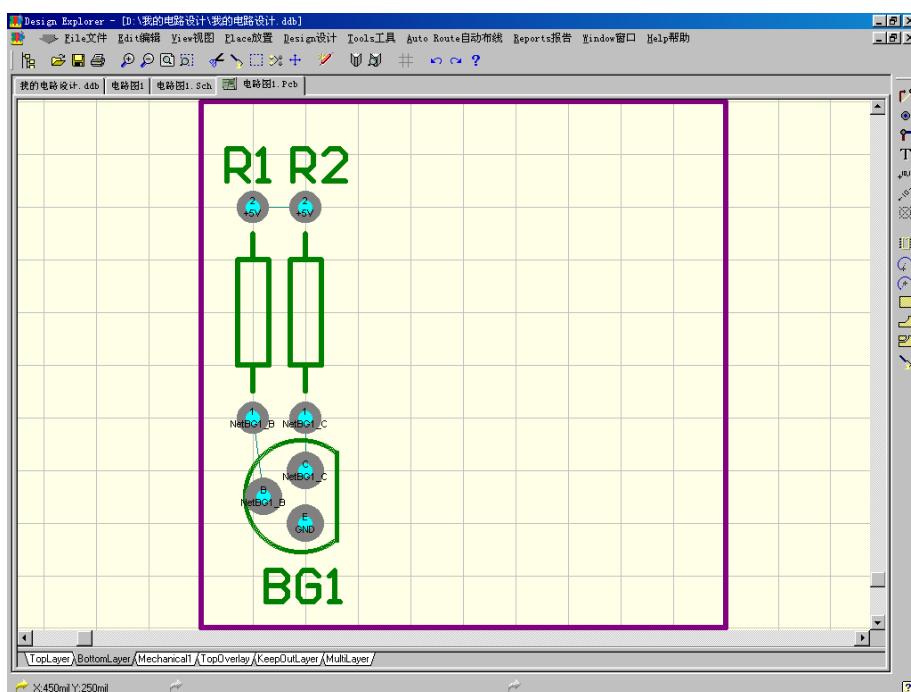


用同样的方法把两个电阻的元件类型隐藏，如图 4-13-2，隐藏元件类型的操作可以使用批量修改隐藏，在批量修改的章节里详细介绍。



第十四节：排列元件编号

排列元件编号就是移动元件编号实现的，使元件编号在元件最合适的位置。移动元件编号和旋转元件编号的方法和移动、旋转元件的方法一样，移动元件编号后的效果如图 4-14-1。



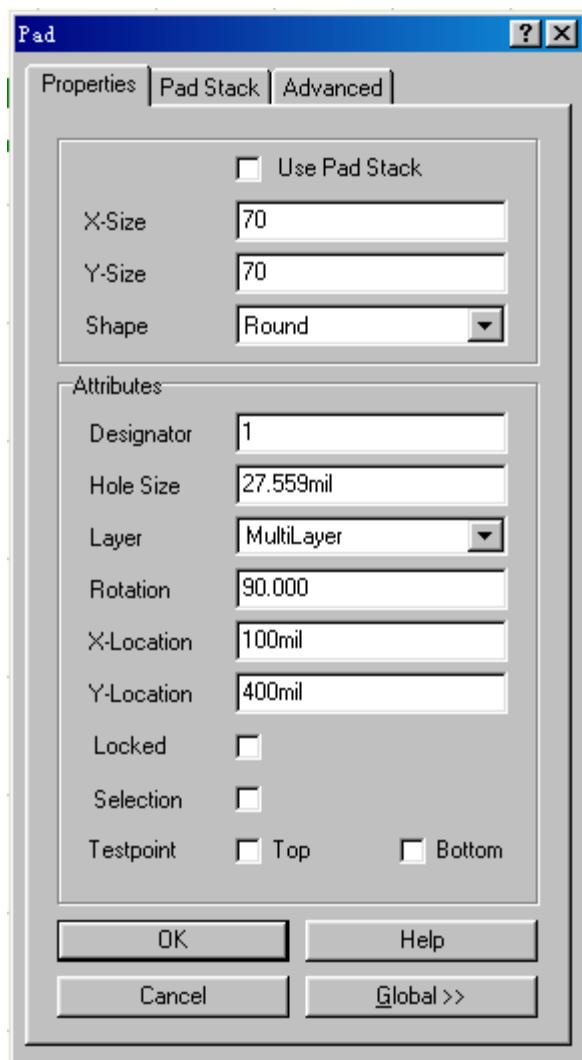
元件编号想排列得更精确，可以把捕获网格设定小一些，比如 5mil，执行鼠标右键/Snap Grid 捕获网格，如图 4-14-2，就可以比较精确地移动元件编号了。



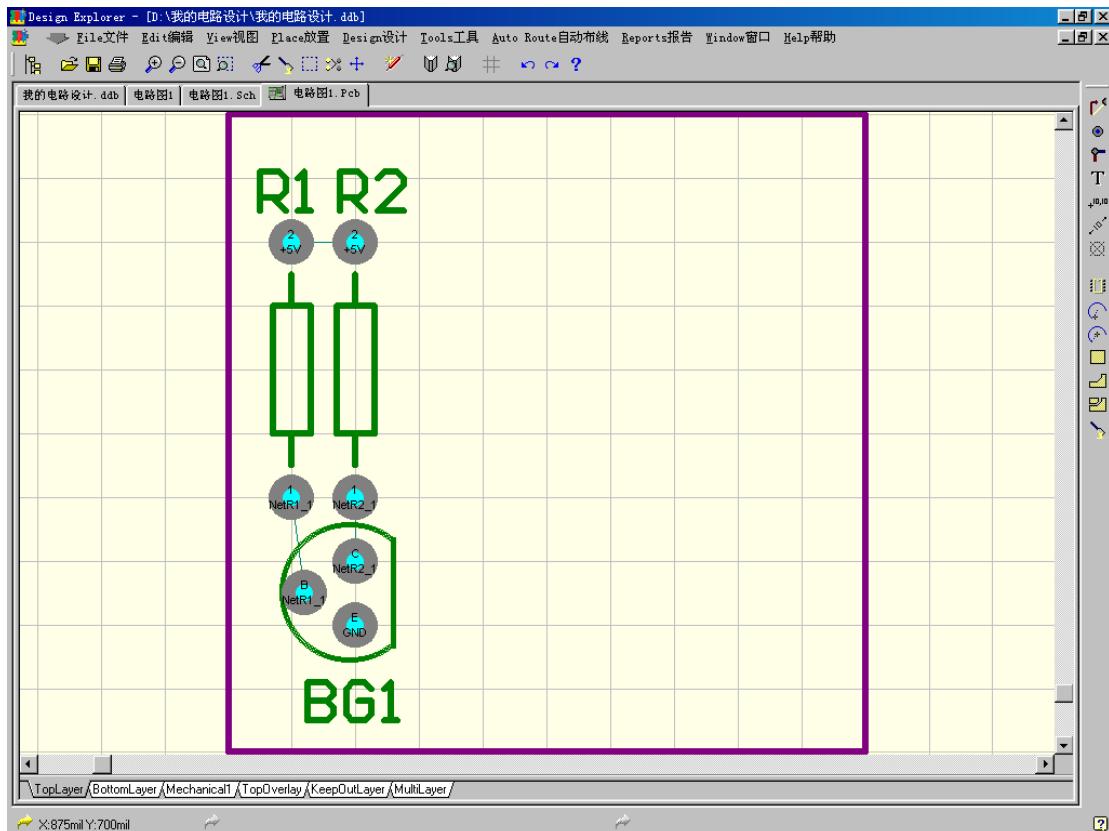
第十五节：修改焊盘大小

在自制 PCB 图元件时设置好焊盘大小,这一步完全可以省略,也可以用批量修改快速修改焊盘大小,这里介绍修改单个焊盘大小的方法,用鼠标双击任何一个焊盘,比如 R1 的 1 脚焊盘,就弹出焊盘属性对话框,如图 4-15-1,Properties 页面的 X-Size 栏目和 Y-Size 栏目分别是焊盘 X 方向尺寸和 Y 方向尺寸,这里都改为 70 (mil),然后点 OK 按钮确认。

当 X-Size 等于 Y-Size 时,焊盘为圆形,当 X-Size 不等于 Y-Size 时,焊盘为椭圆形。



用相同方法把所有的焊盘大小改为 X-Size=70mil , Y-Size=70mil, 如图 4-15-2。

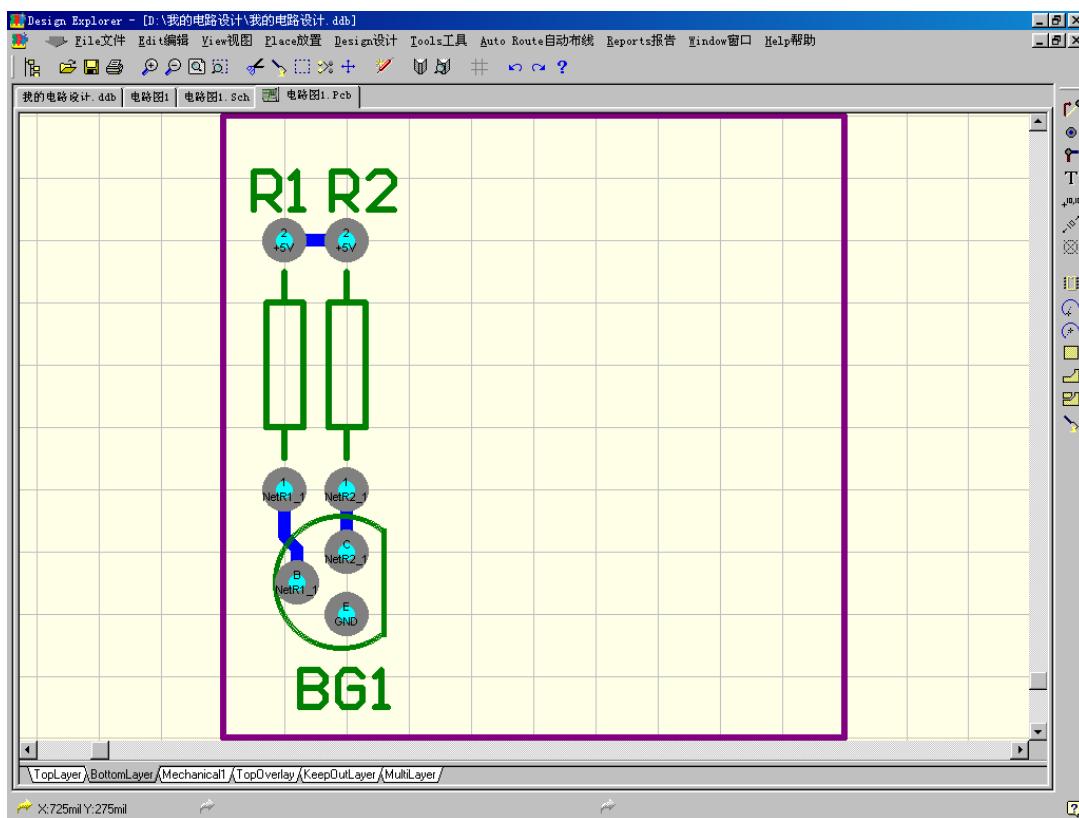


第十六节：布线

本书所说的布线，是指根据网络放置不同层面的线，连接两个相同网络号的焊盘，而不是放置线连接两个没有网络号的焊盘，没有网络号的焊盘，叫做“自由焊盘”。根据网络布线，有两种方式，一种是自动布线，还有一种是手工布线，自动布线可以在很短时间内布通一块电路板，但是，目前还没有哪一种电路绘图软件自动布线的质量可以接近手工布线的质量，根据网络手工布线，只要掌握合理的方法，布线速度也很快，自动布线不尽人意，修改布线照样浪费时

间。

用鼠标点作图区下面的工作层面标签，选中 BottomLayer，执行鼠标右键/Place Track 放置线，鼠标光标上出现一个十字，这就是放置线的状态，PCB 图里放置线的方法和原理图里放置线的方法基本相同，按照图 4-13-1 所示放置线。

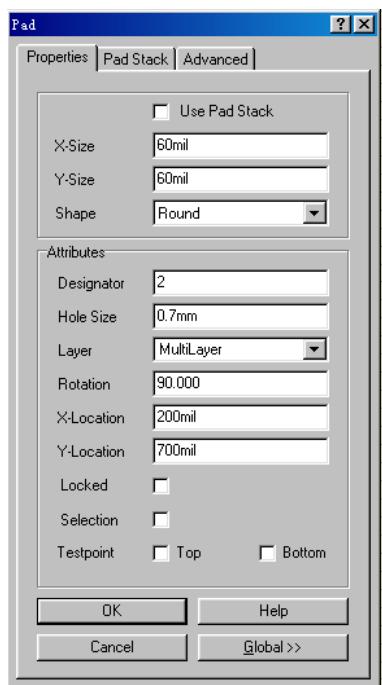


与放置线有关的设置有三项，线宽、层面、转角方式和捕获网格，线宽可以在设计规则里制定范围和常用宽度，也可以在放置线的状态下按键盘上的 Tab 键设置线宽，层面用鼠标选择，转角方式在放置线的状态下用键盘上的 Shift+空格键转换，捕获网格可以执行鼠标右键/Snap Grid 捕获网格，这些内容在后面的章节里详细介绍。

第十七节：设置钻孔尺寸

专业的电路绘图软件区别于非专业的电路绘图软件，最显著特征之一，就是焊盘和过孔可以设置钻孔尺寸，并可以根据 PCB 图焊盘和过孔设置的钻孔尺寸生成钻孔文件，印制板厂家根据钻孔文件对印制板自动钻孔，以提高印制板的生产速度。

用鼠标双击某个焊盘，就弹出焊盘属性对话框，如图 4-17-1，Properties 页面 Attributes 区块 Hole Size 栏目就是焊盘钻孔尺寸，这里设置为 0.7mm，由于此时的度量制式是英制，所以，必须设置 0.7mm 或者 0.7MM，大小写都认。



在自制 PCB 图元件的时候就可以定义焊盘大小，那么，本步操作就可以省略，

即使有改动，可以批量修改，设置过孔的钻孔尺寸和设置焊盘的钻孔尺寸方法基本相同，这里就不介绍了。

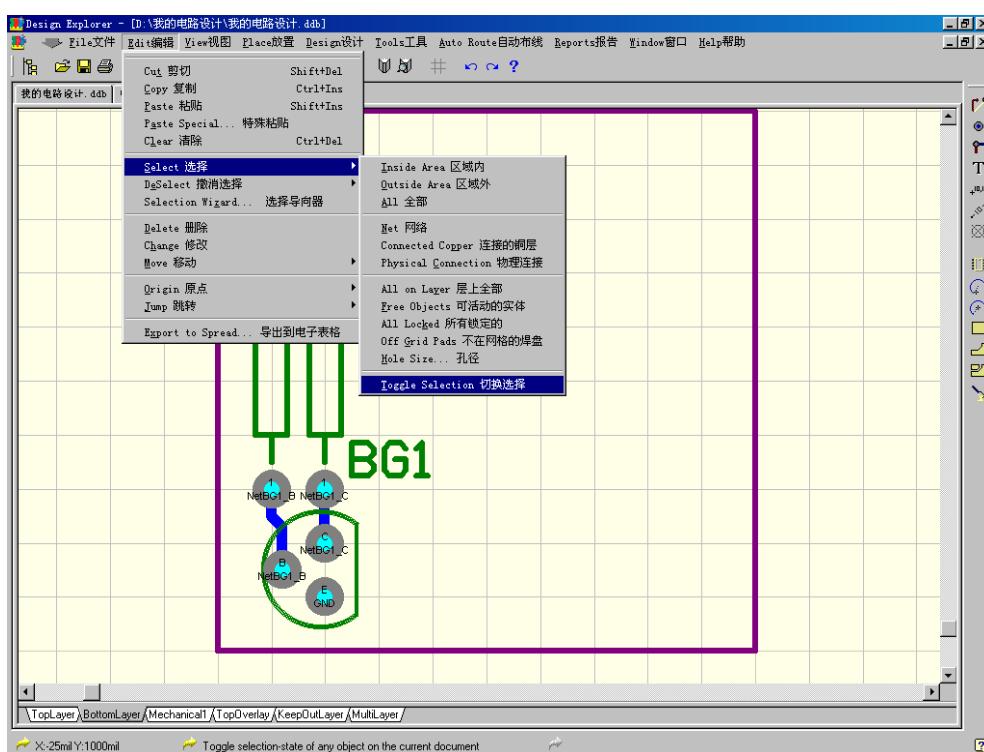
第十八节：点取和选取

在 PCB 图里点取和选取和在原理图里点取和选取的方法基本相同，点取的对象有焊盘、过孔、线、园、弧、字符等，点取这些对象后，按键盘上的 Delete 键就可以删除点取的对象，可选取的对象有元件和各种对象组成的图件，选取之后，执行键盘上的 Ctrl+Delete 键就可以删除选取的对象。

这里介绍 PCB 图里一些特殊的选取方法。

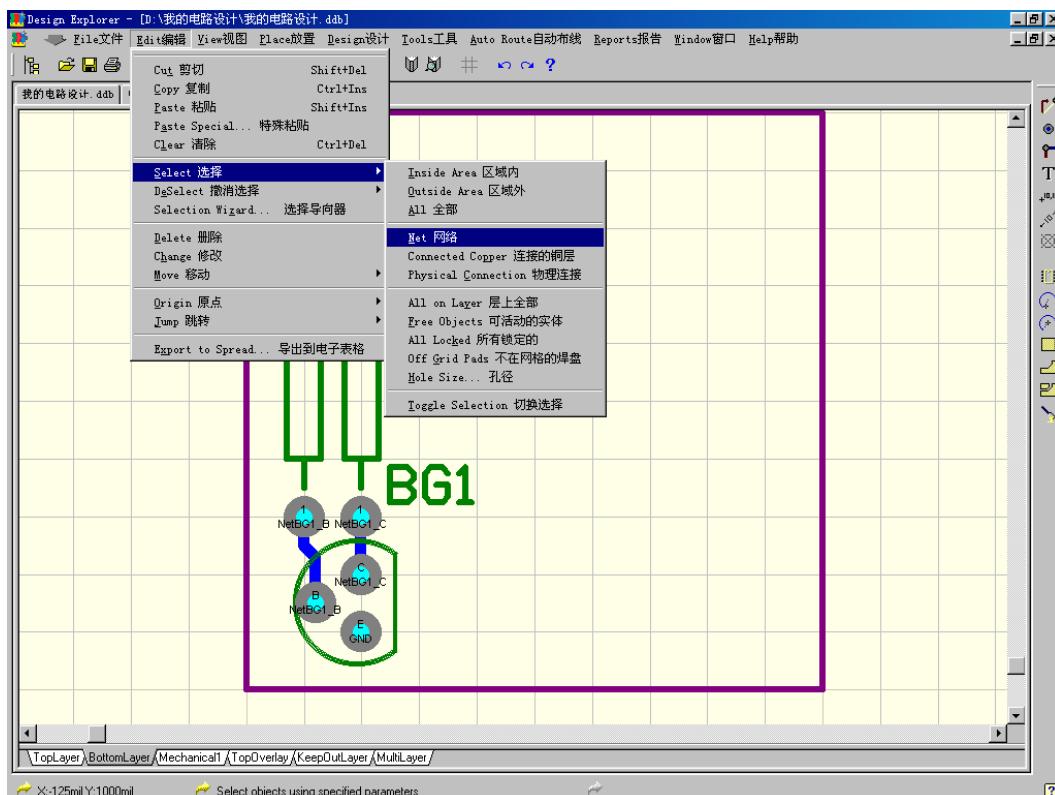
1、切换选择

执行菜单命令 Edit 编辑/ Select 选择/ Toggle Selection 切换选择，如图 4-18-1，鼠标光标上出现十字，就处于切换选择状态，这时候用鼠标点某个元件，元件就成为黄色的选取状态，再用鼠标点一次，取消元件的选取，用这个方法可以选取的对象有元件、过孔、线、字符、单个焊盘等。

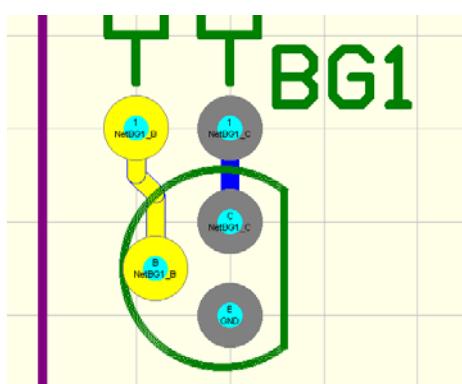


2、选择网络

执行菜单命令 Edit 编辑/ Select 选择/Net 网络，如图 4-18-2。



用鼠标点某个网络，比如 R1 到 BG1 基极三根连线的任何一根，这个网络就被选取了，如图 4-18-3，这个命令要慎用，在比较复杂的 PCB 图中，复制某个网络的连线时，你可能无法估计某个网络到底有多少线。



3、撤消选取

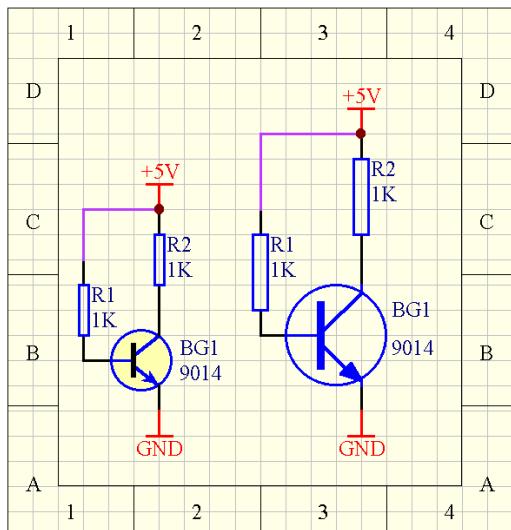
撤消选取可以用鼠标点主工具栏第十二项图标。

第五章：自制元件

第一节：自制元件的重要性

- 1、任何一个电路绘图软件,不可能把目前所有的电子元件做在自己的元件库里,这就意味着在实际绘图中,自己需要的元件在 Protel 自带的元件库里是不可能存在的,需要自己制作元件。
- 2、Protel 自带的元件库里的元件并不好用,原理图元件偏大,PCB 图元件的封装也不太标准。
- 3、Protel 自带的原理图元件没有对应的 PCB 图元件信息,在网络布线的时候多了一个添加 PCB 图元件的操作,降低了绘图速度。有的元件管脚编号有错误,无法用同步器进行网络布线。
- 4、Protel 自带的库元件的数量多的吓人,实际需要时又很难查找,查找一个元件需要的时间远远超过自制一个简单元件的时间,就算用 Protel 的搜索元件功能,搜索速度也比较慢。

下面就以原理图 1.sch 为例,从一个很小的侧面反映自制元件的优越性,如图 5-1-1,左边图件使用的元件全部是自制元件,右边图件使用的元件全部是 Protel 自带的库元件,非常明显,左边的图件的元件大小比较合适,可以绘制紧凑的原理图,右边图件的元件明显偏大,不太好用。



第二节：自制元件的要领

- 1、自制元件最重要的是：自制的原理图元件必须对应自制的 PCB 图元件，可以用同步器进行同步设计和网络布线。
- 2、对于 Protel 自带的库元件，不要去修改和删除，只做参考或者复制，参考和复制 Protel 自带的库元件是快速掌握自制元件的方法之一。
- 3、自制元件，要在自己新建的库文件里制作，不要在 Protel 自带的元件库里制作，自己新建的元件库分类一定要细，可以把原理图元件库和 PCB 图元件库分为阻容元件、cmos、TTL、电源 IC、接插件、晶体管等库文件，分类越细，查找元件越方便，自制元件是提高电路绘图速度最有效的方法之一。
- 4、自制元件不可能一次就把自己需要的元件全部做完，每次绘图，差什么元件就做什么元件，日积月累，自己的库文件就很丰富了，为今后的快速绘图打下良好的基础。

第三节：自制元件的测量

自制原理图元件和自制 PCB 图元件的操作, 和绘制原理图和 PCB 图相比, 并没有复杂多少, 许多操作是相同的, 最大的难点就是测量, 原理图元件不存在测量问题, PCB 图元件在测量方面就很重要了, 准确测量元件管脚之间的距离和管脚直径以及外形尺寸是自制 PCB 图元件能否使用的关键, 目前的电子元件又是以英制单位为主, 测量这些元件最好使用英制, 英制的尺子和游标卡尺虽然不太普及, 但是, 多找找还是可以买到的。公英制的游标卡尺机械式的 75-100 元一把, 电子式的 200 元左右一把, 从实际应用来看, 当然是电子式的好用, 直接用液晶显示实际测量值, 公英制转换也非常方便, 机械式的公英制游标卡尺的英制部分是 25mil 以内的游标相对长度加 0mil、25mil、75mil 得到实际测量值, 远远没有公制的 1mm 以内的游标相对长度加整数的 mm 得到实际测量值好读, 这当然是个习惯问题, 英制的尺子, 笔者用 Protel 绘制, 再用激光打印机打印, 11in/28cmA4 纸竖向打印可以得到 7 把纸尺子, 7.5in/19cmA4 纸横向打印可以得到 10 把纸尺子, 用裁纸刀裁下来, 再用透明胶带包起来可以经久耐用。

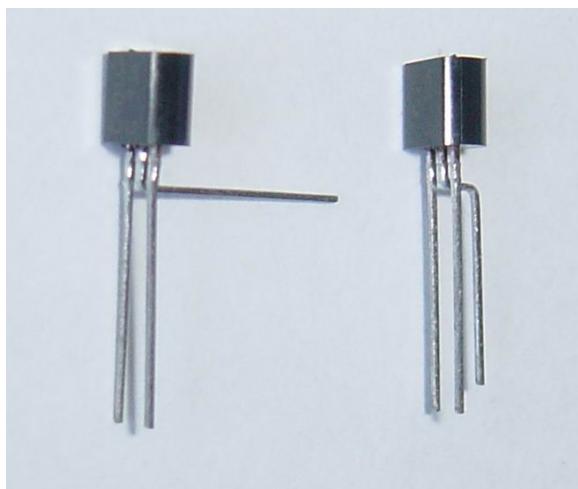
只要有一把公英制的游标卡尺, 电子的还是机械的都可以, 再加上一把自制的纸尺子, 就可以满足测量元器件的需要。自制的纸尺子测量精度, 在 1 英寸范围内可以达到 10mil,

在某些方面比游标卡尺还好用，一般的分离元件，10mil 的精度已经可以满足实际需要。游标卡尺主要用于测量元件管脚的直径，用来精确设置 PCB 图元件管脚的钻孔孔径，元件管脚的钻孔尺寸，通常是公制。如果读者需要购买机械式的公英制游标卡尺，必须买公制部分精度为 0.02mm、英制部分精度为 1/1000in (1mil) 的游标卡尺，低于这个精度的游标卡尺，再便宜也不要买。电子式的游标卡尺，公制部分精度为 0.01mm、英制部分精度为 0.5/1000in (0.5mil)。下面的图，自上往下分别为机械式公英制游标卡尺、电子式公英制游标卡尺、自制的公英制纸尺子。

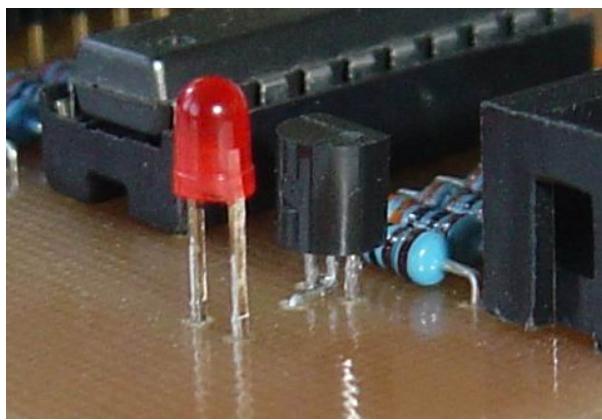


第四节：自制 9014 元件

9014 是一种应用非常普遍的三极管，它的封装也非常普遍，如图 5-4-1，左边是把基极从根部下来 100mil 折 90 度的 9014 实物图，右边是从管脚向外 80mil 再向下折 90 度的 9014 实物图，这里介绍的就是自制右边的 9014 的元件，这种 9014 的基极在中间，基极一律往后面折的目的，是为了统一封装、防止绘图出错、加快焊接速度的好方法。有些人绘制的三极管，有的基极往前折，有的基极往后折，这就人为造成封装混乱，加大绘图难度，对焊接也没有好处，三极管的三个极排在一条线上，容易插反，且焊盘太小。

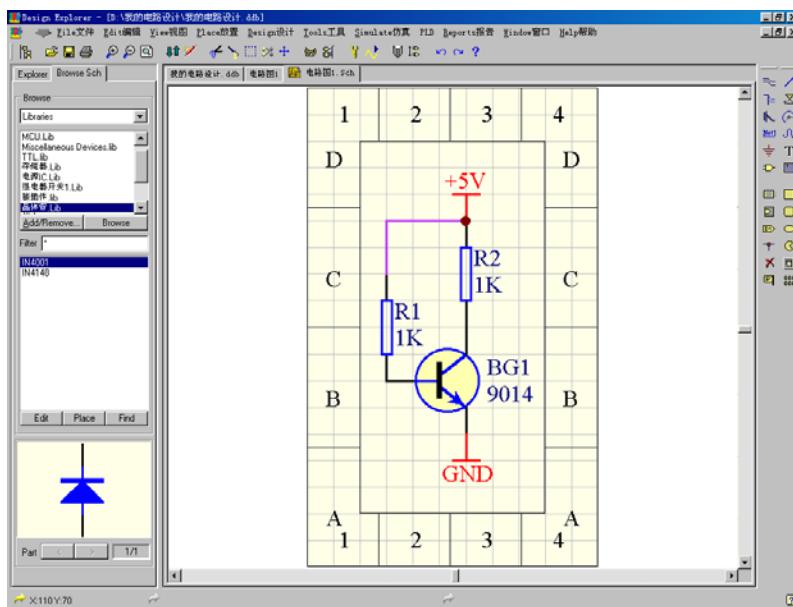


这种封装焊接在电路板上实物图如图 5-4-2

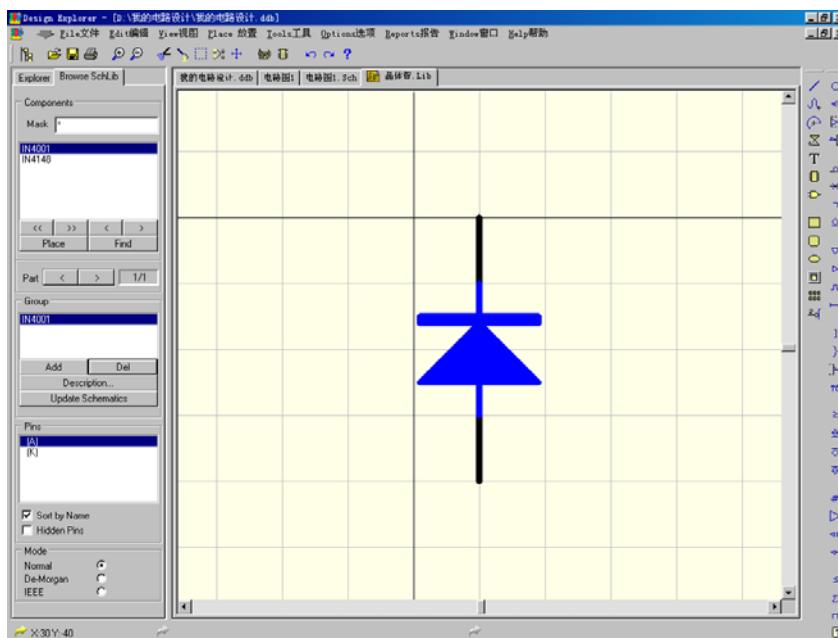


1、自制 9014 原理图元件

首先打开电路图 1.sch，用鼠标点主工具栏第一项图标，打开设计管理器，点 Browse Sch 页面，设计管理器就显示为库管理器，用鼠标拉 Browse 区块的滚动条，找到晶体管.Lib 库，选中这个库，用鼠标点 Edit 按钮，如图 5-4-3，

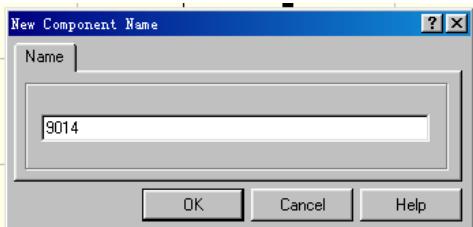


原理图库编辑器就打开了，如果绘图栏在绘图区，就用鼠标移动道最右边，如图 5-4-4。

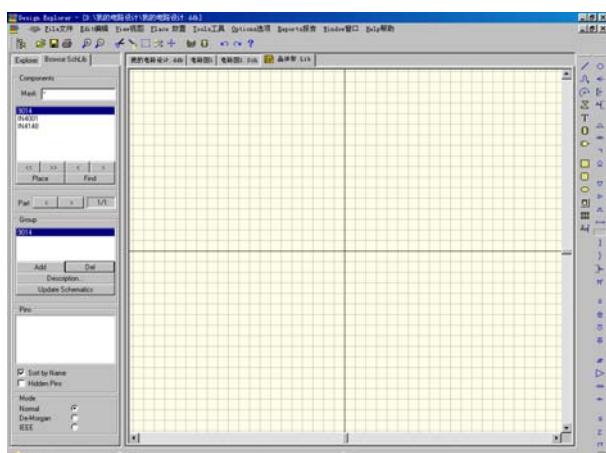


用鼠标点最右边的左侧工具栏第六项图标，新增元件，弹出新增元件对话框，把这个对话框的 Name 栏目改为 9014，如

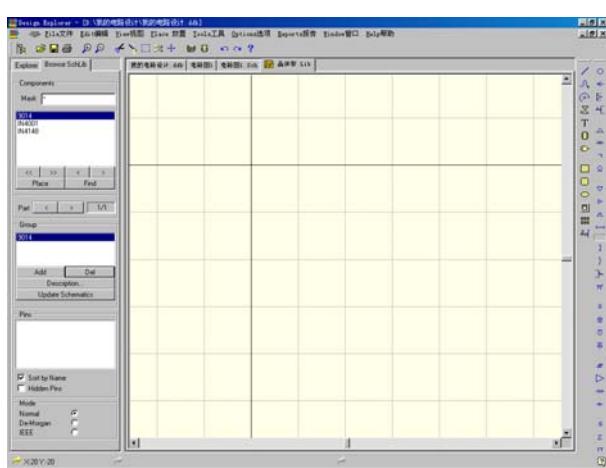
图 5-4-5



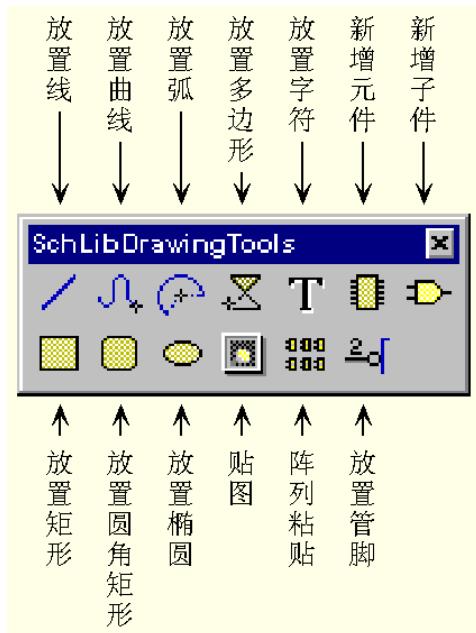
点 OK 确认，就出现新增元件的作图区，如图 5-4-6，可以看到，作图区有一个大十字，十字的交叉点是坐标原点，参考 Protel 自带的元件库可以发现，几乎所有元件都是在第四象限，这里要做的元件也放在第四象限。



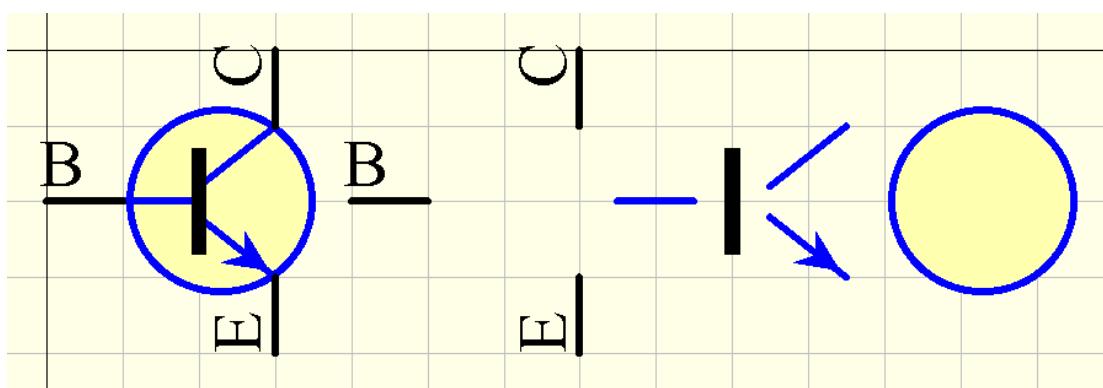
放大图纸显示出第四象限的合适位置，如图 5-4-7。



自制原理图元件需要放置主要的部件，在绘图工具栏里可以找到，绘图工具栏各个图标的功能说明如图 5-4-8。



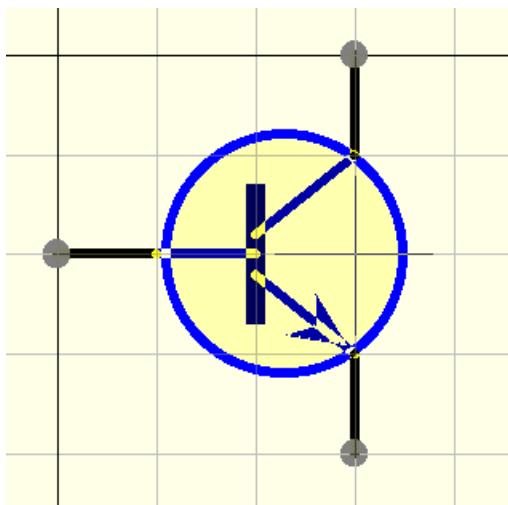
所有的原理图元件都是由两部分组成，即：管脚部分和图形部分。如图 5-4-9，图形部分纯粹就是给人看的，就是通过看图形知道是个什么元件，管脚除了给人看，更重要的就是在网络布线的时候 Protel 要识别这些管脚。



有关 9014 元件详细的制作方法就不介绍了，配合本书的文件里有 9014 元件，读者可以打开这个元件仔细观察，这里只说明制作这个元件的要领。

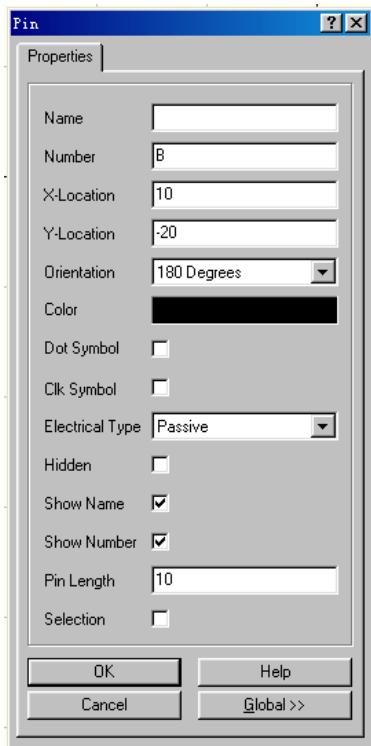
(1) 管脚的电气连接端

放置管脚的状态或者移动管脚时可以看到,管脚像一根火柴,火柴头是管脚的电气连接端,火柴头相对于图形必须朝外放置,否则,自制的元件不能进行同步设计和网络布线,在选取图件进行移动的时候更能看到这种现象,如图 5-4-10,Protel99 之前的版本没有这项功能,在自制元件放置管脚时,很容易把管脚放反。



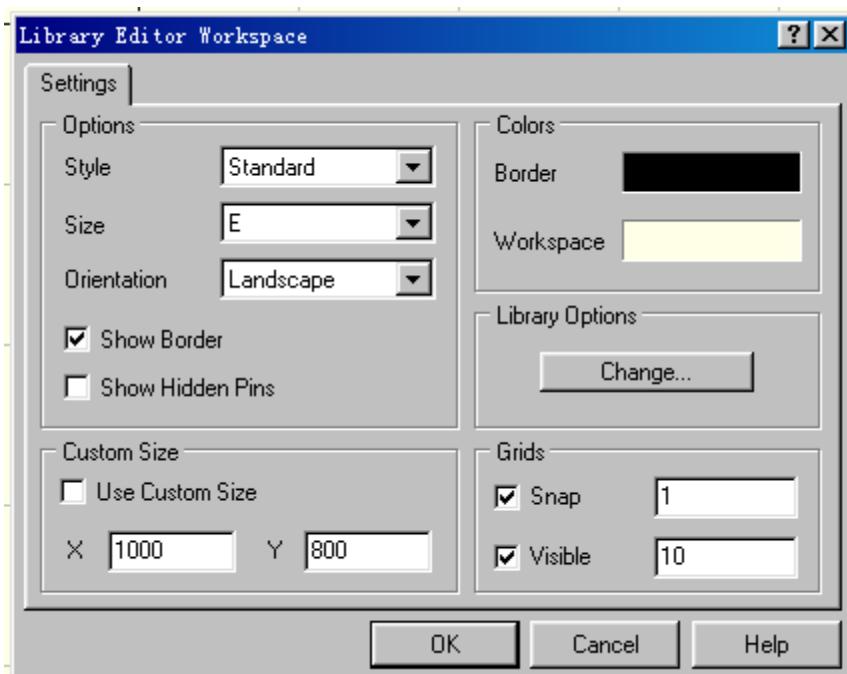
(2) 设置管脚属性隐藏管脚名称和编号

放置管脚之后,用鼠标双击管脚,弹出管脚属性对话框,管脚编号 E、B、C 是在 Number 栏目里,这个栏目的内容和 PCB 图元件的焊盘编号对应,就可以完成网络布线了, Name 栏目是管脚名称,要不要这个栏目的内容,并不影响网络布线。管脚长度栏目是 Pin Length,这里设置为 10, Show Name 和 Show Number 两个栏目分别为隐藏管脚名称和隐藏管脚编号,用鼠标取消这两个栏目的“√”就可以隐藏管脚名称和编号。如图 5-4-10,



(3) 9014 原理图元件图形部分绘制方法

9014 的基极是放置矩形绘制的，并且 Snap 设置为 1，执行鼠标右键/Document Options...文档选项，就弹出文档选项对话框，如图 5-4-12，在 Grids 区块的 Snap 栏目里可以设置为 1。



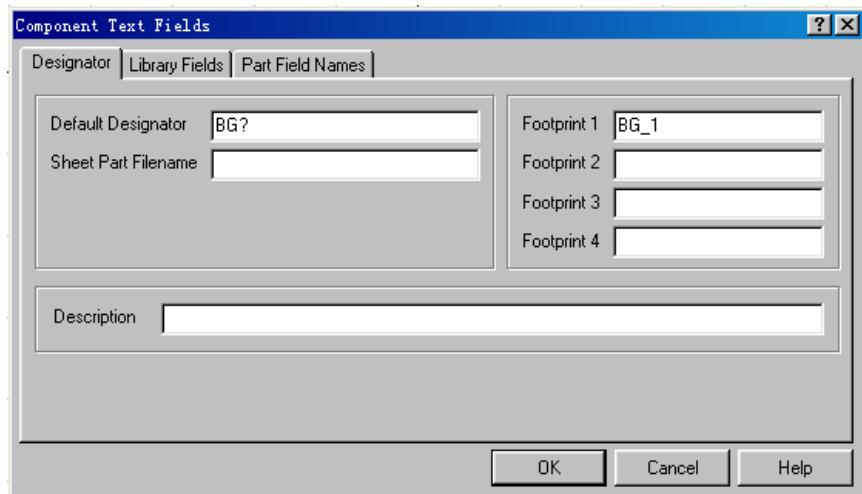
9014 发射极的箭头是放置多边形绘制的, Snap 也设置为 1。

表示 9014 外形的圆是放置椭圆绘制的, 放置椭圆的工具既可以绘制椭圆也可以绘制圆。如果最后绘制圆, 肯定会把图件盖住, 可以执行菜单命令 Edit 编辑/Move 移动/Send To Back 送到后面, 用鼠标点一下放置的圆, 就可以把圆送到后面。

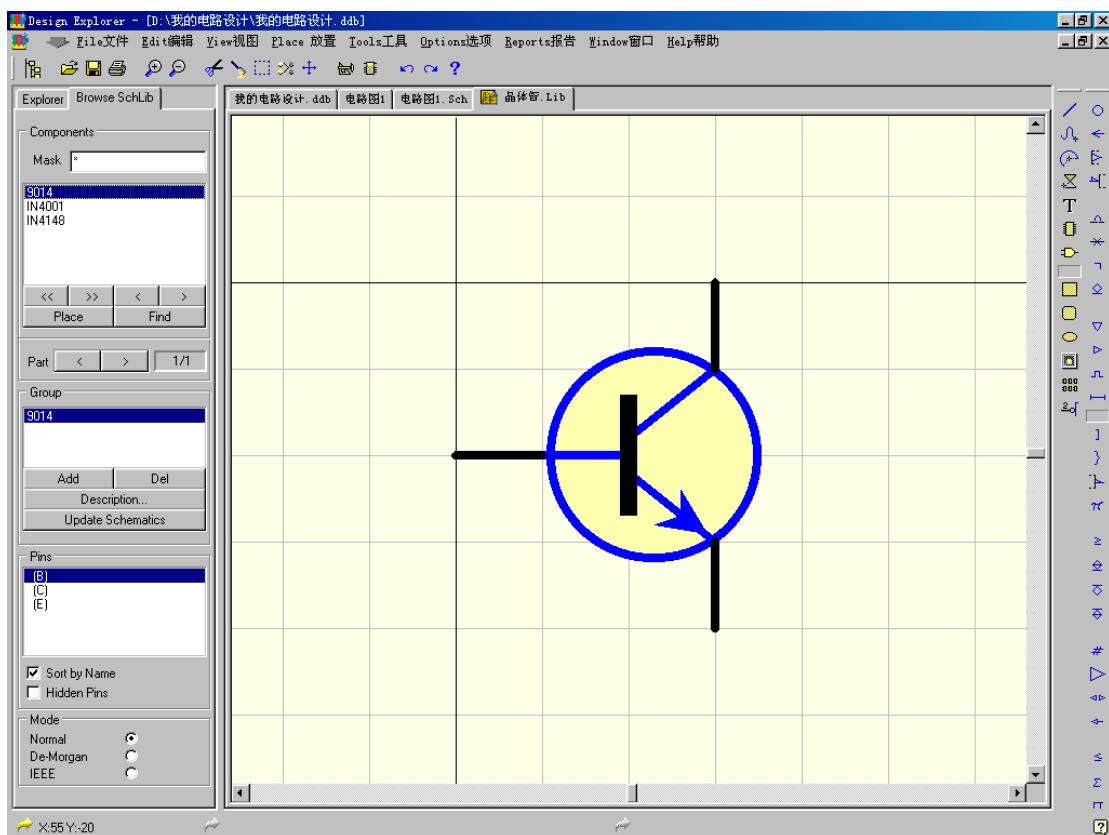
更改圆的颜色, 可以用鼠标双击圆, 弹出圆属性对话框, 在这个栏目里就可以更改颜色。

(4) 编辑自制原理图元件属性

编辑自制元件的属性, 用鼠标点库管理器的 Description... 按钮, 弹出元件属性对话框, 在 Designator 页面的 Default Designator 栏目里输入 BG? , 这就是元件编号(名称), Footprint1 栏目里输入 BG_1, 这就是原理图元件对应的 PCB 元件封装, 一共可以输入四个不同的封装, 在这里输入原理图元件对应的 PCB 元件封装之后, 绘制原理图的时候就不必再输入了, 所以, 自制元件是提高绘图速度的方法之一, Protel 自带的原理图元件里没有这些信息。最后, 点 OK 按钮确认, 9014 的原理图元件就做好了。

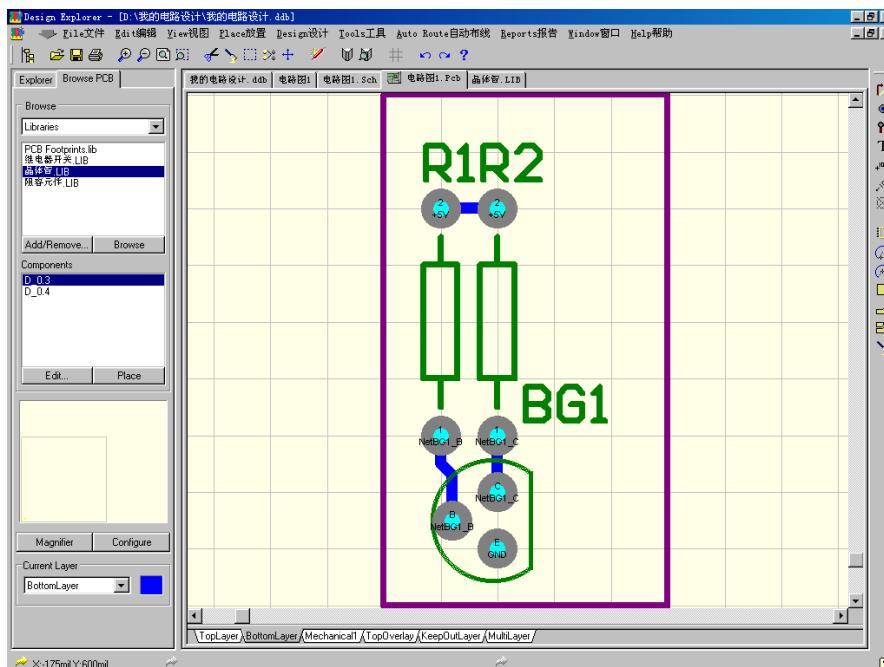


做好的 9014 元件如图 5-4-14，这里再强调，元件的位置在第四象限，绘制原理图放置元件状态时，鼠标光标的相对位置就是坐标圆点，当自制的元件离圆点太远，放置元件就很不方便，当元件距离圆点大于图纸的长度时，元件将无法放置到原理图的作图区。当不需要自制元件，就用鼠标点主工具栏第三项图标，保存文件，并且关闭晶体管.Lib 文件夹。

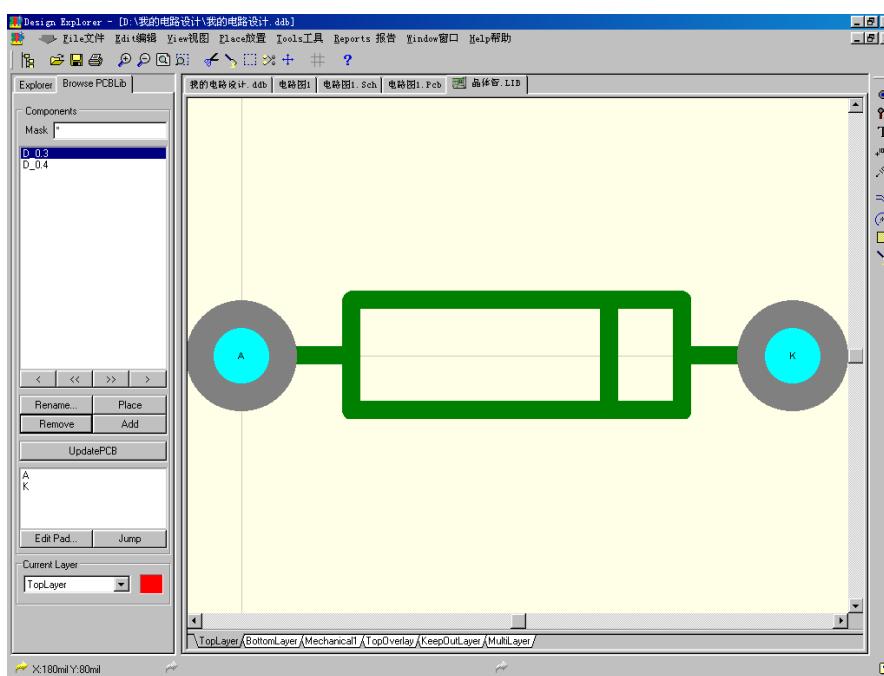


2、自制 9014 PCB 图元件

首先打开电路图 1.Pcb, 用鼠标点主工具栏第一项图标, 打开设计管理器, 点 Browse Pcb 页面, 设计管理器就显示为库管理器, 用鼠标点 Browse 区块的下拉箭头, 找到晶体管.Lib 库, 选中这个库, 用鼠标点 Edit 按钮, 如图 5-4-15,



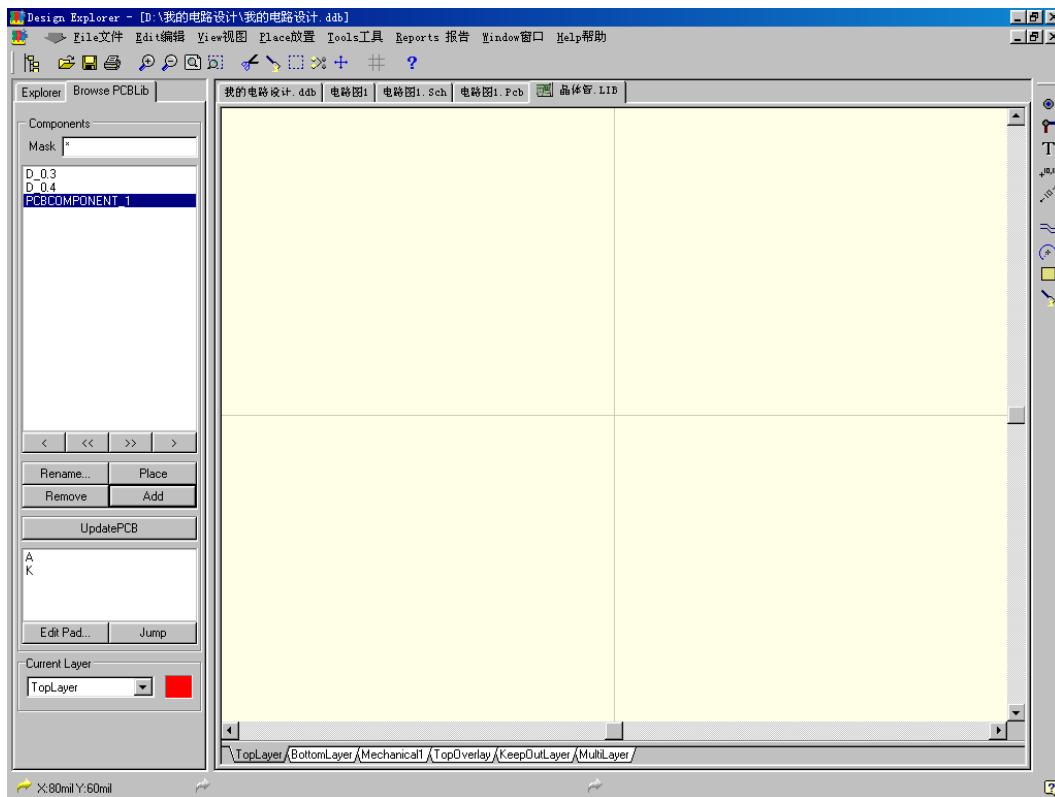
就进入库编辑器, 如图 5-4-16。



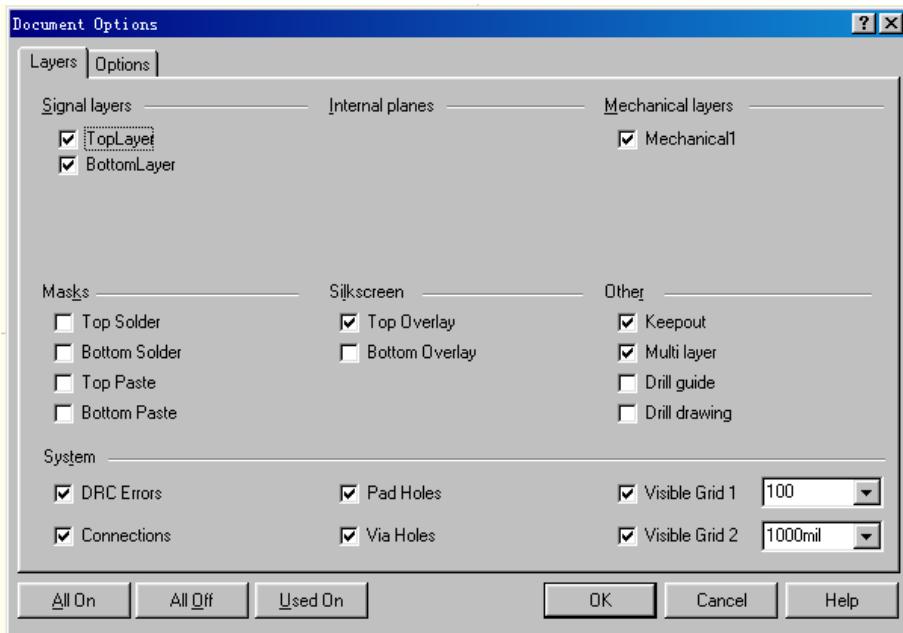
用鼠标点库管理器的 Add 按钮，就弹出新增元件向导，如图 5-4-17，如果这时候用鼠标点 Next 按钮，就可以选择需要自制元件的类型，用向导完成自制元件，但是，向导能完成的元件类型实在太少，满足不了实际要求。用鼠标点 Cancel 按钮，取消向导，



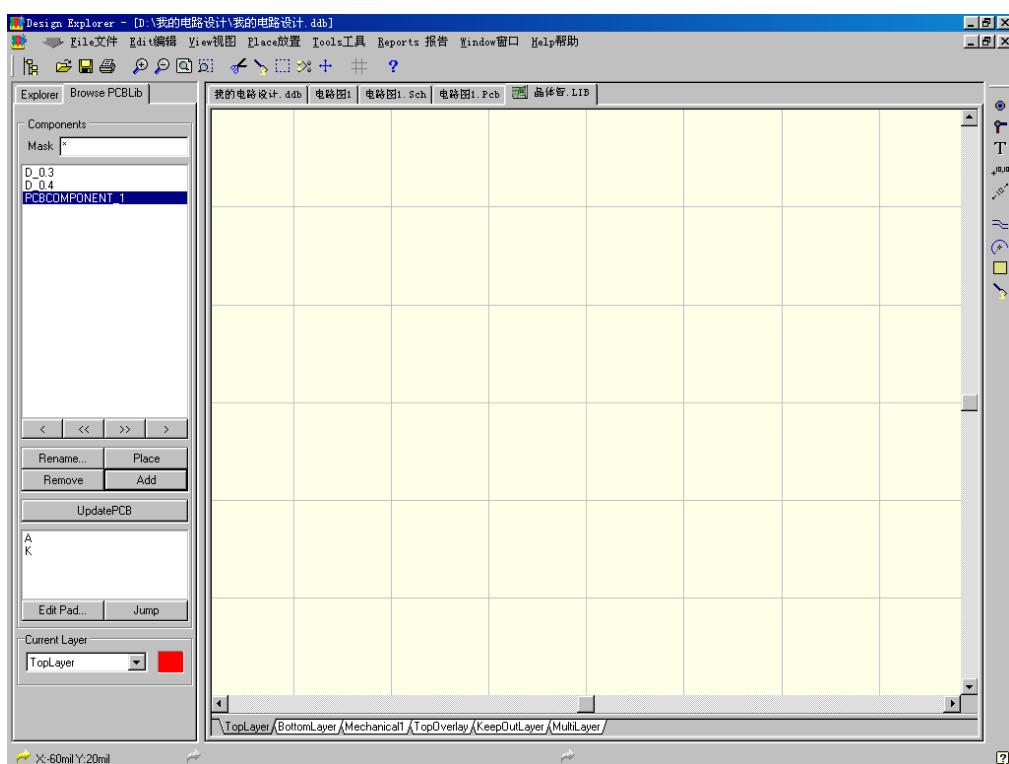
就出现新增元件的作图区，如图 5-4-18，Protel 默认的元件名称为 PCBCOMPONENT_1。



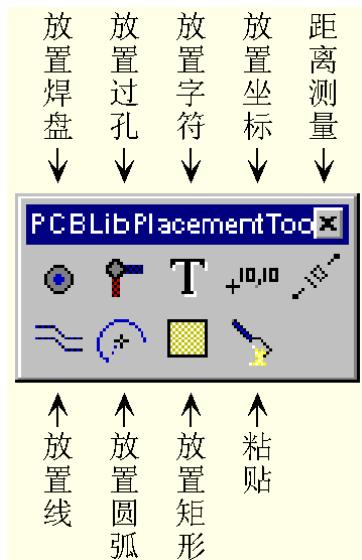
设置网格，执行鼠标右键/Options 选项/Layers...层，出现文档选项，如图 5-4-19，选中 Layers 页面 System 区块的 Visible Grid1，使其出现一个“√”，并且把这个栏目设置为 100(mil)，然后点 OK 按钮确认。



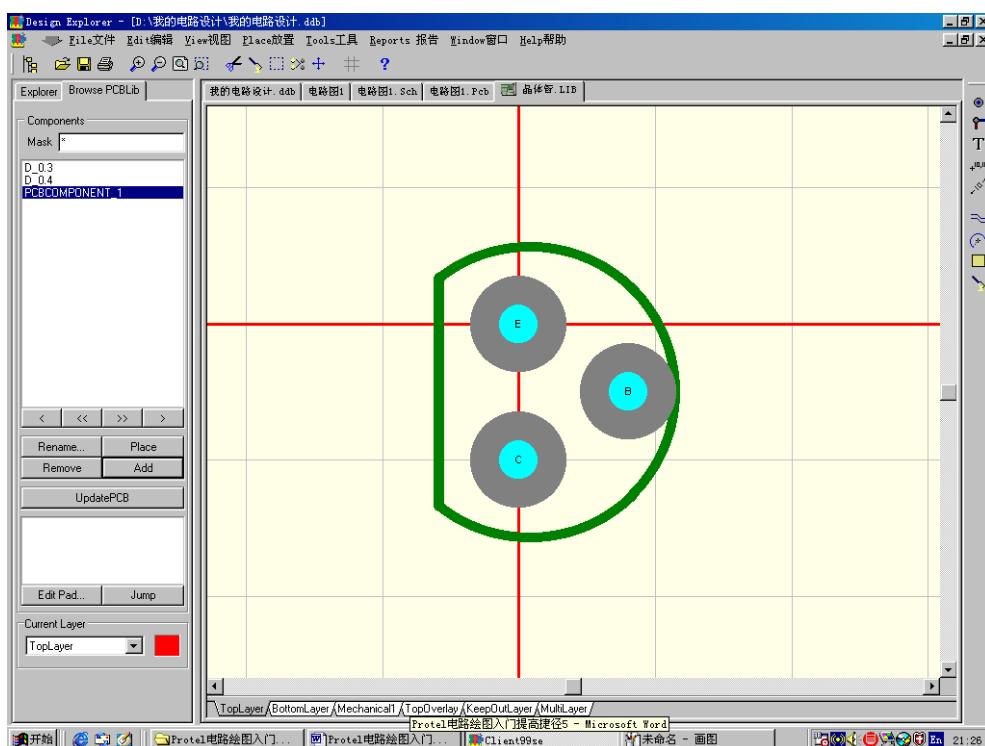
这时候 100mil 的网格线就出现了，如图 5-4-20，



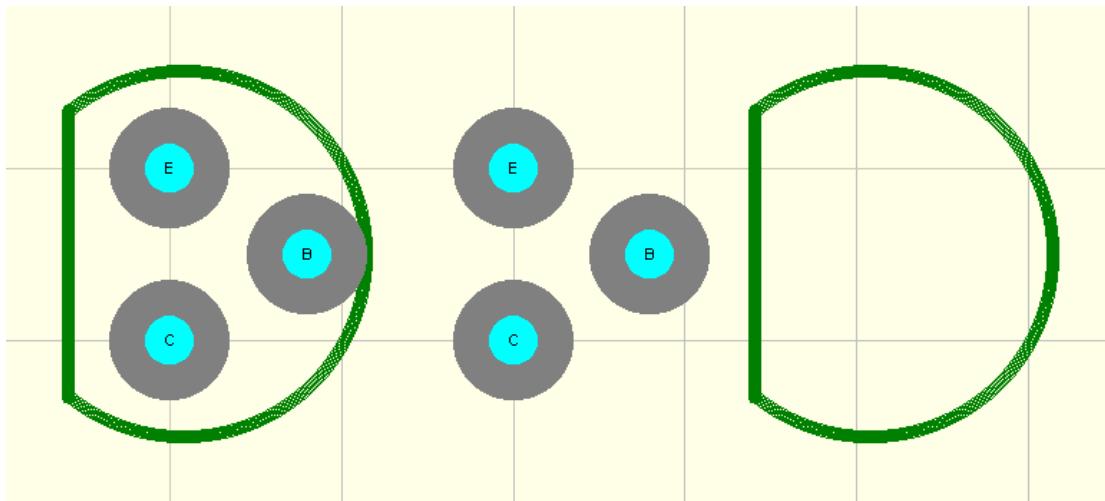
自制 PCB 图元件需要放置的主要的部件,在绘图工具栏里可以找到,绘图工具栏各个图标的功能说明如图 5-4-21。



自制的 9014 封装如图 5-4-22,红色的坐标是没有的,为了说明 PCB 元件在自制元件作图区的正确位置,笔者特意画了一个坐标,可以看到,三极管焊盘 E 在坐标园点上,整个元件的多数位置还是在第四象限。



PCB 元件也是由两部分组成，焊盘部分和外形部分，放置焊盘一定要准确，外形的精度尽量做到 10mil 以内。



下面介绍制作这个元件的要领：

(1) 放置焊盘

第一个焊盘放在园点上，放置焊盘时，可以看标题栏的坐标值，当坐标为 (0, 0) 的时候，就是园点了，也可以在放置焊盘的状态下执行快捷键 Ctrl+End，焊盘就会自动移动到园点上。焊盘 B 距离焊盘 E、C 的中心 80mil，可以把捕获网格设置为 10mil，就可以精确地放置这个焊盘。

(2) 设置捕获网格

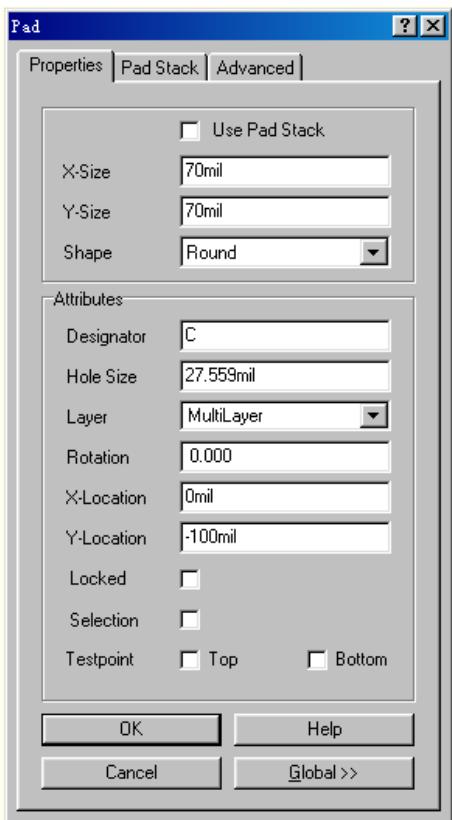
按键盘上的 G，就弹出捕获网格选择对话框，选定需要的网格值就可以了，如果需要的网格值在捕获网格选择对话框里没有，可以用鼠标点最后一栏 Other...，就弹出捕获网格设置对话框，在这个对话框里就可以设置需要的网格，设置的范围是：0.001mil-1000mil。也可以用鼠标点主工具栏倒数第二项图标，直接就弹出捕获网格设置对话框。

(3) 绘制 PCB 元件外形

绘制元件外形时，工作层面必须选 Top Overlay，即：顶层丝印层，这个层面 Protel 默认为绿色。放置的圆弧和线的宽度无特殊要求，应该是 10mil。

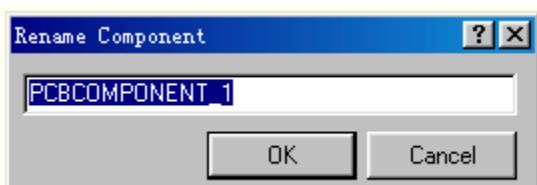
(4) 定义焊盘外径和钻孔尺寸

焊盘的外径，直接影响焊盘的机械强度，焊盘越大，机械强度越大，在自制元件的时候，把焊盘外径定义为适合自己经常使用的尺寸，绘制 PCB 图的时候省略了最后定义焊盘大小的操作，即使有更改，可以用批量修改的方法快速修改。像 9014 这样的封装，焊盘外径设置为 60mil-70mil 比较合适，双面板可以定义小一些，单面板定义大一些。用游标卡尺测量 9014 管脚的最大直径是 0.55mm（9014 的管脚是正方形），那么，钻孔尺寸可以设置为 0.6mm-0.7mm。用鼠标双击某个焊盘，弹出焊盘属性对话框，如图 5-4-24，Properties 页面的 X-Size 是焊盘外径 X 轴方向尺寸大小，Y-Size 是焊盘外径 Y 轴方向尺寸大小，Attributes 区块的 Hole Size 栏目就是钻孔尺寸，这里显示为 27.559mil，对应公制为 0.7mm。Attributes 区块的 Designator 栏目实际就是焊盘编号，这个栏目里的内容和原理图里的管脚编号对应，且大小写一致，就可以完成同步设计的网络布线了。



(5) PCB 元件重命名

用鼠标点库管理器的 Rename... 按钮，就弹出元件重命名，如图 5-4-25，把 PCBCOMPONENT_1 改为 9014，按 OK 按钮确认。



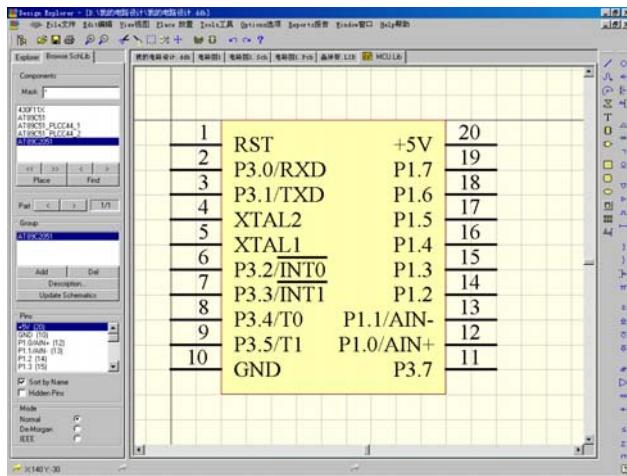
(6) 保存 PCB 元件

用鼠标点主工具栏第三项图标，就可以保存自制的元件，如果不继续自制元件，就可以关闭晶体管.Lib 文件。

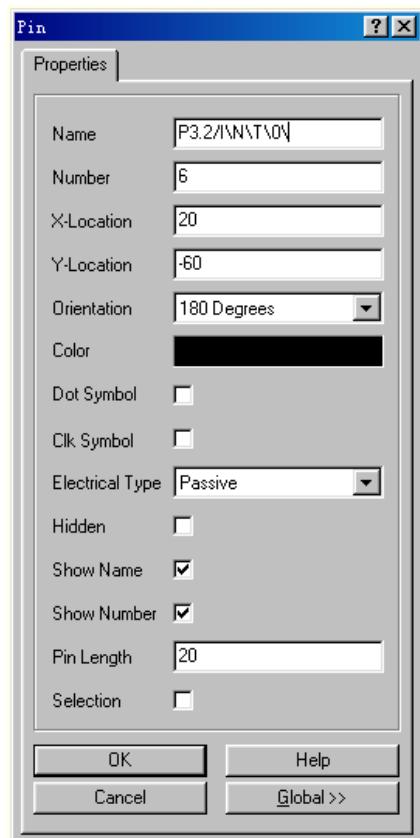
3、自制 AT89C2051 原理图元件

AT89C2051 是 ATMEL 单片机，Protel 自带的元件库里没有

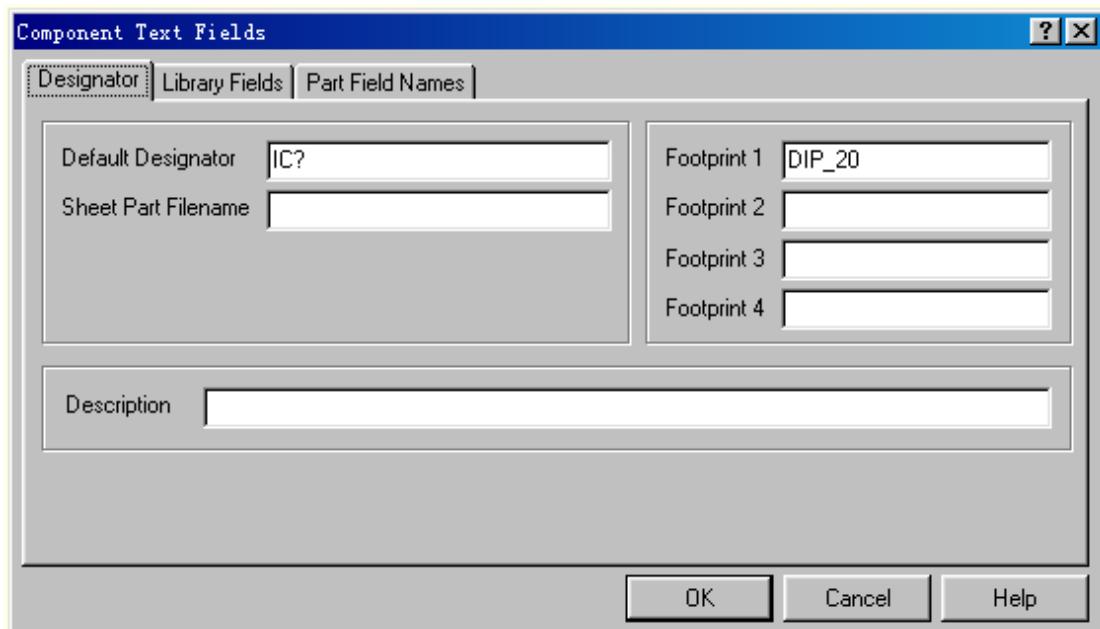
这个元件，这个元件在 MCU.Lib 库文件里自制，自制的元件如图 5-4-26，表示元件外形的长方形是放置矩形绘制的，



用鼠标双击编号为 6 的管脚，弹出管脚属性对话框，如图 5-4-27，可以看到，Name 栏目输入 P3.2/I\N\T\0\，6 脚的管脚名称 INT0，上面有一横，就是这样得到的，表示 T0 中断低电平有效。Number 栏目里的 6 表示管脚编号为 6。

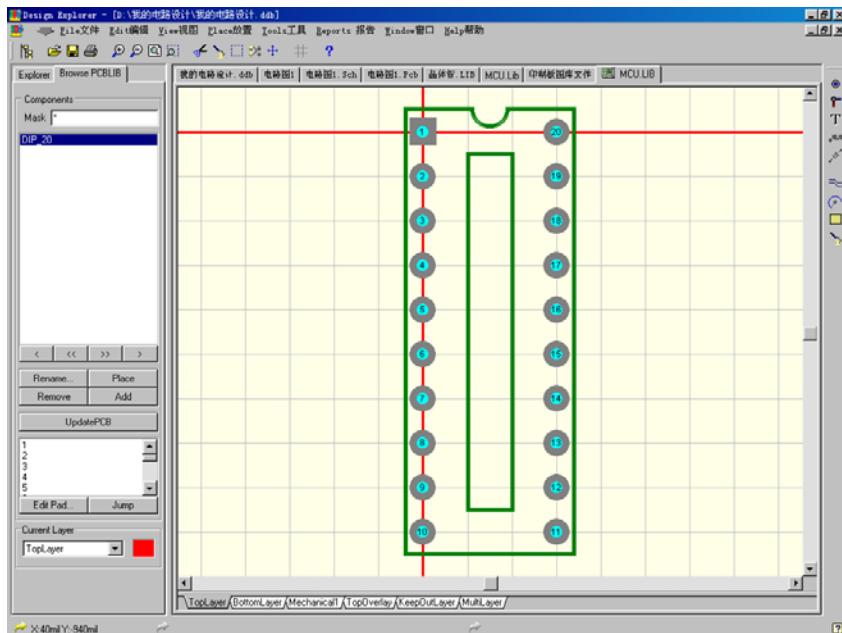


用鼠标点库管理器的 Description... 按钮，弹出元件属性对话框，在 Designator 页面的 Default Designator 栏目里输入 IC?，Footprint1 栏目里输入 DIP_20，如图 5-4-28，最后，存盘退出。

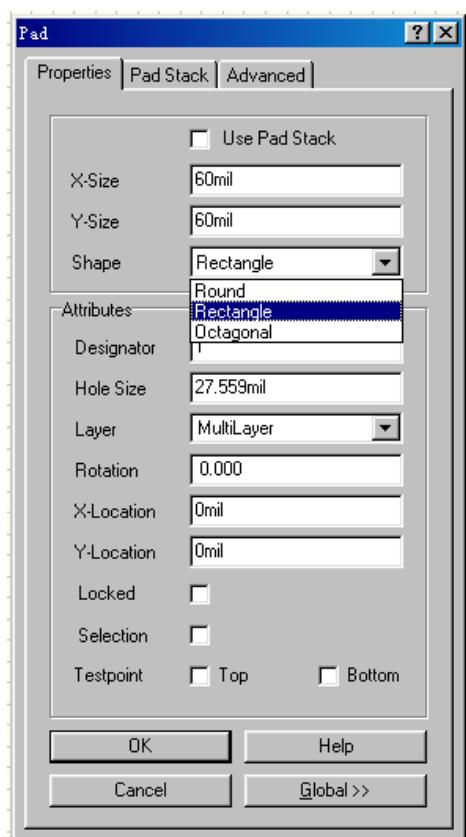


4、自制 AT89C2051 PCB 元件

AT89C2051 的 PCB 元件，Protel 自带的元件库里有封装，是 DIP20，这里自制的是名为 DIP_20 的 20 脚集成电路插座，Protel 自带的元件库里没有。自制的元件如图 5-4-29，坐标也是后加的，更清楚地看到，DIP_20 绝大多数的位置在第四象限，1 脚焊盘在坐标原点。DIP_20 的焊盘外径为 60mil，钻孔尺寸为 0.7mm。



用鼠标双击 1 脚焊盘,就弹出焊盘属性对话框,如图 5-4-30,Properties 页面的 Shape 栏目选择 Rectangle, 表示焊盘形状为矩形,这个栏目共有三项选择,自上向下分别为:圆形、矩形、八角形。

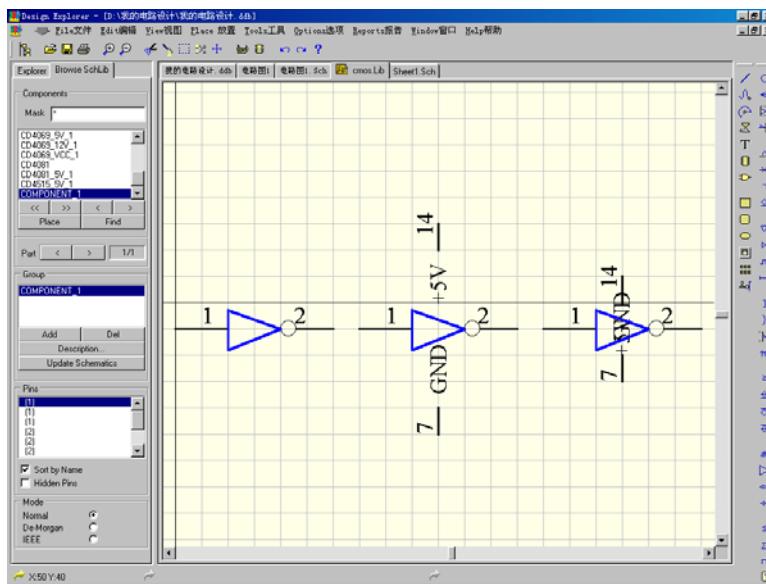


5、自制原理图复合元件

复合元件是指一个集成电路内部有两个以上相同的电路单元。如：CD4069 有 6 个相同的非门，LM358 有两个相同的运算放大器，LM339 有四组相同的电压比较器。复合元件在电子元件里占有一定比例，掌握自制复合元件很重要。

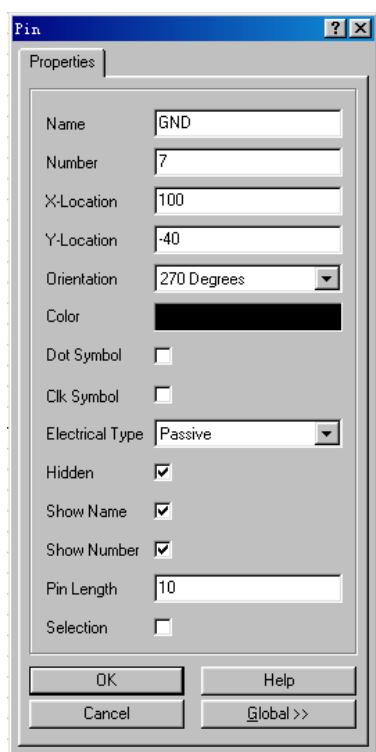
在自制原理图元件中，自制复合元件是最费时间的，涉及到管脚的隐藏和子元件的应用等概念，自制复合元件的难度并不大，就是费些时间，CD4069 有 6 个相同的非门，差不多相当于自制了六个普通的原理图元件，可以这样说：只要掌握了自制复合元件，自制原理图元件就彻底掌握了。下面就介绍自制 CD4069 复合元件的方法：

CD4069 在 cmos.Lib 库文件里制作，打开 cmos.Lib 库文件，新建一个元件，自制的 CD4069 元件的第一个单元如图 5-4-31，图 5-4-31 的中图是 7 脚和 14 脚没有隐藏的非门，把中图的 7 脚和 14 脚移动到右图所示的位置，隐藏 7 脚和 14 脚，就得到左图所示隐藏管脚之后的非门。（只需要左图所示隐藏管脚之后的非门，中间和右边的图是举例。）

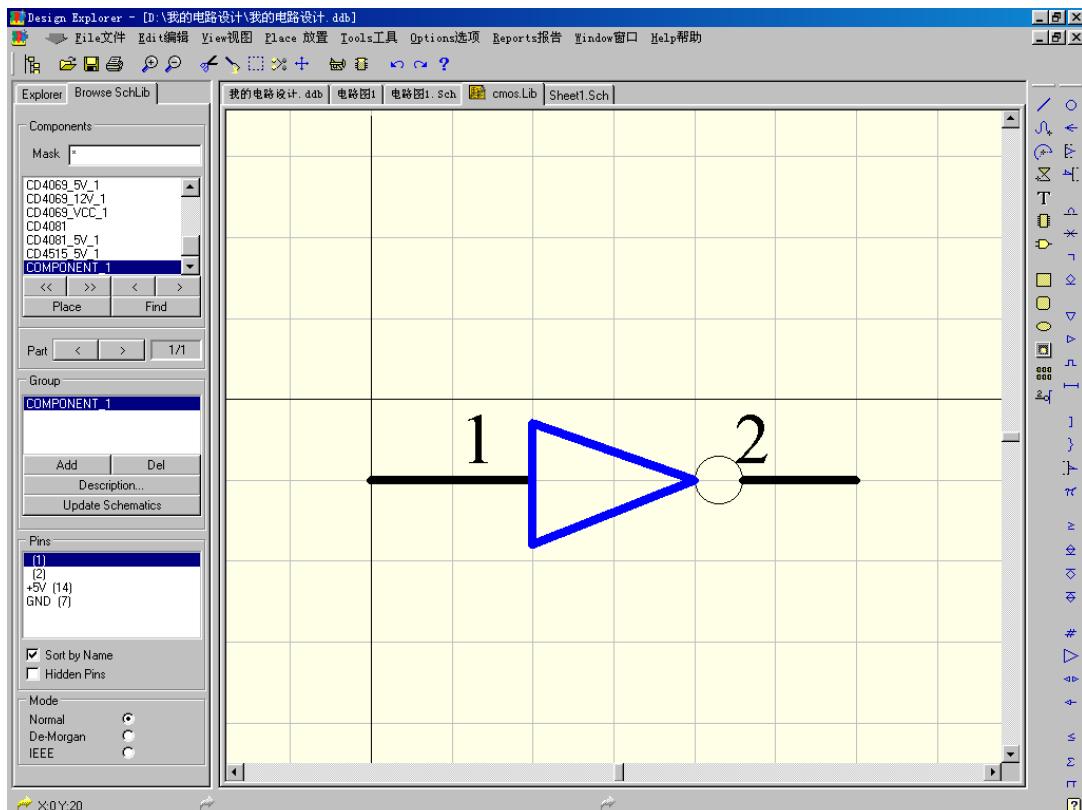


(1)、隐藏原理图元件管脚的作用和方法

隐藏原理图元件管脚的作用，最主要的就是让隐藏的管脚在原理图里连接到和管脚名称相同的网络，另外是为了绘图美观。用鼠标双击 7 脚，弹出管脚属性对话框，如图 5-4-32，用鼠标点 Hidden 栏目，使其出现“√”，点 OK 按钮确认，7 脚就隐藏了，用相同的方法隐藏 14 脚。

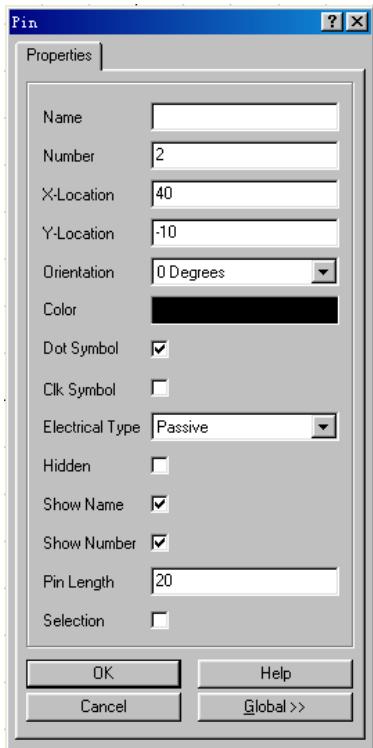


隐藏之后的第一个非门单元如图 5-4-32, 从设计管理器里的 Pins 区块可以看到, 该元件有四个管脚, 没有隐藏的 1、2 脚和隐藏的 7、14 脚, 如果不隐藏 7 脚和 14 脚, 可以用鼠标双击 Pins 区块显示的管脚号, 弹出管脚属性对话框, 用鼠标去掉 Hidden 栏目的“”, 点 OK 按钮确认, 就可以恢复显示。



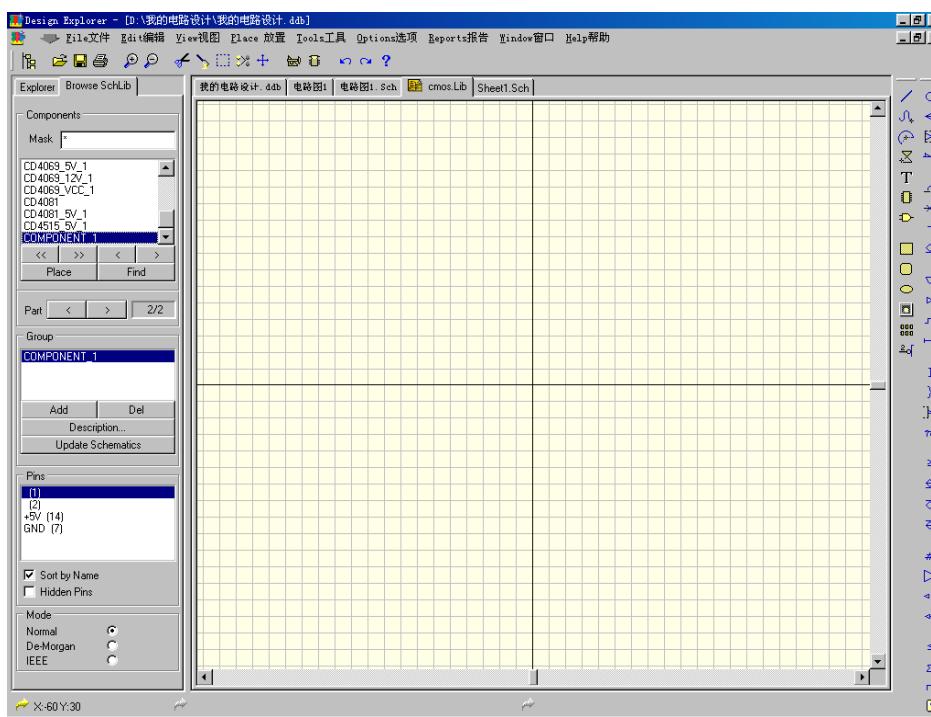
(2)、设置反向型管脚

用鼠标双击 2 脚, 弹出管脚属性对话框, 如图 5-4-34, 用鼠标点 Hidden 栏目, 使其出现“”, 点 OK 按钮确认



(3)、新建子元件

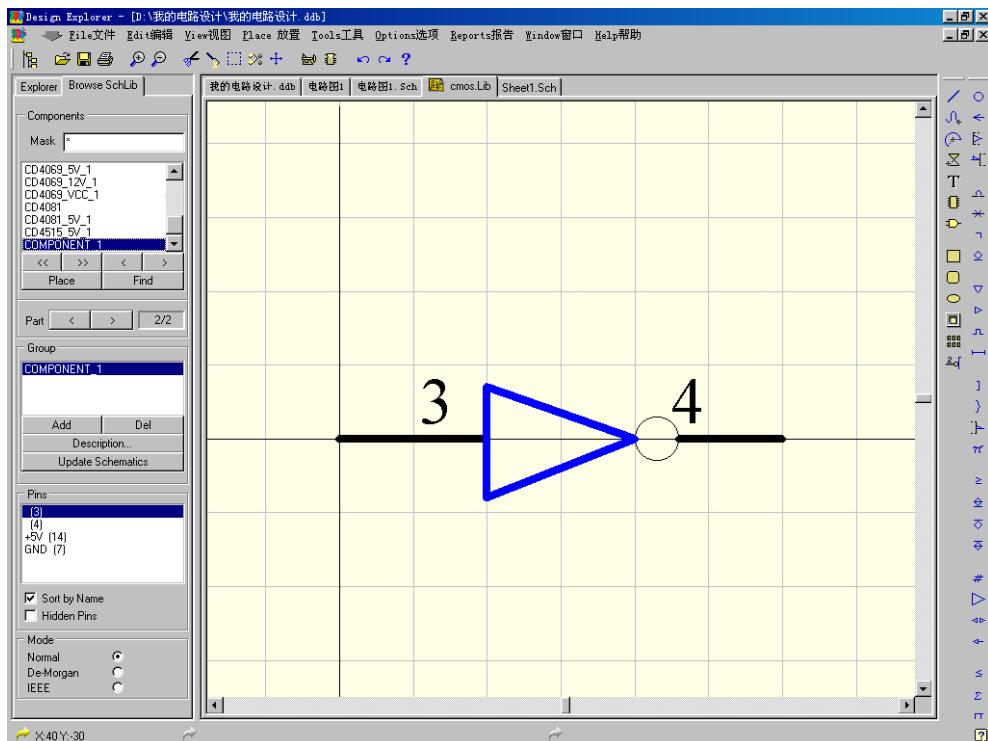
复合元件里的各个单元，在Protel里是“子元件”的概念，“子元件”简称“子件”。用鼠标点主工具栏第七项图标，就新建了一个子件，如图5-4-35。



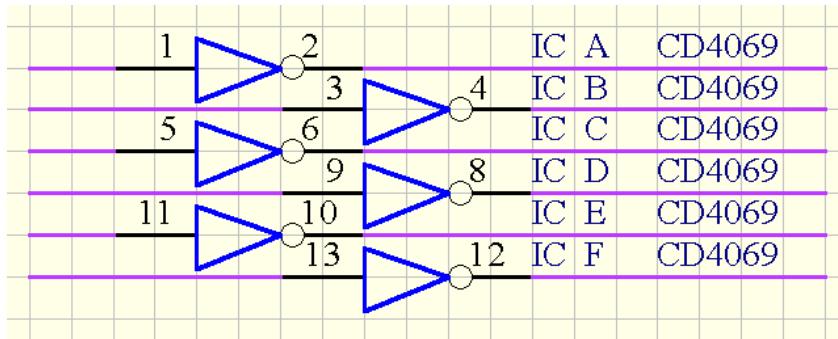
注意看设计管理器里的 Part 栏目的显示，在没有新建子件的时候显示 1/1，表示该元件只有一个主件，而新建子件之后显示 2/2，表示该元件有两个单元，现在显示的是第二个单元，Part 栏目的两个按钮，“<”和“>”是转换显示子件。



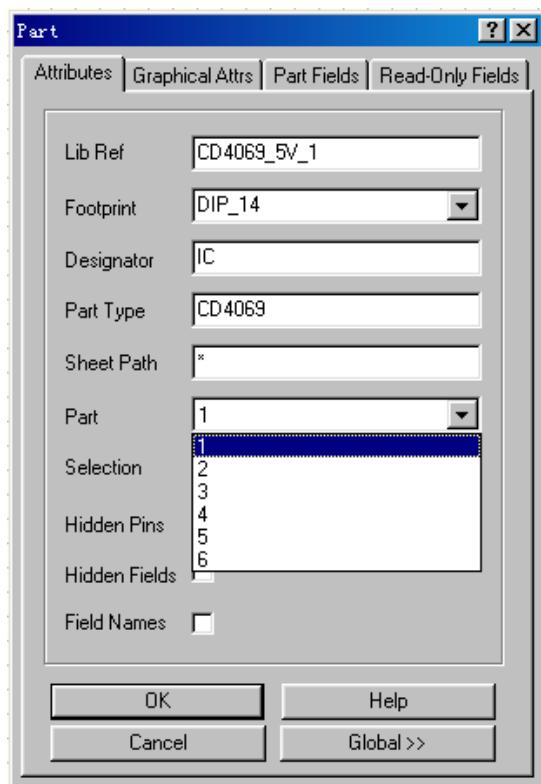
用鼠标点 Part 栏目的两个按钮，把子件 1 复制到子件 2 的作用区，并且把管脚编号 1、2 改为 3、4，如图 5-4-37，由于有隐藏管脚，选取图件执行快捷键 S+A，可以更正确地把隐藏的管脚复制过来。



用上面介绍的方法，把 CD4069 的六个子件全部做完，最后，回到第一个子件，更改元件名称为 CD4069_5V_1，设置元件属性后存盘退出，就完成了 CD4069 复合元件的自制。放置在原理图里的 CD4069 如图 5-4-38



用鼠标双击 IC A，弹出元件属性对话框，用鼠标点 Part 栏目的下拉箭头，就可以选择 CD4094 的电路单元，如图 5-4-39，1-6 分别对应 A-F。

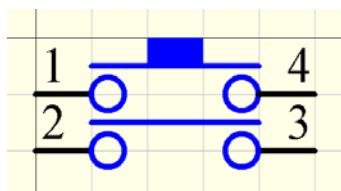


元件名称取名为 CD4069_5V_1 的_5V 表示这种器件应用于 5V 的场合，_1 表示这是第一种绘制方法，觉得这种绘制方法不适合某种电路，还可以绘制第二种。或许读者要问，这种器件是不是只能应用于 5V 的场合？是的，如果只是绘制原理图，用在多少伏电压都没有问题，但是，如果利用原理

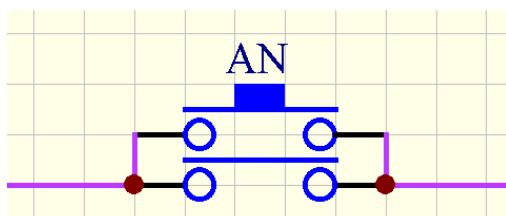
图进行同步设计和网络布线，那么，这种器件只能应用于 5V 的场合。cmos 数字电路的电压范围宽达 3V-18V，如果 CD4069 应用于 12V 怎么办呢？只有重新自制一个名为 CD4069_12V_1 的复合元件，也就是把 14 脚的管脚名称定义为+12V 就可以了，好在可以复制，实际再自制也挺快的，自制元件是一劳永逸的事，只要你日积月累地完善你的元件库，就可以保证绘图速度和绘图质量。

6、自制相通脚元件

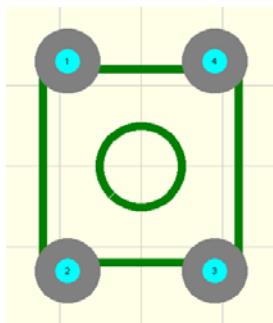
相通脚元件，是指多管脚的元件，其中有两个管脚电气意义是连通的，如：保险管座、按键开关等，这里就以常用的一种按键开关为例，介绍相通脚元件的自制方法。自制相通脚元件其实很简单，有几个脚就做几个脚，如图 5-4-40，1、4 脚和 2、3 脚是相通的，在原理图库文件里不要连通管脚，



在原理图里再连通本来就相通的管脚。这样自制的元件好象不太美观，但是可以保证同步设计和网络布线。

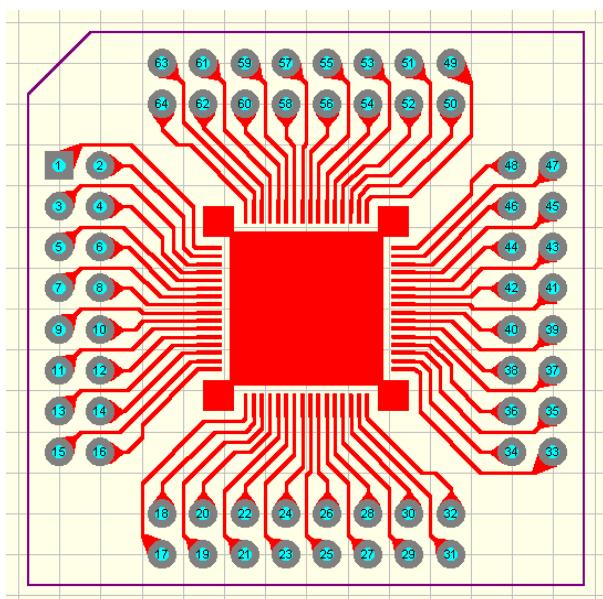


自制的 PCB 元件如图 5-4-41。



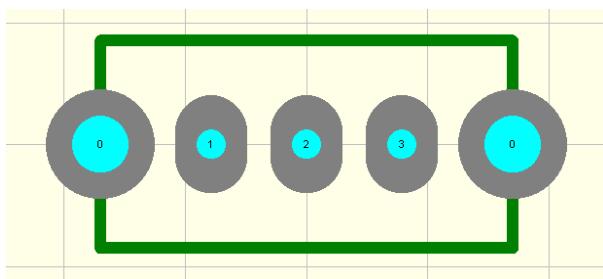
7、自制非英制 PCB 库元件

有的电子元件管脚与管脚之间的尺寸单位的整数，或者整数的分数，是公制单位，也有的甚至既不是公制，也不是英制，这些元件有什么制作要领呢？其实也很简单，上面的按键开关就是公英制都不好测量管脚距离，像这样的元件，自制 PCB 元件比较好的方法就是把坐标圆点设置在元件的中心，这样在绘图的时候走线才美观。图 5-4-43 是 430F149 贴片封装扩展为八列直插的扩展小电路板，这个图可以清楚看到，430F149 贴片封装的正中心相当于圆点，这样布线最美观。



8、自制 PCB 元件多余焊盘的处理

有的元件，除了有电气连接的管脚之外，还有固定用的管脚，这些元件多数是开关、插座、散热片等元件的固定脚，没有电气连接意义的焊盘如何处理呢？比较好的方法是，把没有电气连接意义的焊盘编号全部设置为 0，如图 5-4-44，这是一种小型单刀双掷的拨动开关，左右两边的大焊盘就是固定孔焊盘，编号为 0 并不影响同步设计。



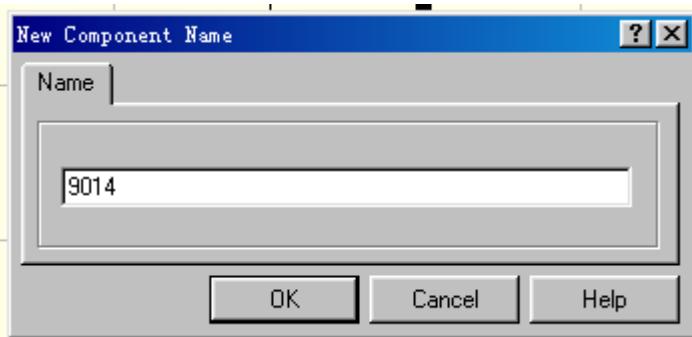
9、自制元件的命名方法

自制元件的命名方法，笔者也没有太多的经验，有一点很重要，就是千万不能把元件名称、元件编号用中文命名，否则，有不可预知的错误。经过笔者多年来使用 Protel 的经验，发现与 Protel 设计有关的文件名可以使用中文，与元件有关的各种名称、标号不能使用中文。

(1) 原理图元件类型名称的命名方法

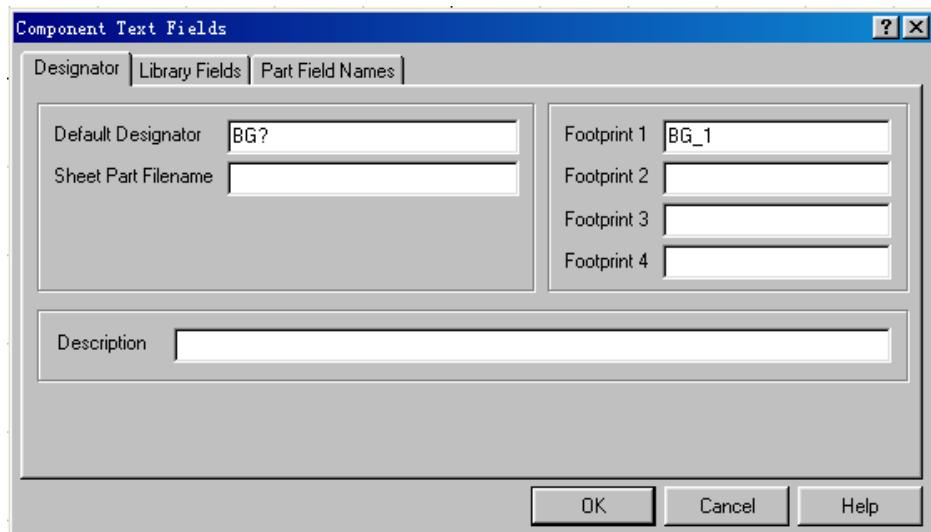
在原理图库编辑器里。用鼠标点最右边的左侧工具栏第六项图标，新增元件，弹出新增元件对话框，或者执行菜单命令 Tools 工具/Rename Component...元件重命名，如图 5-4-5，注意看这个对话框的 Name 栏目，谁都知道，Name

就是名字的意思，但是，这里输入的内容实际上是元件的类型名称，9014 是一种 NPN 的三极管，那么，所有 NPN 的三极管都可以使用这个元件。如果自制电阻，这里输入 1K，有的元件自己都不知道元件的类型名称怎么办呢？就输入元件的型号，有种继电器，上面印着 HRS1H-S 好象是型号，就用这个代号做元件类型名称。这里输入的内容就是在原理图元件管理器里看到的元件名称。



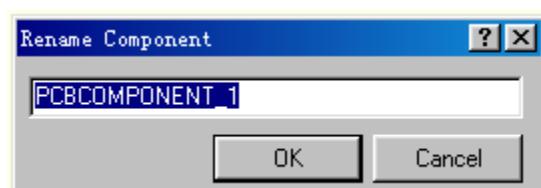
(2) 原理图元件编号名称的命名方法

编辑自制元件的属性，用鼠标点库管理器的 Description... 按钮，弹出元件属性对话框，如图 5-4-6，在 Designator 页面的 Default Designator 栏目里输入的内容是元件编号名称，参考许多原理图就可以知道，三极管的元件编号名称是 BG，也有的原理图上是 V，电阻是 R，发光二极管是 LED，整理二极管是 D，不知道的元件就参考成品 PCB，发现排阻是 RA，数码管是 SG。



(3) PCB 元件名称的命名方法

PCB 元件名称的名称，可以用该元件的型号命名，如：继电器型号 HRS1H-S。也可以用该元件的特征命名，如：DIP_8 表示 8 脚双列直插集成电路。还可以用该元件的尺寸命名，如：0805 表示贴片电阻的长度是 80mil，宽度是 50mil。在自制 PCB 元件的时候，用鼠标点库管理器的 Rename... 按钮，就弹出元件重命名对话框，如图 5-4-5，这个对话框输入的名称必须和上图 Designator 页面的 Footprint1 栏目里输入的名称相同，才能正确完成同步设计和网络布线。



自制 PCB 元件的名称，一定不能和 Protel 元件库里的 PCB 元件名称重名，也不能和自己制作的 PCB 元件名称重名，否则，使用同步器放置元件，有的时候会出错，错的很

奇怪，会把元件放反，阻容元件放反问题不大，集成电路放反很容易发现，三极管就不容易发现放反了。

避免 PCB 元件的名称重名比较好的方法，是在元件名后面加“_1”“_5V”等标志。

原理图元件名称重名，不影响同步设计，但是，从管理方便的角度考虑，最好不要重名。

第二篇：提高篇

第六章：同步器使用技巧

本书已经介绍过同步器的作用和使用方法，这里详细介绍同步器的使用技巧。

第一节：同步器的应用范围

操作同步器可以达到和操作网络表相同的效果，就是通过同步器，把原理图元件对应的封装放置到 PCB 图里，并且相同的网络用网络线表示连接，根据这些网络线，就可以自动布线或者手工布线。

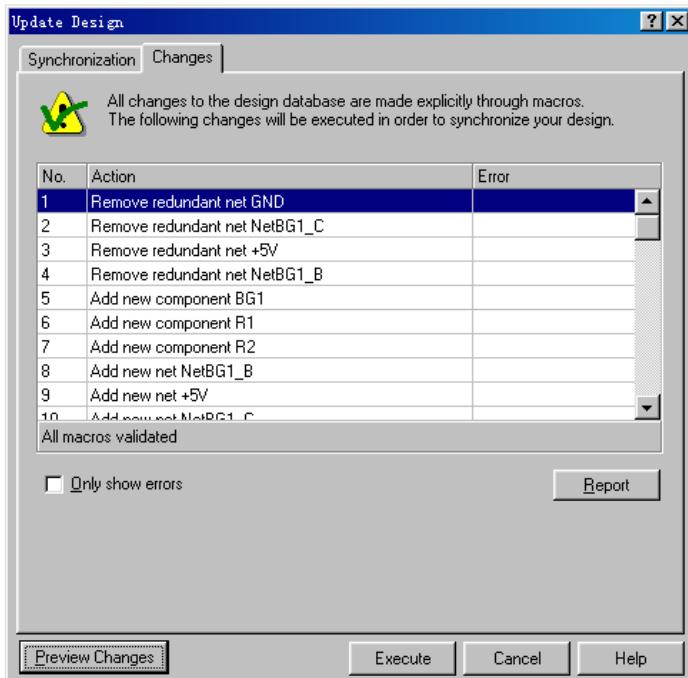
1、网络表生成的网络名称是顺序编号的网络名称，同步器生成的网络名称是以管脚号为基础的网络名称，这两种不同的网络名称可以达到相同的自动布线或者手工布线效果。

2、引入网络表放置的 PCB 元件是堆在一起的，还需要弹开元件的操作，降低了绘图速度，用同步器放置的 PCB 元件是顺序排列的，这就加快了绘图速度。

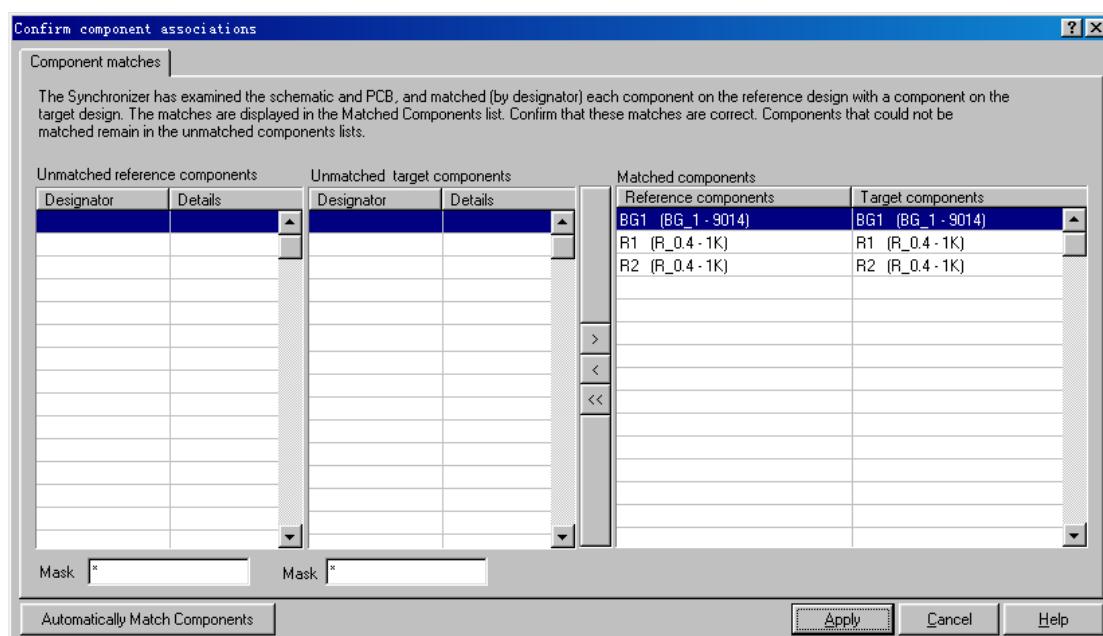
3、同步器生成网络有两种方法，一种是更新放置，一种是更新添加，下面就以电路图 1.sch 为例，介绍同步器生成网络的两种方法：

更新放置，是指绘制好原理图之后，原理图元件也添加了对应 PCB 的封装，PCB 文件里没有元件，在原理图里执行菜单命令 Design 设计/Update Pcb 更新 PCB，弹出更新设

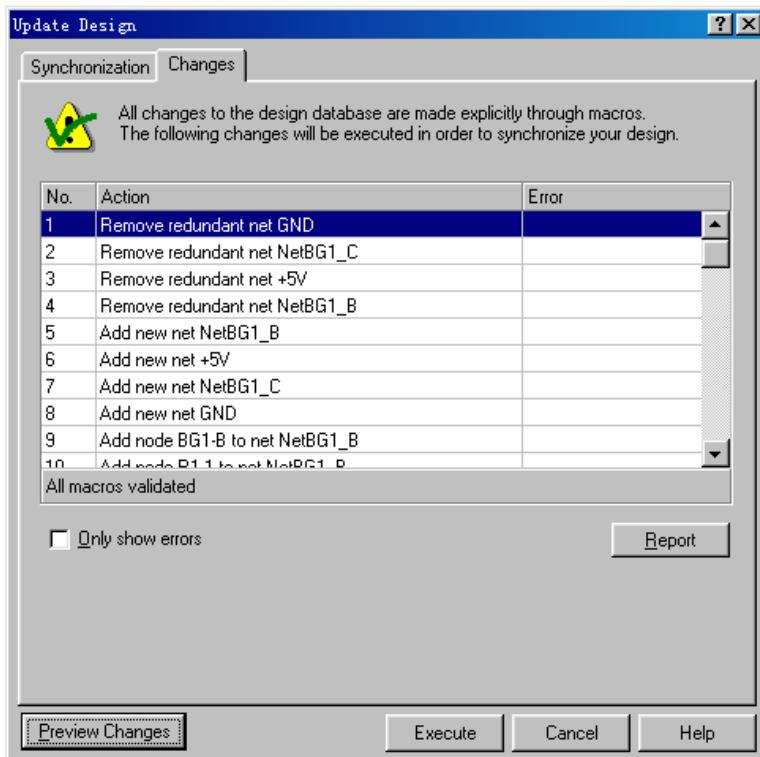
计的同步器对话框，用鼠标点 Preview Changes 按钮，这时候的更新设计的信息如图 6-1-1，



更新添加是指绘制好原理图之后，原理图元件添加了对应 PCB 的封装，PCB 文件里已经放置了原理图元件对应的 PCB 的封装，这时候在原理图里更新 PCB 会弹出如图 6-1-2 的元件匹配对话框，



用鼠标点 Apply (应用) 按钮，弹出更新设计的同步器对话框，用鼠标点 Execute 按钮就可以添加网络。



第二节：同步器的使用原理

在原理图方面，只要原理图里有元件，不管这个元件是从元件库管理器里放置的还是直接从库里放置的，或者从别的图纸复制来的，只要原理图元件添加了该元件对应的 PCB 正确的封装，就可以进行同步设计了。

在 PCB 方面，如果是用同步器放置原理图元件对应的 PCB 封装，这个封装在当前使用的库里必须有这个元件，新自制的元件必须在元件库管理器里看到这个元件，这一点很容易忽视，使得刚自制好的元件一使用同步器就出错，解决的方法很简单，在自制完原理图元件或者 PCB 元件保存元件

之后,回到原理图或 PCB 图文件,用鼠标点一下自制元件所在的库名称,自制的元件就出现在库管理器里了,这个操作相当于确认新自制的元件。如果是用同步器添加原理图元件对应的 PCB 封装的网络,那么,这个 PCB 元件和原理图元件一样,不论是采取什么方法放置的,都不影响同步设计的正确进行。

当原理图元件已经通过同步器放置到 PCB 图里了,如果这时候不添加元件,同步器更改的内容并不依赖元件库的存在,也就是把原理图库和 PCB 图库全部移去,也不影响同步设计的顺利进行。

第三节：同步器的更新内容

- 1、可以把原理图元件对应的封装、元件编号、元件名称放置到 PCB 图里。
- 2、在原理图里更改元件对应的 PCB 封装,用同步器可以更改 PCB 图里该元件的封装。
- 3、在原理图里更改元件的编号,用同步器可以更改 PCB 图里该元件的编号。
- 4、在原理图里更改元件的名称,用同步器可以更改 PCB 图里该元件的名称。
- 5、在原理图里添加一个元件,用同步器可以在 PCB 图里添加该元件的封装。

6、在原理图里删除一个元件，用同步器可以删除 PCB 图里的该元件。

7、上面的全部操作操作是在原理图里更新 PCB，同样可以反向操作，即：用 PCB 更新原理图，只是第 1 项的反向操作不会在原理图里生成连接线。在实际应用中，尽量从原理图里用同步器更改 PCB，少用 PCB 更改原理图，每次使用同步器，只要没有错误，原理图和 PCB 图都立即存盘，保证原理图和 PCB 图的同步设计。

第四节：同步器的使用条件

- 1、原理图和 PCB 图在数据库里的同一文件夹里操作最简便。
- 2、原理图元件的管脚电气连接端必须正确，自制元件的时候不得搞反。
- 3、原理图元件的管脚或者 PCB 元件的焊盘编号不得重名。
- 4、原理图元件的编号不允许重名。
- 5、原理图元件的管脚编号对应的 PCB 封装焊盘编号必须一致。
- 6、原理图元件对应的 PCB 封装名称和大小写必须一致。
- 7、原理图元件对应的 PCB 封装，在 PCB 设计管理器中，必须添加有该元件封装的库文件。
- 8、原理图元件对应的 PCB 封装，在 PCB 设计管理器中，添加的库文件里必须有这个元件封装。

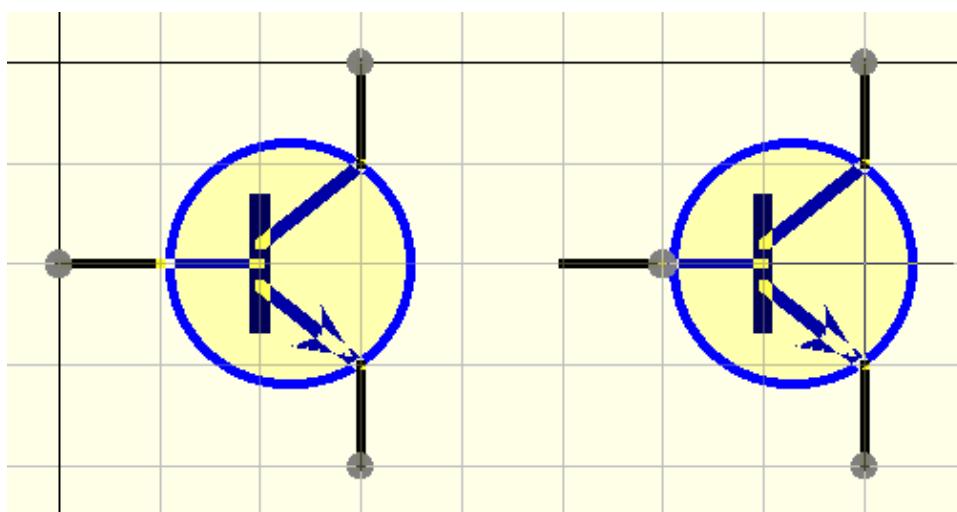
第五节：使用同步器产生错误的排除方法

当原理图有错误，使用同步器就会报错，但是，也有些原理图里的错误在使用同步器的时候并不报错。上面介绍了同步器的使用条件，除了第一项是强调绘图环境，其余的六项，只要有一项不符合条件，就会产生错误，下面就详细介绍这六种错误的排除方法。

1、原理图元件的管脚电气连接端错误

这个错误是因为自制元件管脚放反造成的，Protel 自带的元件还没有发现这个情况，检查的方法很简单，选取自制的元件，用鼠标移动元件，如图 6-1-4，左边的元件管脚放置正确，右边的元件基极放反了，自制元件放置管脚的时候一定注意，“火柴头”向外，管脚就不可能放置反。

当用到自制的管脚放反的元件绘制原理图，使用同步器并不报错，只是 PCB 元件的电气连接意义和原理图的电气连接意义不一致。

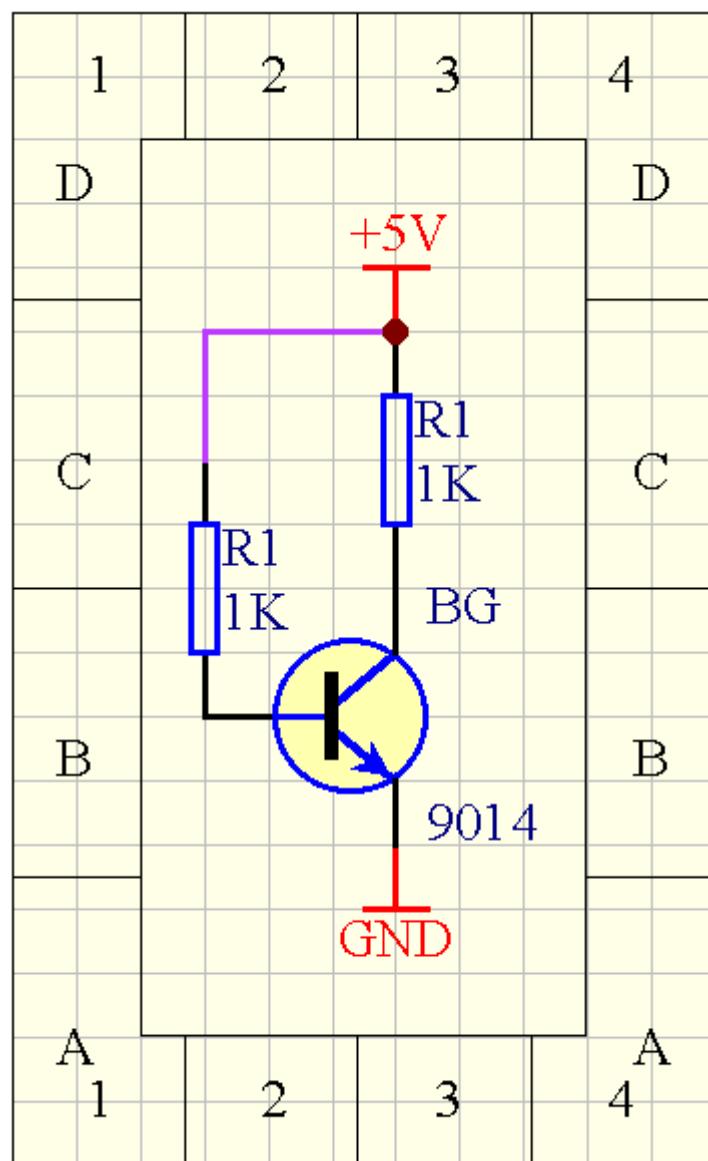


2、原理图元件的管脚或者 PCB 元件的焊盘编号重名

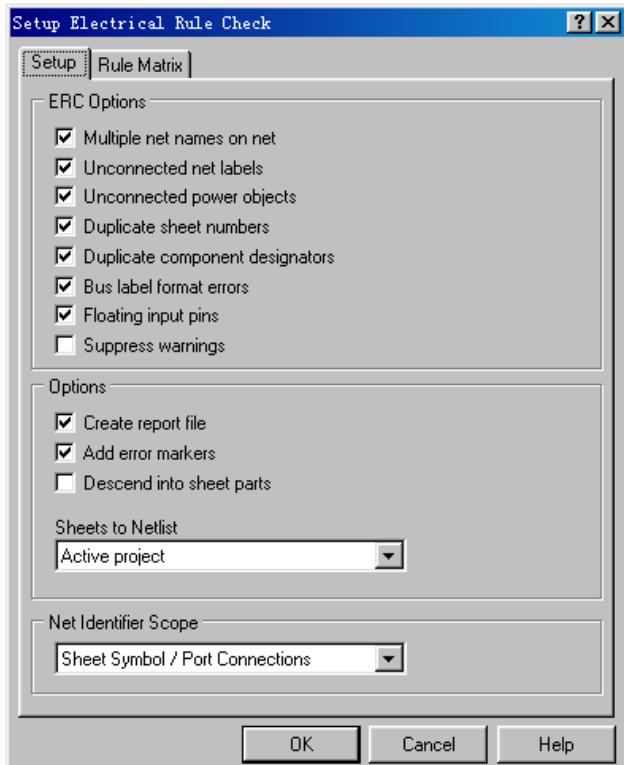
当原理图元件的管脚或者 PCB 元件的焊盘编号重名时, 使用同步器并不报错, PCB 元件的电气连接意义和原理图的电气连接意义不一致。

3、原理图元件的编号重名

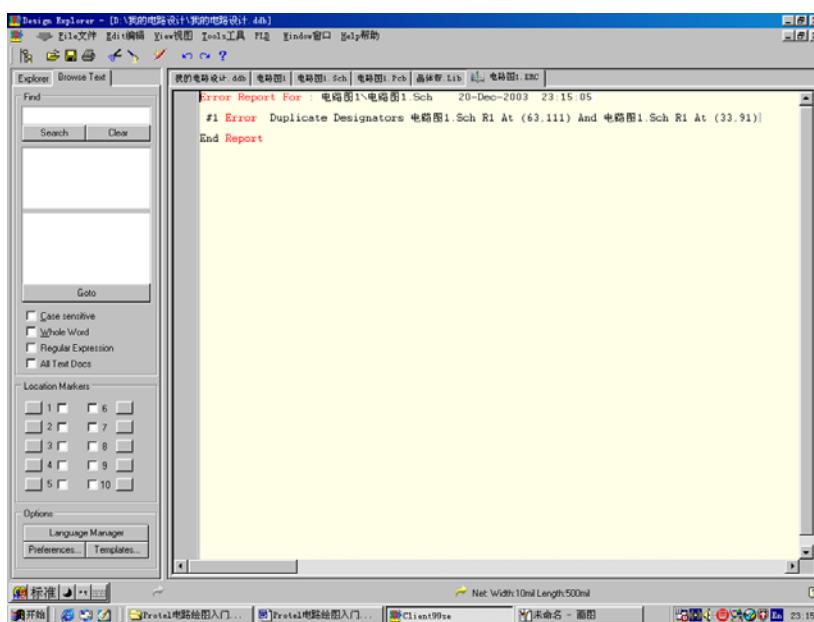
如图 6-1-5, 两个电阻都是 R1, 使用同步器并不报错, 只是在 PCB 元件里“丢失”一个电阻。



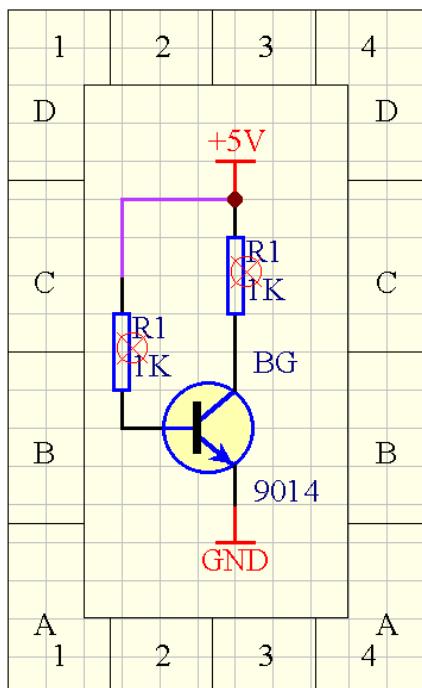
检查这个错误的方法是用原理图里的 ERC 电气规则检查,执行菜单命令 Tools 工具/ ERC... 电气规则检查,弹出电气规则检查对话框,如图 6-1-6, Setup 页面的选项设置是 Protel99SE 的默认设置,



用鼠标点 OK 按钮,就产生并打开错误报告文件,如图 6-1-7。



用鼠标点电路图 1.Sch 页面，回到电路图 1.Sch，可以看到错误标记，如图 6-1-8，更改错误之后，如果去掉这些错误标记，可以像删除元件一样删除这些标记，但是，为了保证 Protel 软件的完整性使用，更改错误之后，重新做 ERC 检查，只要错误改正确了，这些错误标记就会自动删除。



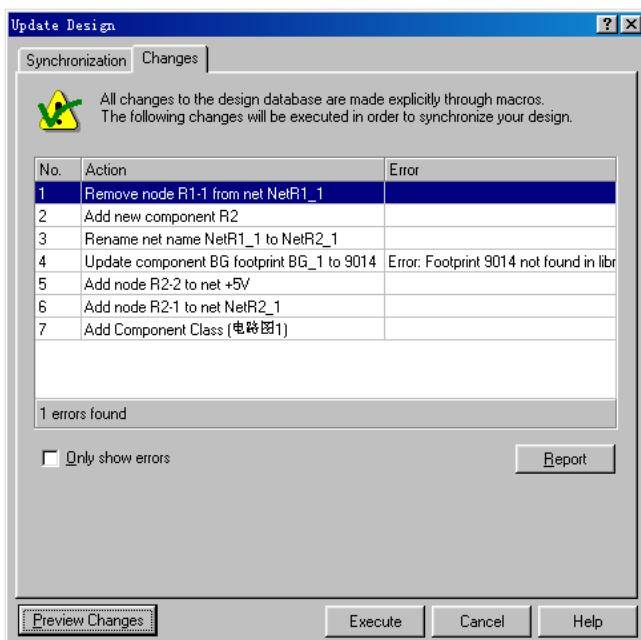
避免原理图元件的编号重名的有效方法，除了绘图时仔细些，还有个方法就是全部采用自动编号，Protel 的自动编号不可能造成元件的编号重名。但是，自动编号往往不能按照你的思路去编号，总觉得有些不随人意。

4、原理图元件的管脚编号对应的 PCB 封装焊盘编号不一致。

原理图元件的管脚编号对应的 PCB 封装焊盘编号不一致时，使用同步器并不报错，只是 PCB 元件的电气连接意义和原理图的电气连接意义不一致。

5、原理图元件对应的 PCB 封装名称和大小写不一致。

原理图元件对应的 PCB 封装名称和大小写不一致时，使用同步器肯定会报错，如图 6-1-9，报告 9014 的 PCB 库里没有发现这个元件。避免这个错误有效的方法，自制原理图元件，在设置元件属性对话框里输入该元件对应 PCB 封装的名称一定不能错，自制 PCB 封装的名称必须符合原理图元件里的信息。



6、原理图元件对应的 PCB 封装，在 PCB 设计管理器中，没有添加该元件封装的库文件。

这个错误和上面的原理图元件对应的 PCB 封装名称和大小写不一致发生的错误是同一类型，就是同步器对话框错误报告显示所有的原理图元件对应的 PCB 封装都没有发现。

7、原理图元件对应的 PCB 封装，在 PCB 设计管理器中，添加的库文件里没有这个元件封装。

这个错误是因为原理图元件对应的 PCB 封装忘记添加。

本节详细介绍了使用同步器产生错误和其它错误的排除方法，其实是比较简单的，很多错误就是绘图时不够仔细造成的。

这里告诉初学者一个好方法，在绘制原理图时，每放置两、三个类型的元件就用同步器更新 PCB，这样，发现错误也很好排除，千万不要等到原理图全部绘制完，才使用同步器，那时候错误如果太多，排除错误相对困难一些。

第七章：元件布局

用同步器把原理图元件对应的封装放置到 PCB 文件里，所有的元件是顺序排列的，元件布局，就是在 PCB 图里规划和排列元件，使所有的元件做到排列最美观、布线最简便、电路最紧凑。

元件布局对电路设计有以下影响：

1、元件布局直接影响电路板的制作成本

如果电路板没有特殊要求，同样功能的电路板，面积越小成本越低。一个元件布局比较好的电路板，应该是所有元件的密度非常平均，这样才能让电路板达到最高的利用率，降低电路板的制作成本。

2、元件布局直接影响电路的制作速度

影响电路制作速度最重要的两个环节就是插元件和焊接元件。所有的元件分类排列整齐，是提高插元件速度和焊接速度最有效的方法，这些方面就是靠元件布局来完成。除非是自动插元件，波峰焊接，或许不考虑元件布局对电路的制作的影响。

3、元件布局直接影响电路性能

像高频高阻的电路，元件的排列位置都会影响到电路性能，还有最小分布电容、最小电感和电磁兼容等一系列复杂概念，比如设计一个功放，指标要达到发烧级，用料要考究，元件排列要求也很高，这些内容笔者没有能力介绍，请读者

参考其它书籍。

4、元件布局直接影响电路布通率

布局比较好的电路板，布线也应该非常简洁，这就要求电路设计人员有很好的电路基础和实际的绘图经验，这些方面在绘制原理图的时候就应该考虑到了，如果在绘制原理图的时候没有考虑到布通率，绘制 PCB 图的时候怎么也不可能做到很高的布通率。说简单点，在绘制原理图的时候，成本与性能做比较，尽可能使用集成化程度比较高的元件，元件的利用率也要高，元件与元件之间的连接也要简便，这样才能提高布通率。当布通率很高的时候，单面的 PCB 板就可以完成，这就大大降低电路的制作成本，这些内容，在单面 PCB 板绘图技巧里详细介绍。

5、元件布局直接影响电路安装和维修

搞过电器维修的读者一定感受到，进口的电器比国产的好拆、好装。这里不是看不起国产电器，更不是崇洋媚外，的确是国内的电路设计人员花在电路结构设计上的精力少了一点，一个好的电路结构，多块电路板应该像小孩玩的积木一样，拆装都非常方便，这就需要电路设计人员在电路整体布局，接插件的选用等方面下工夫，当电路结构像积木一样拆装方便的时候，安装和维修就很方便了。

6、元件布局直接影响电子产品的整体美观

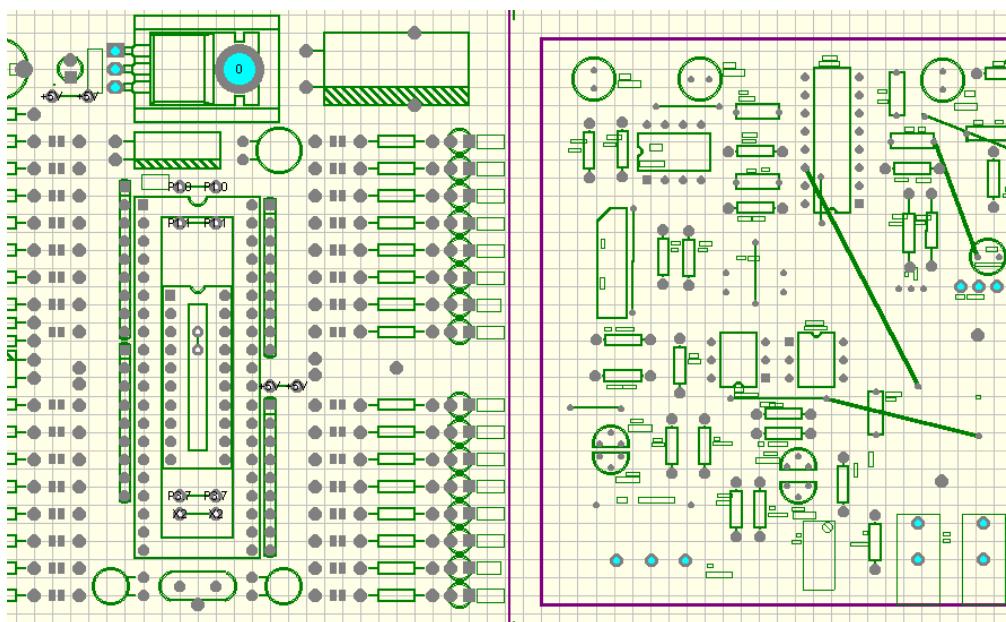
比较明显的例子，就是手机了，以前的大哥大，都快有砖头大了，而现在各种手机，越做越小，一些小巧玲珑、外形美观的手机，总是让人爱不释手。这些手机电路的小型化，虽然电子技术的发展起到重要作用，但是，在元件布局方面肯定是费了一番工夫。

可见，元件布局是一个综合很强的概念，要从上面的六个方面综合考虑才能绘制出符合自己要求的电路板，不能只考虑单一侧面。比如：要想做到最小面积的线路板，势必影响元件的排列整齐，反之，元件排列整齐，电路板板的面积就可能不是最小。元件布局在实际绘图中是比较难掌握的，笔者在这方面也没有太多的经验，而且各人有不同的审美观点，笔者认为，一个布局好的电路板应该是整齐、美观、对称、元件密度平均，如果做不到这些，任何审美观点都无法建立。这里不谈元件在电路板位置对电路的影响，只谈在通常情况下元件的布局如何做到整齐、美观、对称、元件密度平均。元件布局有自动布局和手工布局，自动布局很难达到实际要求，这里只讲解手工布局：

第一节：网格的合理使用

元件布局要想做到整齐美观，首先要合理使用网格。Protel 提供了第一网格和第二网格，这些网格就是布局的参考线。如图 7-1-1，左边的 PCB 图所有元件的焊盘和过孔全

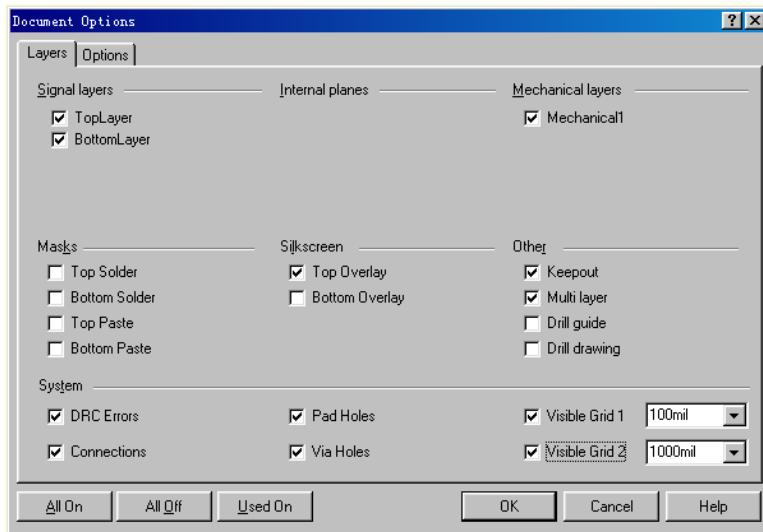
部在 100mil 的网格交叉点,或者在网格的 1/2、1/4 处,这样的布局,元件才有可能排列整齐。右边的 PCB 图,所有元件的焊盘和过孔与网格毫无关系,元件的排列也比较乱,这样的布局实在看不出有什么美观的地方。所有元件的焊盘放在网格的交叉点上,或者放在网格的 1/2、1/4 处,是非常容易的事,只需要设置第一网格和第二网格的值,以及元件的移动网格值,共三个设置就可以实现。



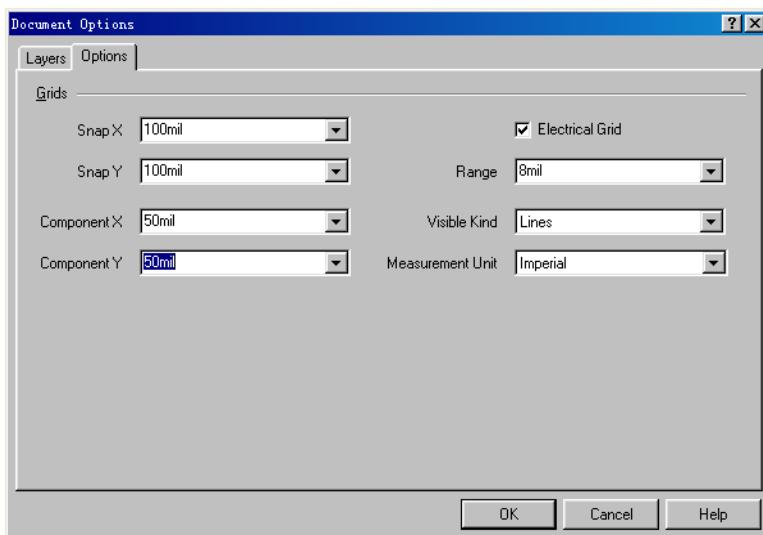
设置第一网格和第二网格的值,以及元件的移动网格在 PCB 绘图的章节里已经讲解过,这里再讲解一遍:

在绘制 PCB 图的时候,执行鼠标右键/Options 选项 /Layers...,就弹出文档选项对话框,选中 Layers 区块 System 区块的 Visible Grid1 (可视网格 1),并把 Visible Grid1 的值设置为 100, Grid2 的值沿用 1000mil 的默认值,如图 7-1-2,然后点 OK 按钮确认,显示网格 1 为 100mil,显示网格 2 为 1000mil 就完成了。目前电子元件的管脚间距,多数都是

100mil，或者100mil的整倍数和整分数，这个网格设置，符合大多数PCB图的绘制。



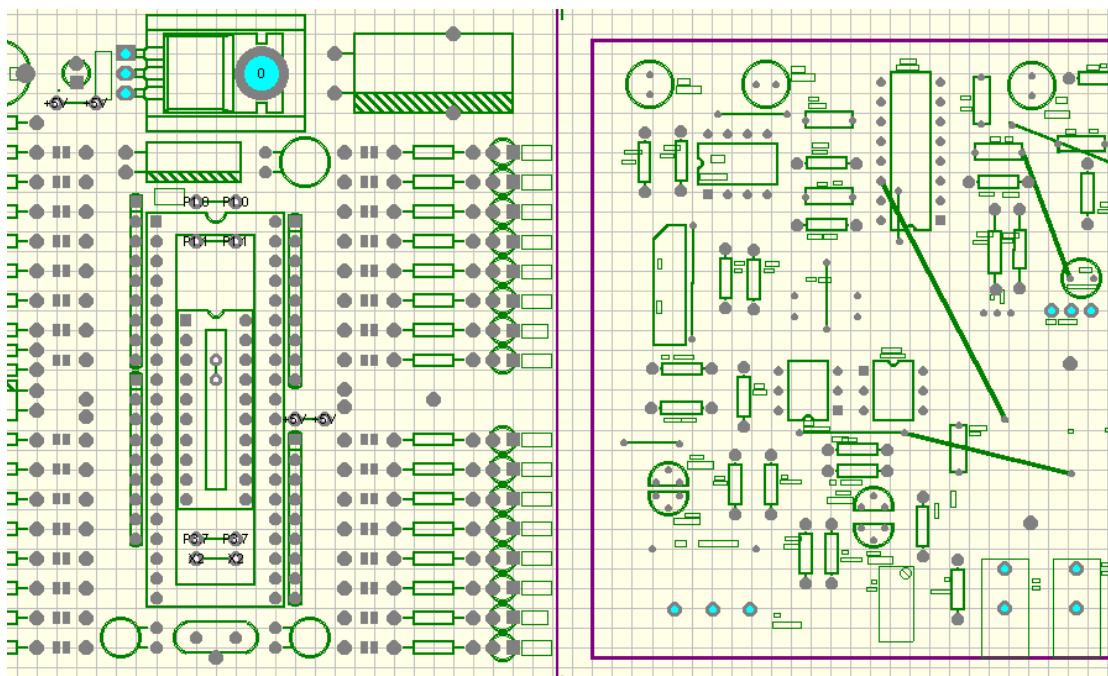
用鼠标点上面对话框的 Options 页面，如图 7-1-3，Options 页面 Grids 区块的 Component X 栏目是元件 X 轴方向移动的网格值，Component Y 轴栏目是元件 Y 方向移动的网格值，这两个值同时设置为 50mil，表示元件的相对中心值可以放在 100mil 网格的 1/2 处，如需更高的精度，可以设置为 25mil。元件的相对中心值，相当于自制 PCB 元件的坐标圆点，因此，在自制 PCB 元件的时候，坐标圆点的位置是相当重要的。



第二节：元件的排列以整齐为主

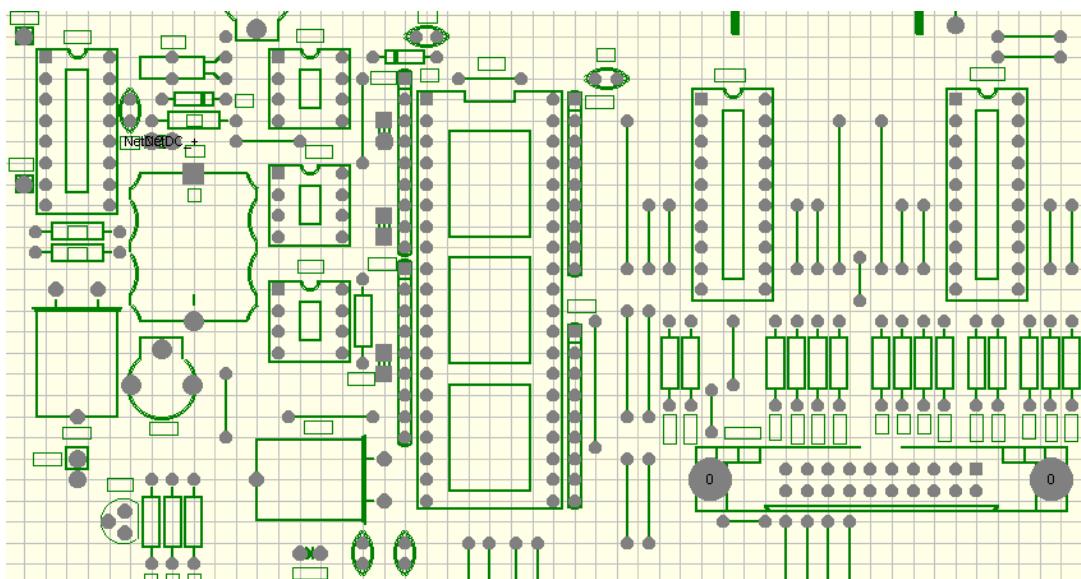
在元件布局的时候，所有元件分类排列整齐，是提高插元件和焊接速度最有效的方法，如果是机器插元件、波峰焊接，可能不必考虑，实际上多数电路板还是手工焊接的。这里还是以图 7-1-1 为例，左边的 PCB 图电阻和发光二极管自上向下排列整齐，插元件和焊接速度都得到提高，右边的 PCB 图，任何元件都没有排列整齐，怎么可能提高插元件和焊接速度？

在实际绘图中，元件分类排列整齐。势必影响布通率和电路板大小，但是，为了保证电路的美观，只要不影响电路性能，元件分类排列整齐可以放在第一位考虑，其它方面放在第二位考虑。



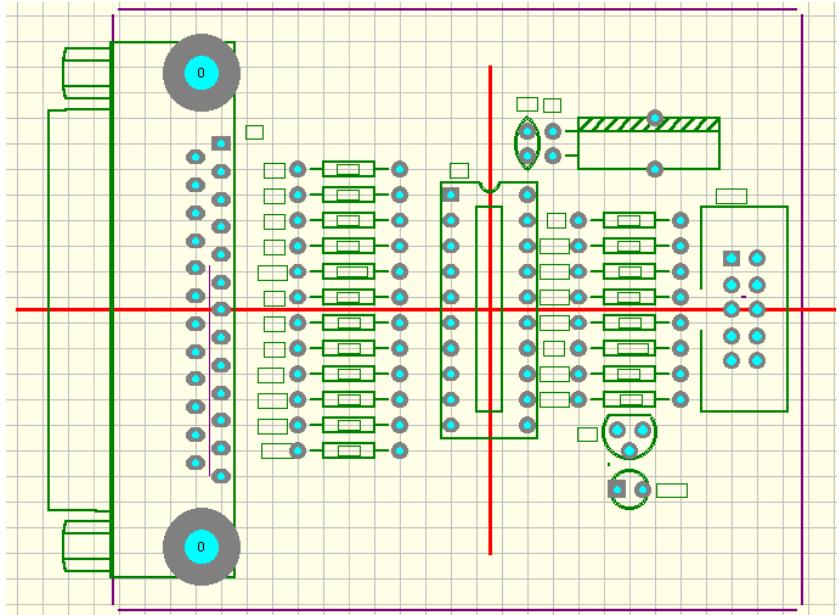
第三节：元件的排列方向必须尽量统一

如图 7-1-4, 所有的集成电路缺口朝上, 电阻绝大多数是横向排列, 这样的排列, 电路就比较美观, 上图 7-1-1 右边的 PCB 图, 集成电路的缺口, 朝上的有, 朝左的有, 朝下的也有, 这就给人一种乱糟糟的感觉。集成电路的缺口, 只应该有两个方向, 不是朝上就是朝左, 其它元件, 也尽量朝一个方向排列。

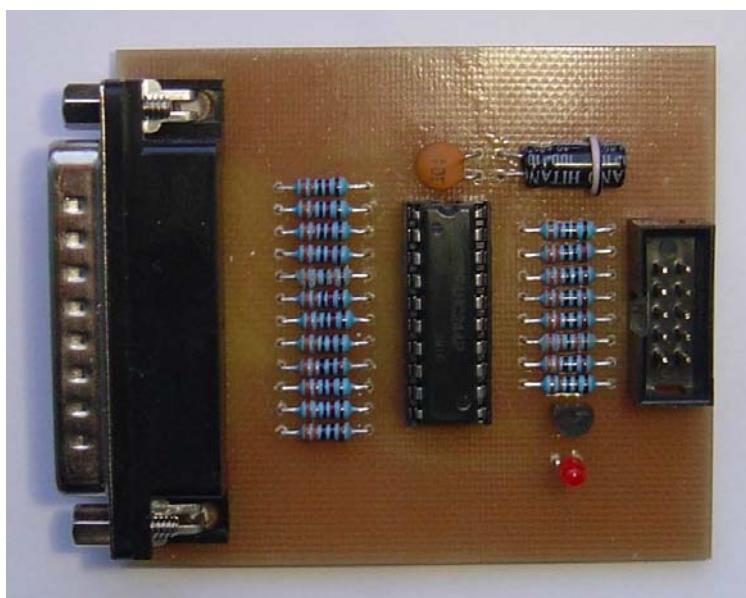


第四节：元件布局尽量做到对称

如有可能, 元件布局尽量做到对称, 对称本身就有一种美感。这里以 430 仿真器电路为例, 如图 7-1-5, 红线两边基本是对称的。



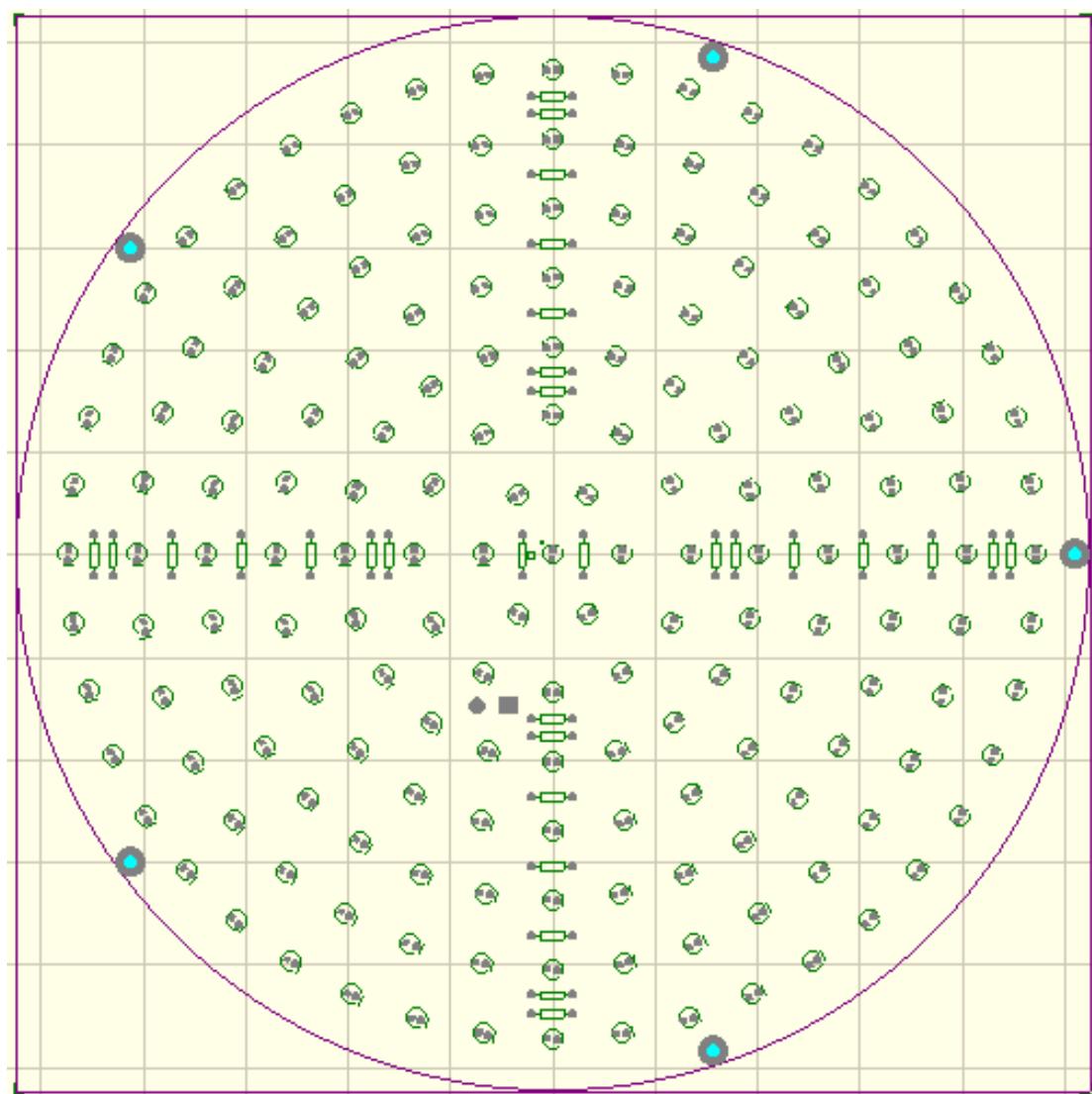
实物如图 7-1-6, 这个电路以整齐、对称、美观为第一位, 布通率和电路板大小放在第二位, 电路板的宽度是并口插座的宽度, 长度是能够完成布线的最小长度, 由于是试验板, 没有设置螺丝孔。



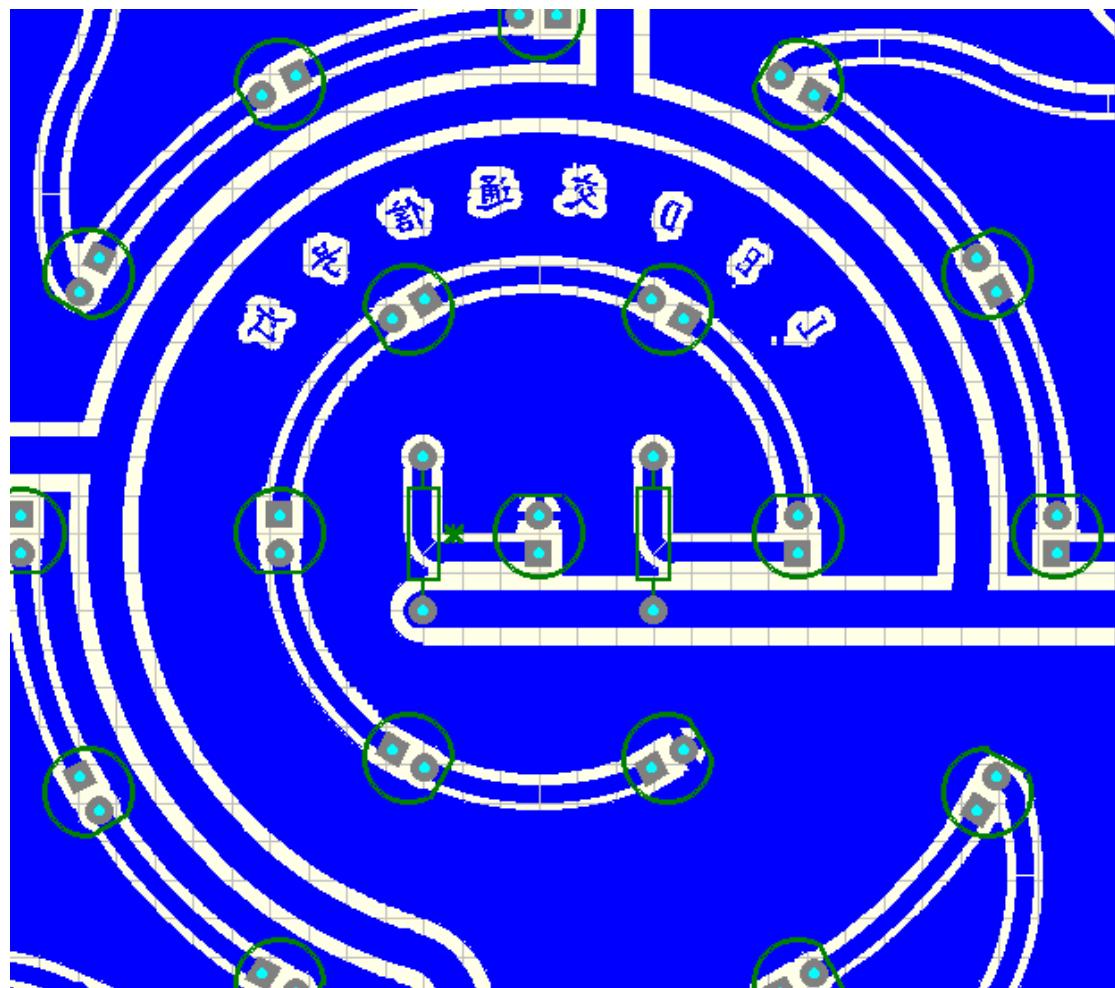
第五节：特殊电路特殊处理

绝大多数的电路是正方形或者长方形的, 这些电路的布

局和布线相对简单些,几乎都是横平竖直,但是,也有少数的电路是异形的,如圆形、椭圆形、三角形和多边形。这里以一个LED交通信号灯为例,说明圆形电路板的布局的一个例子。LED交通信号灯有交流有直流,有串联也有并联,这里的是15V低压串联的LED交通信号灯,这个电路的布局把对称放在第一位,其它方面全部放在第二位考虑,为了实现电路的全对称,LED元件采用弧形放置,电阻放在上下左右的对称线上,如图7-1-7。除了安装孔和接线座,其余所有元件都是对称的。



为了配合弧形放置元件,底层的连线和汉字也是弧形的,如图 7-1-8,这是这个电路中心部分的局部图。



本书是综合电子论坛(www.avrw.com)EDA开发与应用栏目内部交流资料，任何网站和其他媒体不得转载。

本书是综合电子论坛(www.avrw.com)EDA开发与应用栏目内部交流资料，任何网站和其他媒体不得转载。

第八章：制定 PCB 设计规则

PCB 设计规则，是指构成 PCB 图各种部件单位尺寸的强制性制约。Protel99SE 共有 44 项规则，其中，在布线方面有 10 项规则，与电路板制作有关的设计规则 11 项，与高频设计有关的设计规则 6 项，与放置有关的设计规则 1 项，信号完整性分析 13 项规则，其它规则 3 项。

这么多的规则，怎么使用和制定？本书主要讲解单面 PCB 板的绘图方法，并且是手工布线，这样，设计规则需要制定 4 项，即：安全间距、焊盘过孔大小、走线宽度范围，铺铜规则。

PCB 设计规则是一个非常复杂的概念，PCB 设计规则的制定，直接影响电路板的整体性能。说简单一点，设计和绘制低频低阻的电路，比较容易，设计和绘制高频高阻的电路，就需要有很高的电路基础和实际绘图经验了。低频低阻的电路，是指总线速度 1MHz 以下，输入输出阻抗在 10K 左右的电路，像 8051 单片机就是低频低阻电路，就算使用 12M 晶振，总线速度难以超过 1M，8051 单片机仅有接晶振的两个管脚频率很高，实际绘图也简单，10mil 以上的安全间距就可以振荡了。还有用各种数字电路构成的控制电路，也属于低频低阻电路。当总线速度达到 2M 以上的时候，走线的分布电容对信号的波形已经有影响了，当一根走线上的频率达到数百兆的时候，一厘米长度的走线对电路性能都有影响，

高频电路要求分布电容和寄生电感最小，这就要求安全间距足够大，走线足够短，用贴片元件做高频电路比较容易，贴片元件正好符合高频电路的设计规则，常规的分离元件做高频电路比较困难。本书只介绍单面 PCB 板手工布线需要制定的 4 项设计规则的方法，读者掌握这些方面之后，参考其它书籍，就可以设计和绘制更复杂的电路。

第一节：制定安全间距和走线宽度设计规则

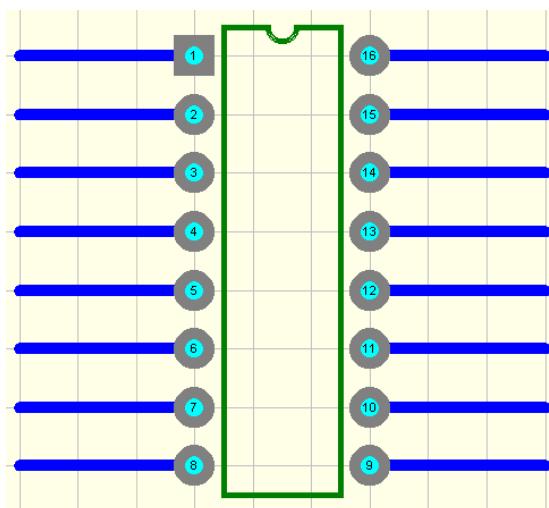
安全间距是指 PCB 板不同电气连接网络之间的最小距离。走线宽度是指 PCB 板铜膜走线的实际宽度值。安全间距和走线宽度要根据不同的电路结构制定不同的值，安全间距和走线宽度在通常情况下当然是越大越好，但是，太大的安全间距和走线宽度会造成电路不够紧凑，一般情况下，安全间距和走线宽度的制定范围是 10mil-20mil 之间，当安全间距和走线宽度低于 10mil 时，制版精度就很高了，国内普通印制板厂安全间距和走线宽度的最小指标是 8mil 左右，制版精度很高的印制板厂，可以做到 5mil 的安全间距和走线宽度，当然，制作成本也随之增高。当安全间距和走线宽度大于等于 15mil 时，制版精度大大降低，别说是国内任何一家印制板厂可以很容易的制作，手工都可以制作了，这就降低了印制板的制作成本。因此，电路绘图人员在制定安全间距和走线宽度设计规则的时候尽量放宽一些，既方便印制板

厂，又方便自己。当不需要太高精度的PCB板，制定出要求很高的设计规则，最大的受害者不是印制板厂，而是自己。

下面就介绍不同电路制定安全间距、走线宽度和焊盘大小的方法：

1、当走线不经过距离 100mil 的两个焊盘之间

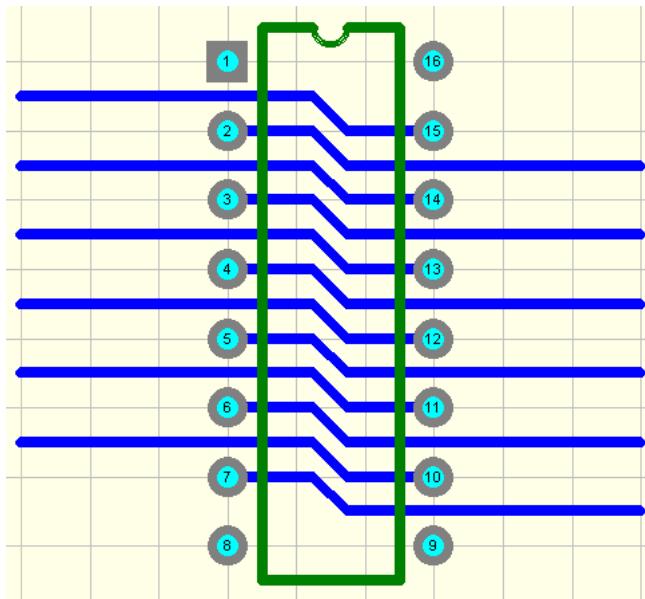
如图 8-1-1，在整个电路里，走线不经过距离 100mil 的两个焊盘之间，这时候的安全间距可以制定为 20mil，走线宽度也是 20mil，焊盘 X/Y：70mil。



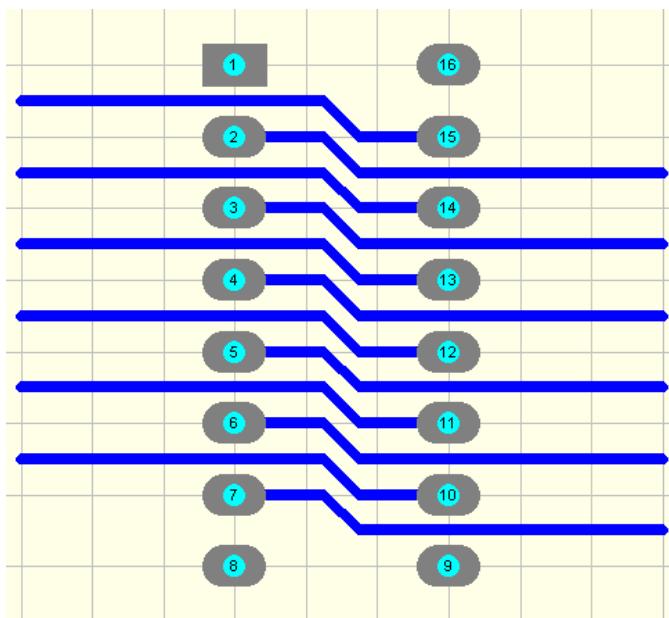
2、当走线经过距离 100mil 的两个焊盘之间

如图 8-1-2，当走线经过距离 100mil 的两个焊盘之间，这时候的安全间距可以制定为 15mil-20mil，走线宽度 15mil，焊盘 X/Y60mil。注意：这样的设计规则有一定问题，但是，影响不大。就是 15mil 的走线经过距离 100mil 的两个焊盘之间，焊盘大小是 X/Y60mil，那么，焊盘到线的实际间距 $50\text{mil} - (60\text{mil} \div 2) - (15\text{mil} \div 2) = 7.5\text{mil}$ 。如果因为走线过两个焊

盘需要制定 7.5mil 的安全间距，而把整个电路的安全间距设置为 7.5mil 很不值得，PCB 的 DRC 也会报错，这些局部错误，并不影响全局设计，本书称为“局部允许错误”。

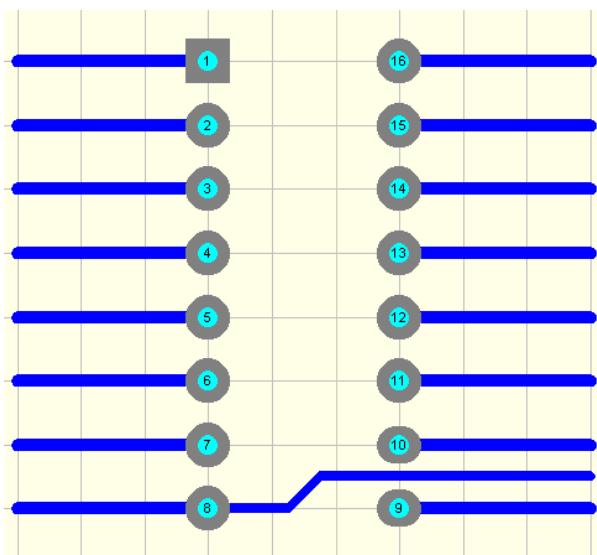


为了增加焊盘的机械强度，焊盘可以设置为 X90mil/Y60mil，这样的焊盘是椭圆的，如图 8-1-3，为了更好地显示焊盘，关闭了丝印顶层。



3、当只有少数走线经过距离 100mil 的两个焊盘之间

当只有少数走线经过距离 100mil 的两个焊盘之间时,不能因为局部需要小的安全间距和走线宽度,而把整个电路的安全间距和走线宽度设置得很小,也是非常不值得。如图 8-1-4,设计规则制定为,安全间距、走线宽度 20mil、焊盘 X/Y70mil,只有一根走线过两个焊盘之间,这根走线可设置线宽 15mil,两个焊盘 X70mil/Y60mil,

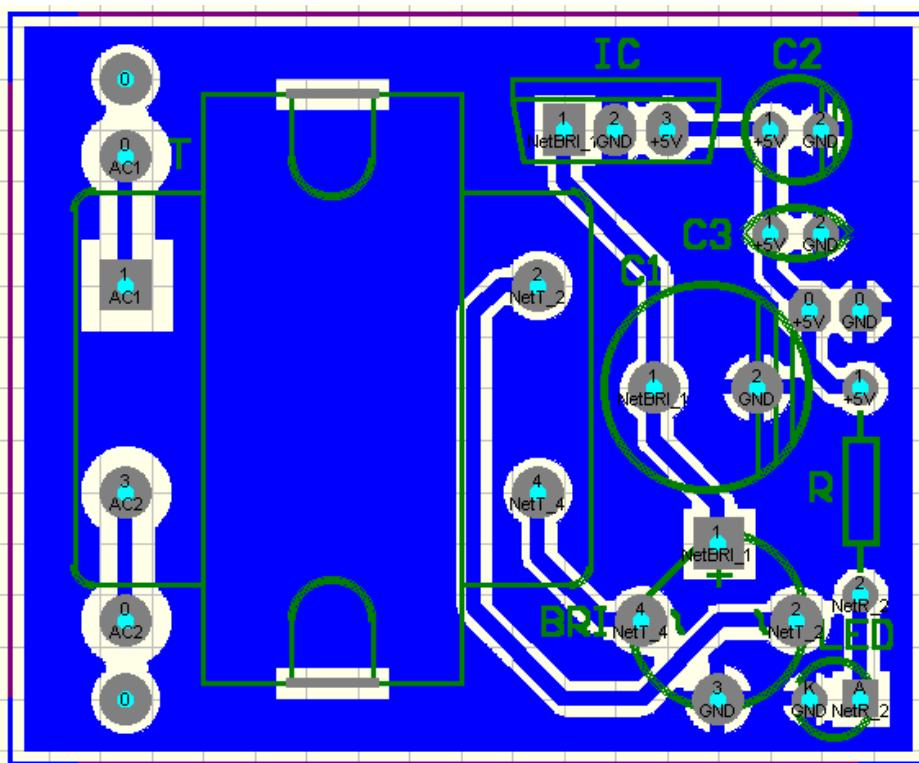


4、相同项目可以制定不同的设计规则

以安全间距为例,在一个 PCB 图里根据不同的网络、焊盘、元件等等对象,可以设置不同的安全间距。

这里以万用表交流电源电路为例,说明相同项目制定不同设计规则的情况,如图 8-1-5,电路经过铺铜之后,更能理解安全间距的作用。图 8-1-5 面积比较小,焊盘上的网络号清晰可见,这个电路的安全间距是 20mil,又单独设置了网

络号为 AC1 和 AC2 的两个网络的安全间距为 40mil, 就是图 8-1-5 左边的四个焊盘、两根走线的网络, 它们的安全间距比其它地方的安全间距大了一倍, 因为这两个网络直接接 220V 交流电, 总以为 20mil 的安全间距有问题, 就单独设置为 40mil, 就放心了。这样的设置八成是心理作用, 没有测试过 220V 交流电在最小安全间距为多少的时候会拉弧, 干脆把安全间距设置大一些了事。在需要铺铜的高频电路里, 这样的设置是很实用的, 当某根线或者某个网络需要最小分布电容的时候, 单独加大安全间距就可以实现。另外, 对不同的网络设置不同的线宽, 在手工布线的时候, 线宽会自动改变。图 8-1-5 在本书配套文件: 我的电路设计.ddb/电路图 2 文件夹里有这个图, 读者可以打开参考。铺铜操作, 在特殊布线章节里详细介绍。



第二节：制定焊盘大小和焊盘钻孔大小

焊盘大小可以在设计规则对话框里设置，本书主要介绍手工布线，焊盘大小也需要手工设置，如果焊盘太多，是不是一个一个地改？没有必要，可以用批量修改，修改速度很快。有关批量修改，在批量修改的章节里详细介绍。

焊盘当然是越大越好，焊盘越大，焊盘的机械强度越强，焊接的元件越牢固。实际上不完全是这样的，焊盘的机械强度主要由敷铜板的质量决定，用质量好的敷铜板制出的PCB板，电烙铁连续焊接一分钟，焊盘也不会脱落，用质量差的敷铜板制出的PCB板，拆一次元件焊盘就掉了。焊盘太大也有缺点，浪费焊锡丝、浪费焊接时间，这可不是什么笑话，小帐不可细算。

本章第一节，在介绍制定安全间距和走线宽度的时候，已经涉及到焊盘大小，那些焊盘大小的设置是比较合适的。焊盘的大小实际上是由管脚的直径决定的，在一般情况下，焊盘直径是钻孔直径的2倍到3倍之间是比较合适的。下面就举几个常用元件为例，说明如何设置焊盘大小和钻孔尺寸。

1、电阻

用电子公英制游标卡尺测量1/8W碳膜电阻的管脚直径为 $0.55\text{mm}/21.5\text{mil}$, $21.5\text{mil} \times 2 \approx 40\text{mil}$, $21.5\text{mil} \times 3 \approx 60\text{mil}$,这样，1/8W碳膜电阻的焊盘大小可以设置为40mil -60mil,

由于电阻可以排列为间隔 100mil 一棵, 20mil 的安全间距允许焊盘大小为 80mil, 因此, 1/8W 碳膜电阻的焊盘大小可以设置为 60mil-80mil 之间, 考虑到电阻体积小, 不需要太多的机械强度, 60mil-70mil 之间就比较合适了。1/8W 碳膜电阻的管脚直径为 0.55mm, 不可能钻孔大小设置为 0.55mm, 一是可能没有 0.55mm 规格的钻花, 二是要考虑到插元件的方便, 印制板厂的数控钻床自动换钻头, 那些钻头是以 0.1mm 为一档, 由细到粗, 最小的钻花好象是 0.3mm, 然后是 0.4mm、0.5mm、0.6mm....., 管脚直径为 0.55mm, 钻孔尺寸可以设置 0.6mm 或者 0.7mm, 0.6mm 的钻孔尺寸插元件慢一些, 焊元件的时候元件不容易掉, 0.7mm 的钻孔尺寸插元件快一些, 焊元件的时候元件容易掉。手工焊接是在插好元件之后, 用一块海棉按住, 翻过来焊。

2、集成电路插座

集成 电 路 插 座 的 管 脚 是 扁 的 , 最 大 直 径 是 0.62mm/24mil, $24\text{mil} \times 2 \approx 50\text{mil}$, $24\text{mil} \times 3 \approx 70\text{mil}$, 集成 电 路 插 座 的 焊 盘 大 小 可 以 设置 为 50mil-70mil, 由 于 两 个 集 成 电 路 插 座 的 管 脚 距 离 是 100mil, 20mil 的 安 全 间 距 允 许 焊 盘 大 小 为 80mil, 因 此, 集 成 电 路 插 座 的 焊 盘 大 小 可 以 设置 为 60mil-80mil 之 间, 钻 孔 尺 寸 设置 为 0.7mm-0.8mm。

3、7805

7805 的管脚也是扁的, 最大直径是 0.84mm/33mil, $33\text{mil} \times 2 \approx 70\text{mil}$, $33\text{mil} \times 3 \approx 90\text{mil}$, 两个 7805 的管脚距离是 100mil, 20mil 的安全间距允许焊盘大小为 80mil, 7805 的焊盘大小可以设置为 70mil-80mil 之间, 考虑到 7805 加散热片体积较大, 焊盘大小可以设置为 X100mil/Y80mil。钻孔尺寸设置为 1mm。

4、电解电容

1000 μ /25V 电解电容的管脚比 7805 的管脚还要小一些, 1000 μ /25V 电解电容两个管脚的距离是 200mil, 20mil 的安全间距允许焊盘大小为 190mil, 电解电容体积大, 焊盘需要一定的机械强度, 设置为 100mil-150mil 之间就比较合适了, 钻孔尺寸 1mm。

本章讲解了不同元件的设计规则制定方法, 读者千万不要生搬硬套地去计算, 设计规则是非常灵活的, 要多参考和观察成品电路板, 从成品电路板里悟出一些道理, 像电阻、瓷片电容、9014 三极管、集成电路插座、小电解电容等元件的管脚直径差异不大, 归在一个档次里就可以了, 焊盘大小 60mil-70mil, 钻孔尺寸 0.7mm-0.8mm 都适合这些元件的管脚。7805、1N4001 等元件管脚粗一些, 归在大一号的焊盘档次就可以了。简单的 PCB 图, 有三、四个档次的焊盘大小

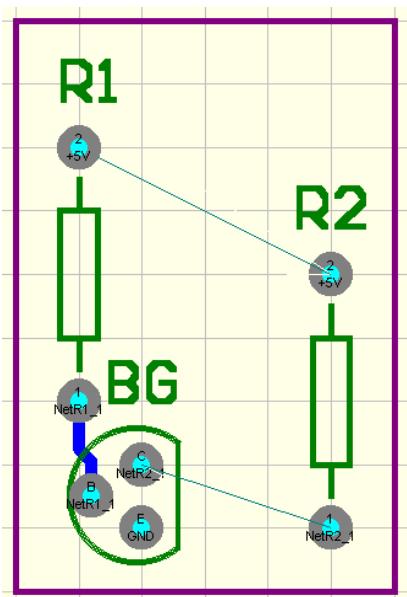
和钻孔尺寸就够用了。自己绘制的 PCB 图一旦做出成品，一定要总结经验和教训，每做一次板，就有一次提高，这样就可以逐步掌握 PCB 的设计规则。

第九章：手工布线

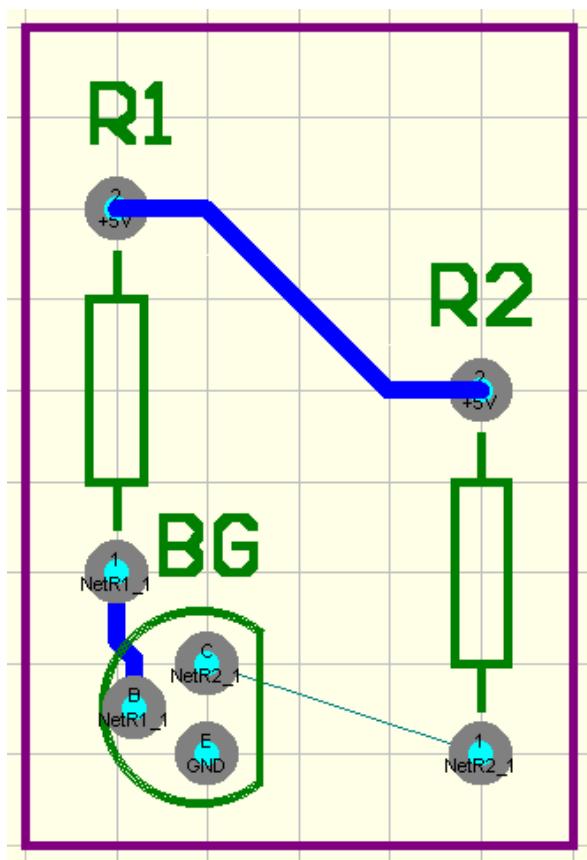
本书对布线的概念已经有了较明确的定义, 所谓布线, 就是根据网络放置不同层面的走线, 以连接相同网络的电气连接。没有网络, 放置走线, 不是绘图, 是描图, 根本没有使用 Protel 强大的功能进行绘图。布线有两种方式: 手工布线和自动布线。自动布线虽然可以在极短的时间内布通电路板, 但是, 目前还没有哪一种电路绘图软件的自动布线效果能够接近或超过手工布线的效果, 自动布线之后, 往往需要手工调整, 一样浪费时间。本章详细介绍手工布线的各种技巧。

第一节：布线必须通过焊盘圆心

打开电电路图 1.Pcb, 把元件排列如图 9-1-1, Snap 设置为 25mil, 工作层面设置为 Bottom Layer (底层), 放置线连接 R1 的 2 脚到 R2 的 2 脚。

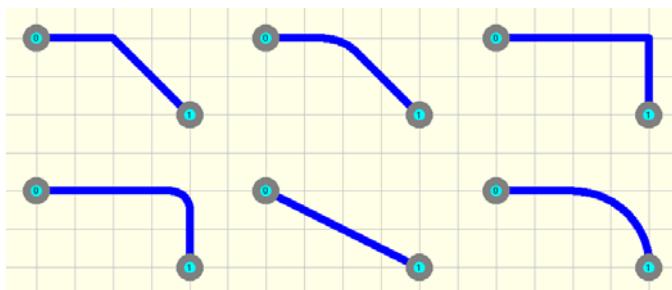


连接的效果如图 9-1-2, 不管用什么方式连接 R1 的 2 脚到 R2 的 2 脚, 有一点是最重要的, 就是放置的线必须通过焊盘圆心, 这是绘制 PCB 图最起码的要求。本书一再强调, 元件的焊盘必须放在网格的交叉点上或者网格的 $1/2$ 、 $1/4$ 处, 这样的布线才有可能美观, Snap 的值设置为 100mil 网格的 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$, 即: 50mil、25mil、12.5mil, 这样才有可能提高绘图速度和绘图质量。笔者看到有人绘制的 PCB 图, Snap 的值设置为 10mil 以下, 而且 Snap 的值和网格不成倍数关系或者不使用网格, 还有人用公制绘图, 这样绘制出的 PCB 图怎么可能美观? 怎么可能提高绘图速度和绘图质量? 这些要求是很容易实现的, 就是焊盘尽量放在网格的交叉点上。



第二节：布线的转角方式

这里放置两个焊盘模拟 R1 的 2 脚焊盘和 R2 的 2 脚焊盘位置，Protel99SE 共有六种转角方式，依次为：135 度转角、135 度加圆弧转角、90 度转角、90 度加小圆弧转角、任意转角、90 度加大圆弧转角。在实际绘图中，使用最多的转角方式是 135 度转角方式，因为 135 度转角方式的布线效率是最高的，90 度转角方式的布线效率最低，而且转角处的线做成电路板时容易做断。转换这些转角方式，在放置线的状态执行快捷键 Shift+空格键，依次转换这六种转角方式，在放置线的状态按空格键可以转换布线方向。



第三节：修改布线技巧

不必多说，修改布线是电路绘图人员的家常便饭。如果是手工布线，在整个 PCB 绘图里有一半以上的时间是布线和修改布线，修改布线的速度，直接影响绘图速度。修改布线有三种方法，即：删除后重新放置、拖动、重新放置自动删除。下面就介绍这三种方法：

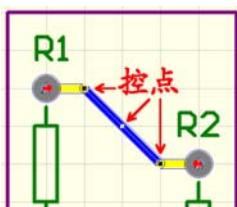
1、删除后重新放置

这是最慢的修改布线方法，就是点取或者选取布线，删

除后重新放置。

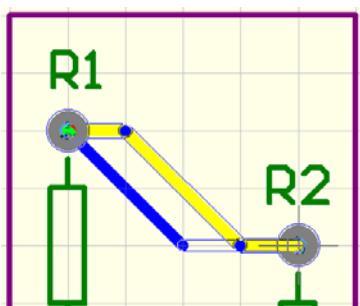
2、拖动

这个方法比删除后重新放置快一些。如图 9-1-4，点取 R1 的 2 脚焊盘和 R2 的 2 脚焊盘之间中间的一段走线，可以看见三个点，这些点就是控点，用鼠标单击两边的控点，控点就会随光标移动，移动的值由 Snap 决定，用鼠标单击中间的控点，改段走线被打断为两根，用鼠标单击点取走线的非控点处，整个点取的线随光标移动，这些操作，就像扯橡皮筋似的，非常有趣。



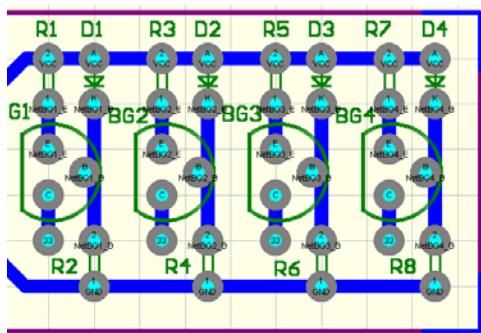
3、重新放置自动删除

这是最快的更改布线方法，必须在网络布线的情况下有此功能。从另外一个方向放置走线，当放置结束后，原来的走线自动删除如图 9-1-5，网络布线的好处不仅表现在自动布线方面，在手工布线方面也有很大优点，修改布线的速度提高 3 倍以上，根据网络手工布线，比不用网络手工布线，绘图速度提高 10 倍以上并不夸张。



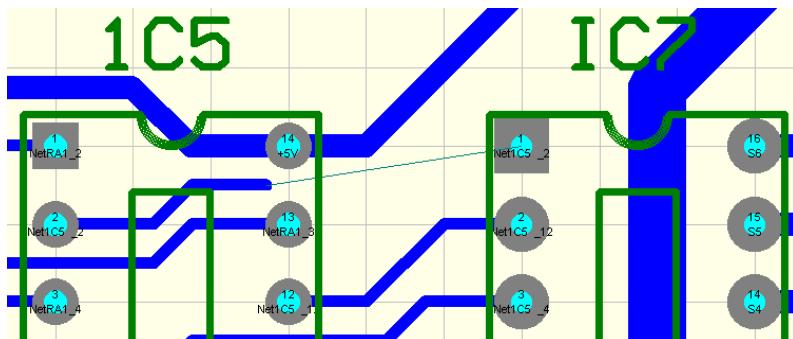
第四节：复制粘贴网络布线

如图 9-1-6, 当电路里有两个以上相同单元电路时, 绘制好一个单元电路的布线, 选取这些布线, 复制选取的布线, 然后粘贴到相同的单元电路里, 这里就有一个问题, 网络不同, 复制后粘贴, 网络怎么确认? 其实, 复制后的走线在 Windows 的剪贴簿里, 是没有网络号的, 当粘贴的时候, 这些线被新网络确认。

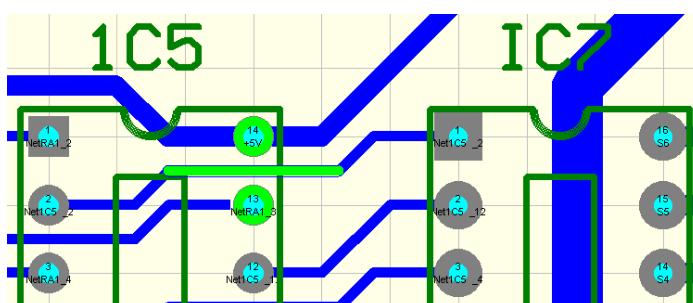


第五节：强行布线

如图 9-1-7, IC5 的 2 脚连接到 IC7 的 1 脚, 走线要通过 IC5 的 13 脚和 14 脚焊盘之间, 如果直接放置线, 由于安全间距制定为 20mil, 是不可能通过的, 就先放置到不能放置的位置, 取消放置线的状态, 点取这段走线, 用鼠标单击控点, 强行通过两个焊盘之间。



这时候 IC5 的两个焊盘报警,如图 9-1-8,很显然,低于最小安全间距了。本书已经讲解过,如果因为走线过两个焊盘需要制定更小的安全间距,而把整个电路的安全间距设置得太小很不值得,PCB 的 DRC 也会报错,这些局部错误,并不影响全局设计,本书已经称为“局部允许错误”。可以执行菜单命令 Tools 工具/Reset Error Markers 清除错误标志,就可以清除绿色的报警状态。这条命令一定要慎用,否则,真正的错误也会清除。



第六节：PCB 的查错方法

用菜单命令 Tools 工具/Design Rule Check...设计规则检查(简称 DRC),可以检查 PCB 设计规则方面的错误,错误报告文件是英文的,PCB 图里也有相应的错误标志,这对于英语不好的读者来说,不易读懂错误报告文件,笔者的英语

也很差，用什么方法查错比较好呢？其实，PCB 的错误全部表现在设计规则方面，下面就对 PCB 设计规则的错误种类进行分析：

1、焊盘错误

如果绘制的 PCB 图，有的焊盘太小，（包括过孔）钻孔尺寸就不可能太大，最严重的情况就是制作成 PCB 板，元件插不进钻孔，这样的错误，DRC 不可能检查。本书已经给出解决方法，就是在自制元件的时候就要仔细设置焊盘大小和钻孔尺寸，也举例说明各种元件焊盘和钻孔尺寸的方法。如果用 Protel 自带的元件，一定要重新设置焊盘大小，只要注意到这些方面，这个错误完全可以避免。

2、元件封装错误

自制的元件或者 Protel 自带的元件，和实际元件的外型和管脚排列相差太大，导致制作成 PCB 板，元件插不进相应的位置，这个错误 DRC 也无法检查。检查这个错误比较好的方法，是用打印机打印在纸上，用实际元件比对。也可以把打印好的 PCB 纸样放在泡沫上，直接插元件验证，别看方法很土，实际非常有效，在没有制作出 PCB 板的情况下，至少可以检查出元件布局和元件封装的效果。

3、线宽错误

PCB 板上的铜膜走线，大约 1mm (20mil 左右) 宽度可以承受 1A 的电流通过，这还要看敷铜板铜膜厚度，太大的

电流可以把 PCB 板上的铜膜走线烧断，这些 DEC 不可能检查，只有手工定义。

4、安全间距错误

用网络进行布线，设计规则里又设置了安全间距，凡是安全间距低于最小安全间距的地方，就会出现绿色的报警状态，这方面的错误，DRC 可以检查，但是，不用 DEC 检查也已经很清楚了，所以，DRC 在检查安全间距方面意义不大。

5、网络连接错误

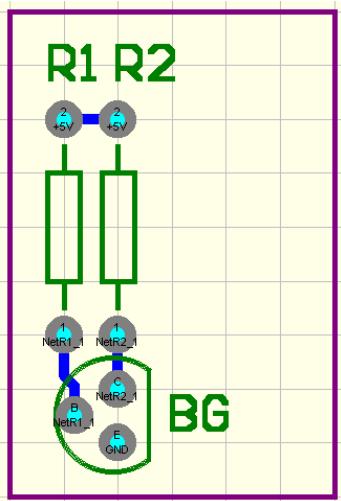
PCB 的网络，来自原理图元件的连接关系，用网络进行布线，可以保证原理图和 PCB 图的同步设计，也就是说，只要原理图的电气连接没有错误，PCB 元件的网络连接肯定没有错误，DRC 可以检查出 PCB 应该连接而没有连接的错误，但是，必须保证原理图是正确的，如果原理图有错误，PCB 的 DEC 不可能检查出错误。

上面对绘制 PCB 可能出现的 5 种错误做了分析，总的来说，熟练掌握 PCB 绘图之后，做 ERC 检查不太重要，手工布线，最容易出现的错误就是网络连接错误，就是忘记了某个网络的布线。用 DRC 可以检查出网络连接错误，只要你能读懂错误报告文件。其实，有一个比较简单的方法可以检查出网络连接错误，关闭层面，看看是否还有网络线存在，如果有网络线，说明该 PCB 图还没有布通，如果没有网络线，说明该 PCB 图已经布通。笔者用此方法检查过上百个 PCB

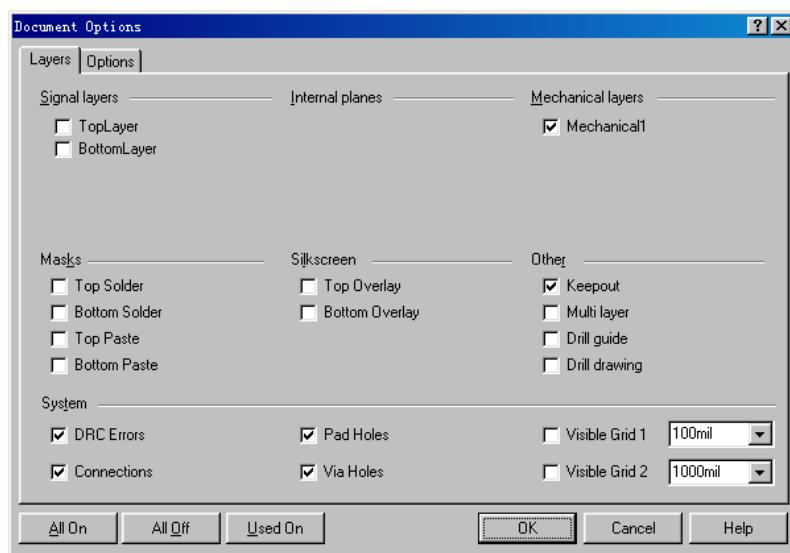
文件,网络连接方面的错误很容易发现,单面板和双面板肯定可以这样检查,多层板没有条件测试,估计问题也不大。

下面就以电路图 1.Pcb 文件为例,介绍这个方法:

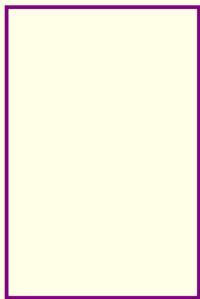
打开电路图 1.Pcb,如图 9-1-9,这个电路已经布通。



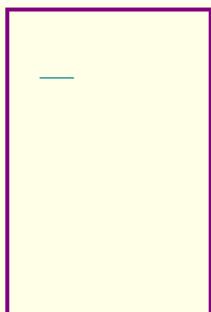
执行鼠标右键/Options 选项/Layers...层,弹出文档选项对话框,Layers 页面的设置如图 9-1-10,实际上就是关闭了顶层、底层、复合层、网格 1 和网格 2,



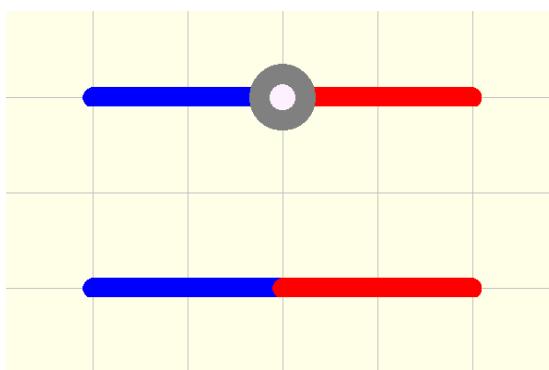
点 OK 按钮确认,关闭对话框,此时看到禁止布线层内没有网络线,说明所有的网络布通,如图 9-1-11



删除某个网络的走线，用相同的方法检查，就可以看见网络线，如图 9-1-12，这就说明电路还没有布通。



有一种网络连接错误此方法不能检查，如图 9-1-13，底层走线和顶层走线由过孔连接，当没有过孔时，底层走线和顶层走线没有连接。在放置线的时候，转换层面用小键盘上的+、-键转换，可以自动放置过孔，就避免了漏放过孔的错误。



第七节：手工布线的顺序

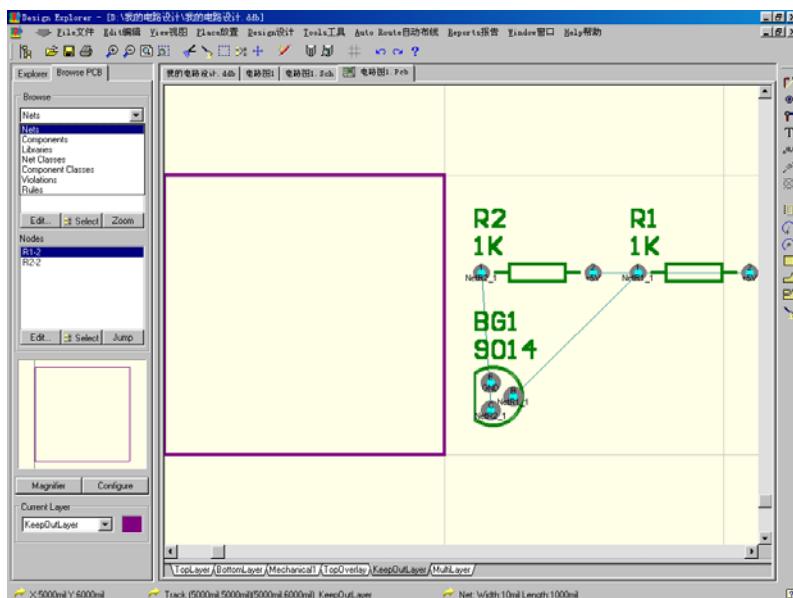
手工布线，是先布通信号线还是先布通电源线？笔者认为，先布通信号线比较容易。

- 1、先布通电源线, 对信号线布通率影响较大, 不如先布通电源线再布通信号线方便。还有个方法, 就是正电源线和信号线同时进行布线。
- 2、正电源线如果难布通, 可以采用跳线, 信号线尽量少用跳线。
- 3、GND 电源线最后布通, 或者干脆就不必布线, 用铺铜连通所有的 GND, 这样做, 不但可以提高绘图速度, 也可以提高电路板的抗干扰能力。如果最后铺铜不能连接所有的 GND, 就把电源线和信号线改为跳线, 让出铺铜连接到所有的 GND。

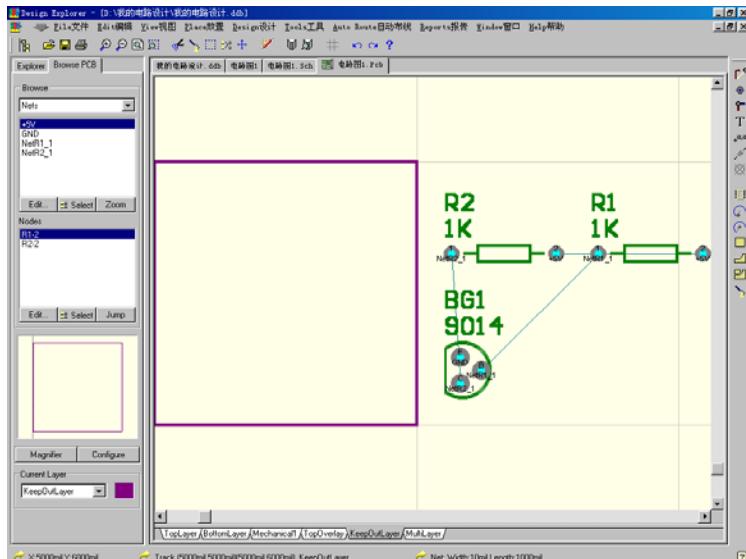
第八节：隐藏网络线

在手工布线时, 电源的网络线对信号线的网络线影响较大, 如果先布通信号线, 就不如把电源的网络线关闭, 在实际绘图中, 只要关闭了 GND 网络线, 整个 PCB 图的网络线就会简洁一些。下面就介绍隐藏和恢复 GND 网络线的方法:

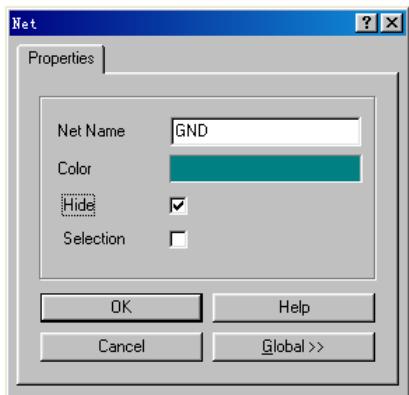
打开 PCB 图 1.Pcb, 打开设计管理器, 用鼠标点 Browse PCB 页面 Browse 区块的下拉菜单, 选中 Nets 栏目, 如图 9-8-1。



这时候的设计管理器为网络管理器,如图 9-8-2。用鼠标双击 GND 网络,如果网络较多,可以拖动滚动条找到 GND 网络,然后再用鼠标双击 GND 网络。



就弹出 GND 网络编辑对话框,用鼠标选中 Hide 栏目,使其出现“√”,点 OK 按钮确认,如图 9-8-3。



这样的操作就可以把 PCB 图的 GND 网络线隐藏。

恢复显示 GND 网络线, 可以重复上面的操作, 去掉 Hide 的“√”, 点 OK 按钮确认, 就可以显示 GND 网络线。在绘制完 PCB 图后, 一定要恢复显示 GND 网络线, 才能检查 PCB 图是否布通, 这一点, 千万不能忘记。

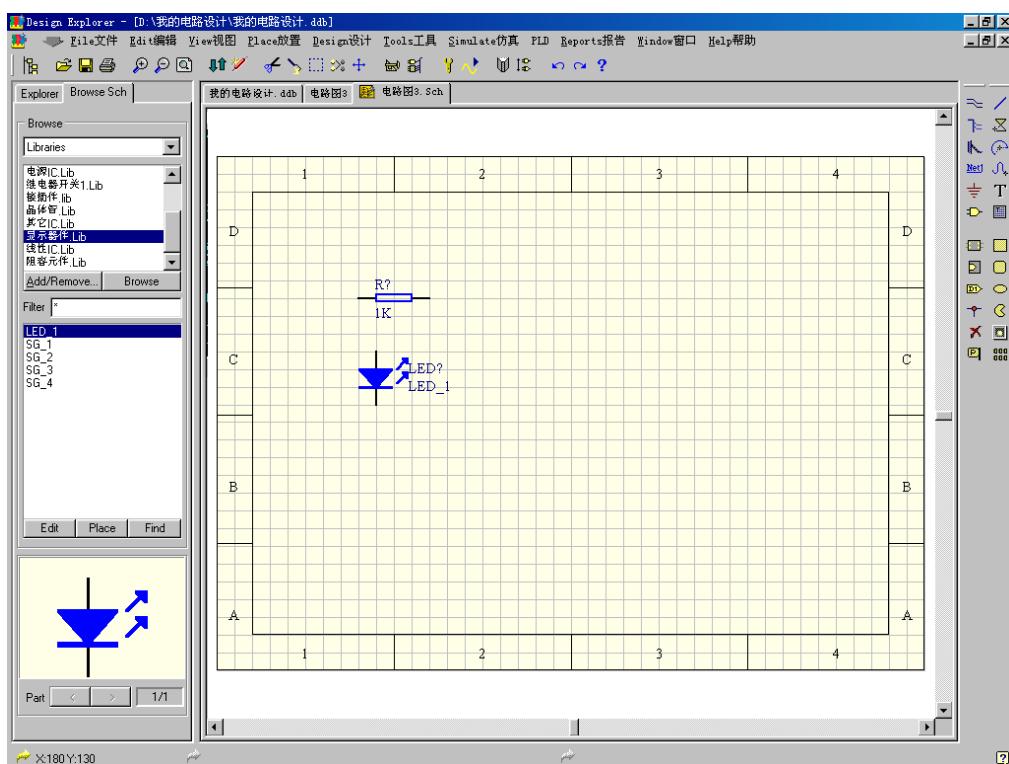
第十章：批量修改

批量修改，也称为整体编辑，就是一次性更改元件属性、线属性、字符属性等等相关信息。批量修改是提高绘图速度最有效的方法之一。

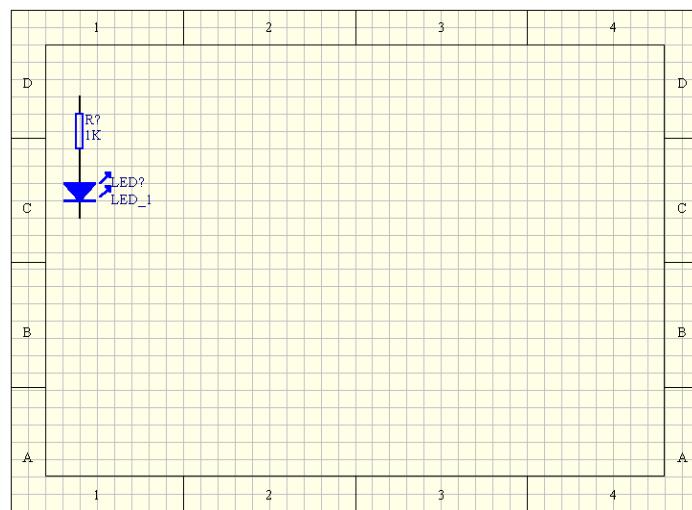
批量修改的应用范围很大、很广，在绘制原理图、PCB 图、自制原理图元件、PCB 元件的时候，都可以应用批量修改，以提高绘图速度。可以这样说：凡是可以说更改的内容，几乎都可以批量修改。

Protel99SE 的批量修改原理，主要是指明筛选式修改原理，下面从原理图和 PCB 图两方面说明批量修改的方法：

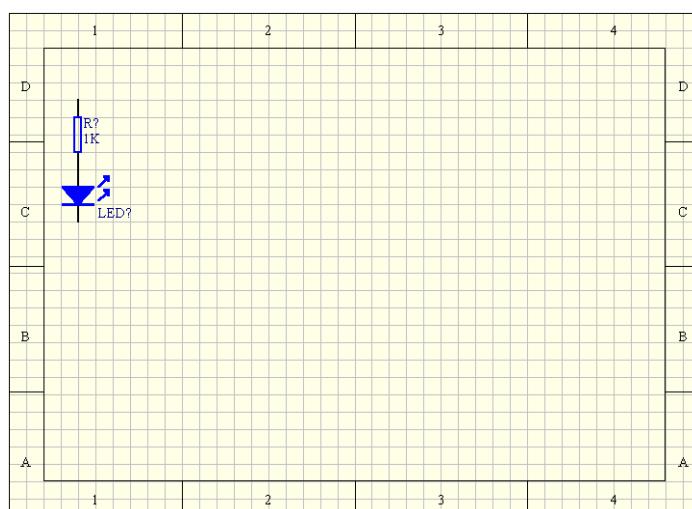
打开电路图 3.Sch，打开设计管理器，找到库文件，从阻容元件.Lib 里放置电阻 1K，显示器件.Lib 里放置 LED_1，如图 10-1，



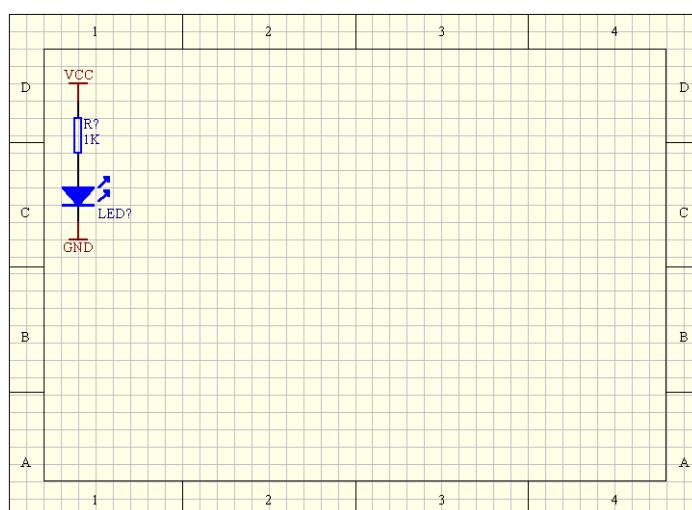
排列元件如图 10-2。



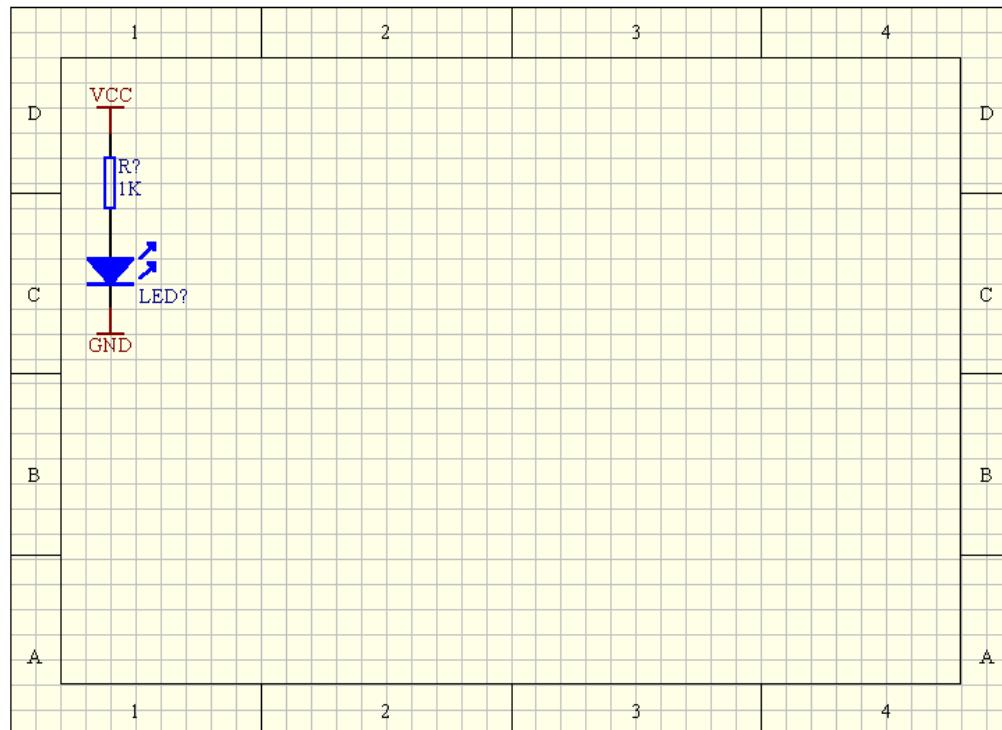
删除 LED_1 元件名称，排列元件编号如图 10-3。



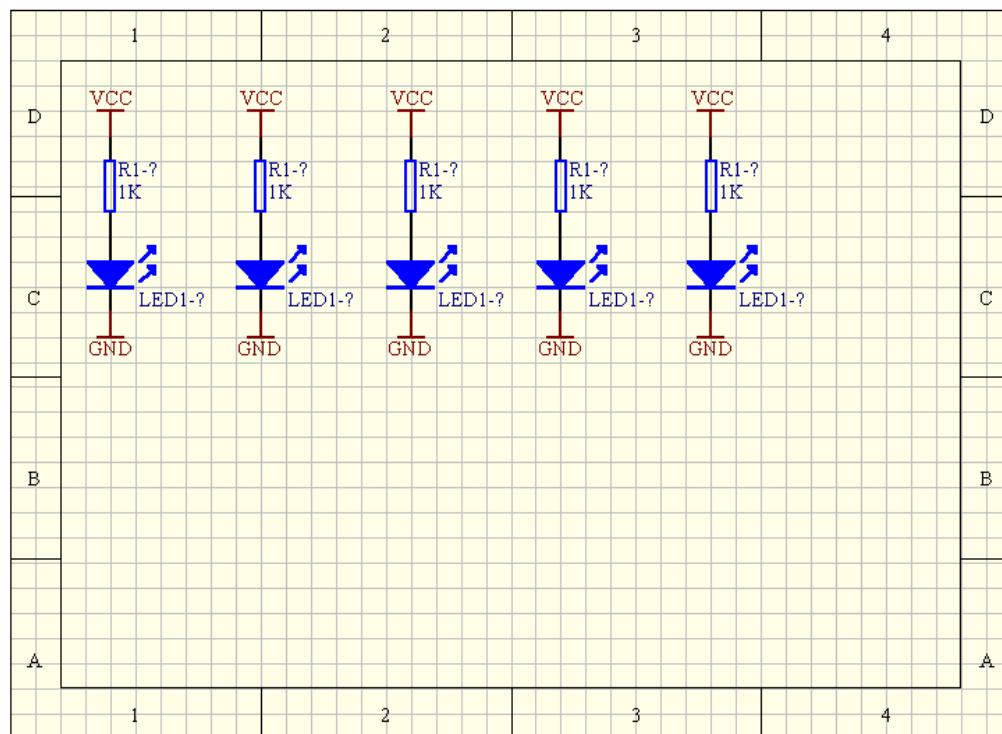
放置电源端口，更改电源端口属性如图 10-4。



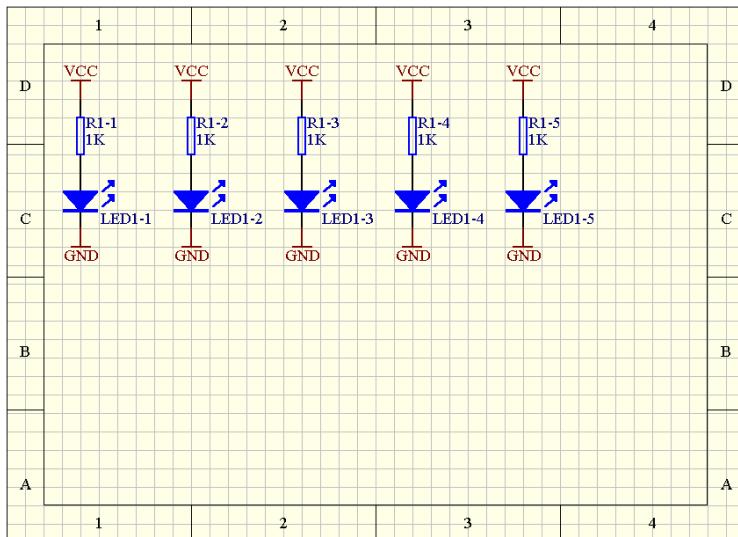
更改 R? 为 R1-? , LED? 为 LED1-? 如图 10-5。



复制四个图件排列如图 10-6。

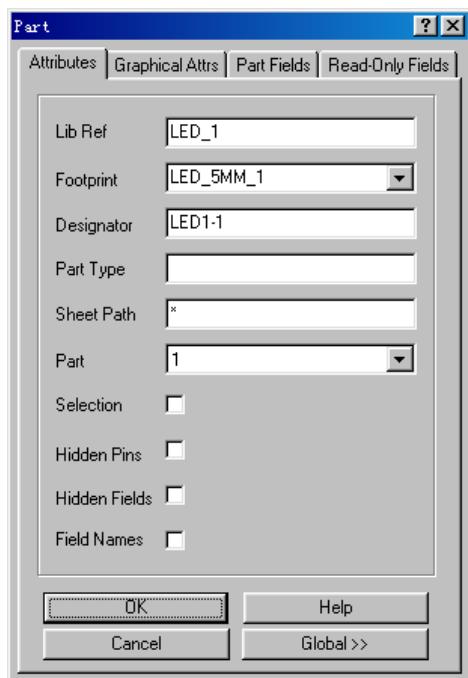


执行菜单命令 Tools 工具/Annotate...注释, 为原理图元件自动编号, 如图 10-7

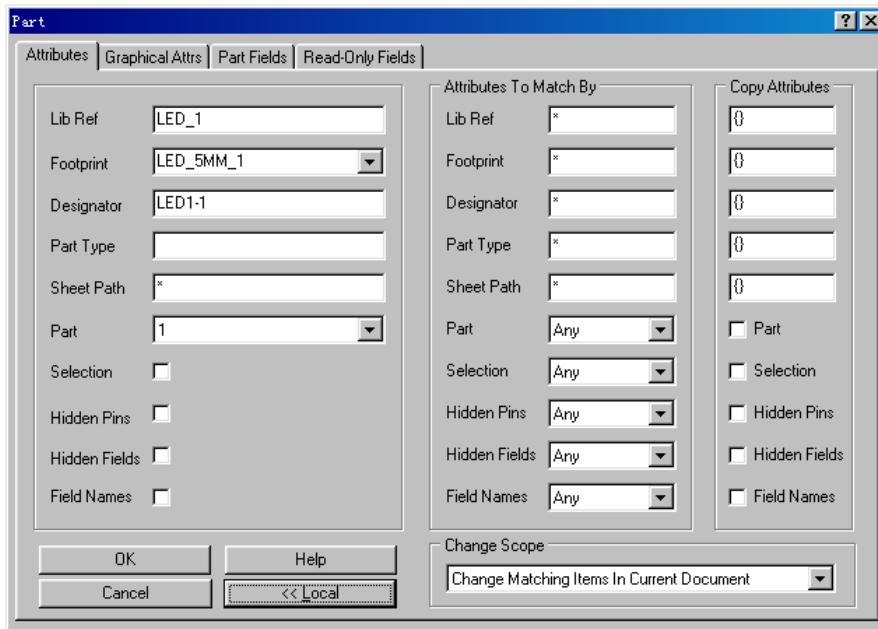


第一节：批量修改原理图元件属性

用鼠标双击 LED1-1 元件，弹出元件属性对话框，如图 10-1-1

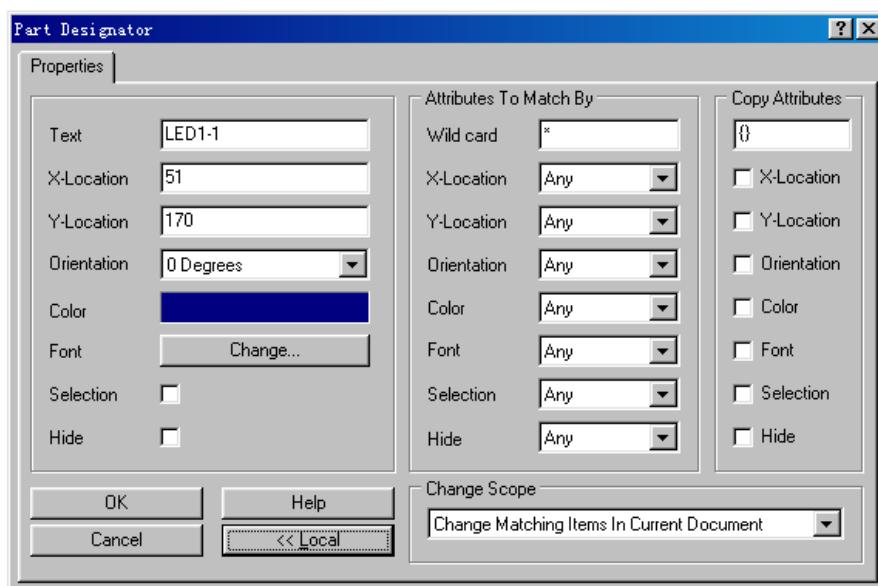


用鼠标按 Global>> (全局) 按钮，展开对话框，如图 10-1-2，这时 Global>> (全局) 按钮变成<<Local (局部) 按钮，从这个对话框里可以看出元件属性有十个项目可以批量修改。

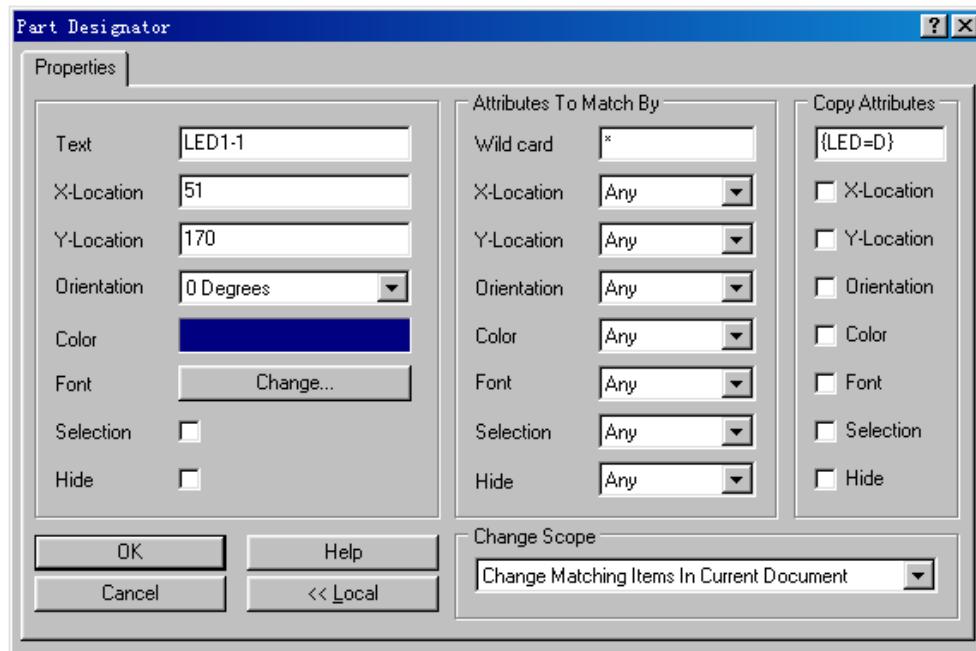


1、把元件编号 LED 全部改为 D

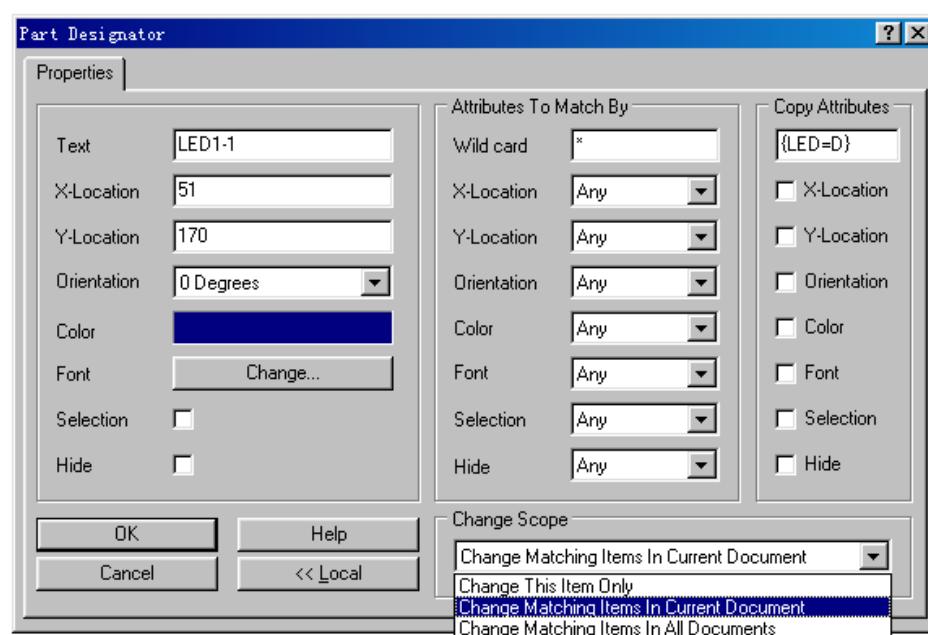
用鼠标双击 LED_1, 的元件编号, 弹出元件编号对话框, 展开到全局, 如图 10-1-3, 这个对话框和上面的对话框相比, 上面的对话框是元件属性对话框, 元件属性对话框里也可以批量修改元件编号, 但是, 在元件编号属性对话框里批量修改更简单、细致。从元件编号对话框里可以看到, 有 8 个项目可以批量修改,



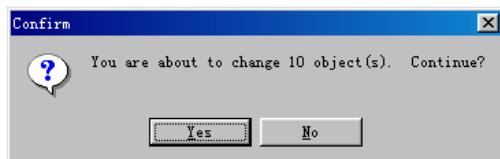
在 Text 栏目对应 Copy Attributes 区块的大括号里输入 LED=D，如图 10-1-4。



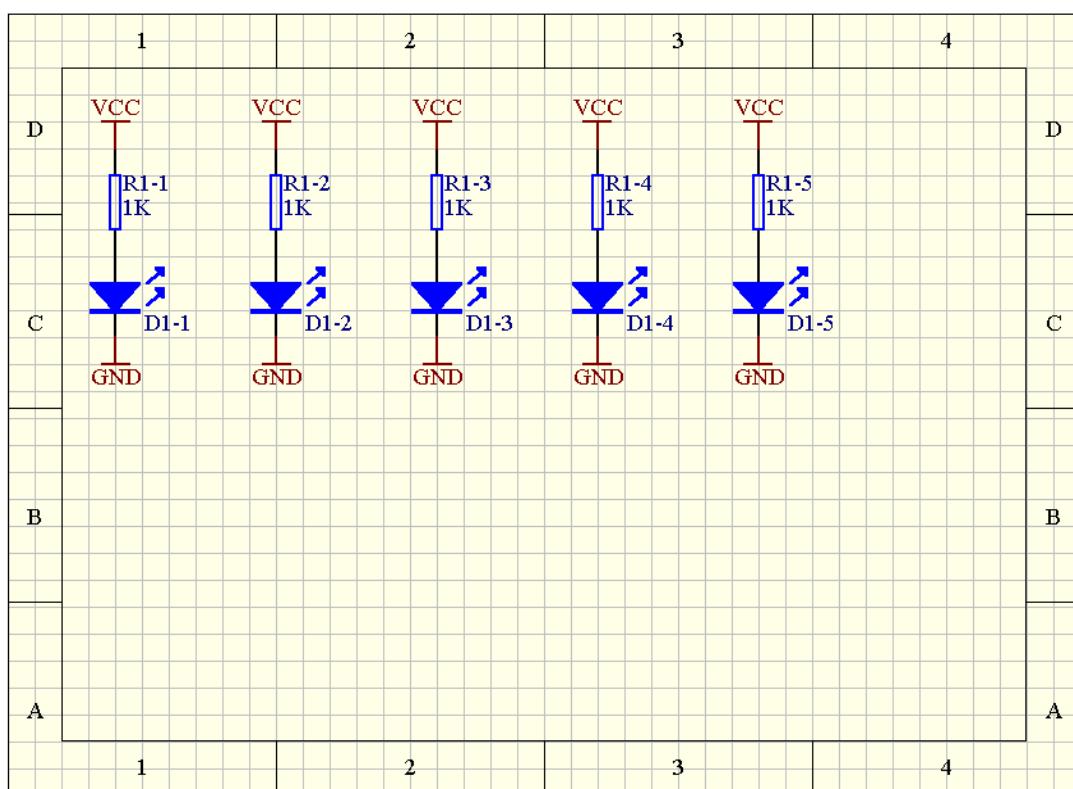
用鼠标点 Chanre Scope 区块的下拉箭头，这里由三项选择，依次为更改一个项目，更改当前项目，更改全部项目，原理图的批量修改多数使用更改当前项目，而 Protel 默认更改就是更改当前项目，所以，这个栏目一般不需要选择。



用鼠标点 **OK** 按钮确认，弹出确认对话框，如图 10-1-6，这个对话框的内容是询问是否继续更改 10 个项目（原理图上有 10 个元件）。实际只改 5 个，其它 5 个并不符合条件，用鼠标点 **Yes** 按钮确认。

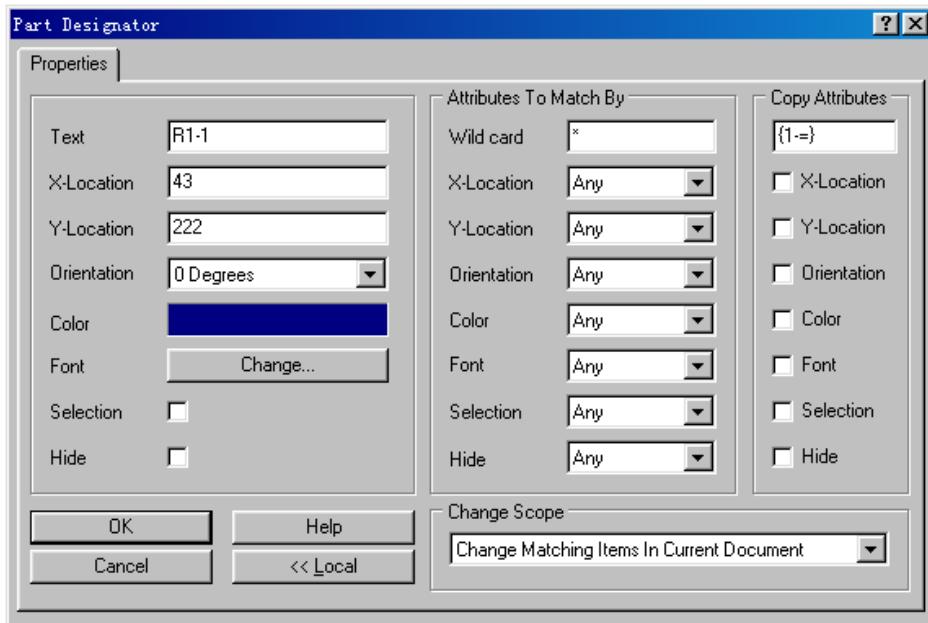


LED 全部改为 D，如图 10-1-7。

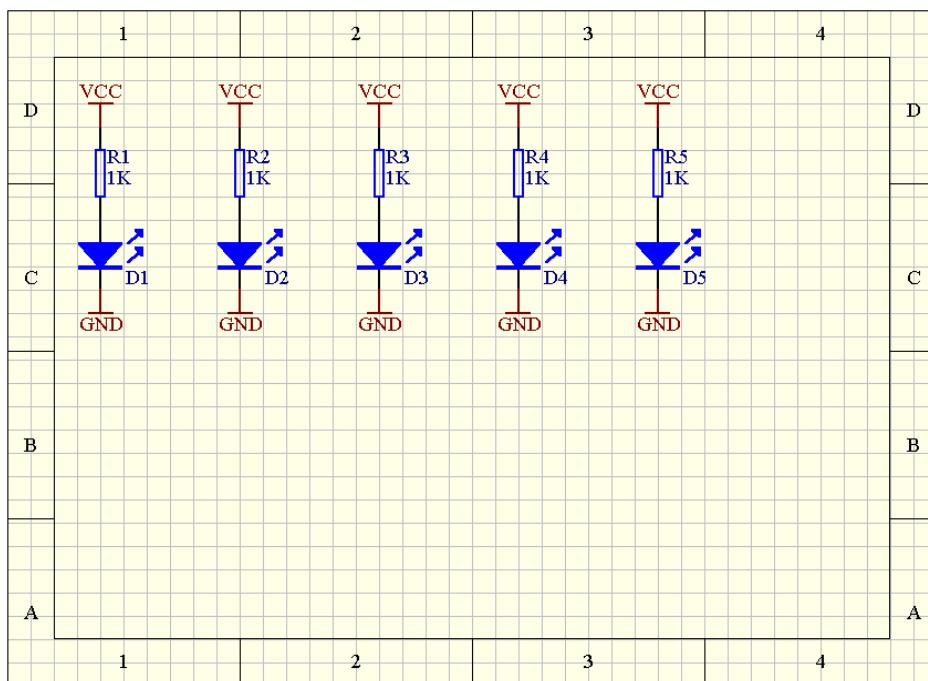


2、把 1-全部删除

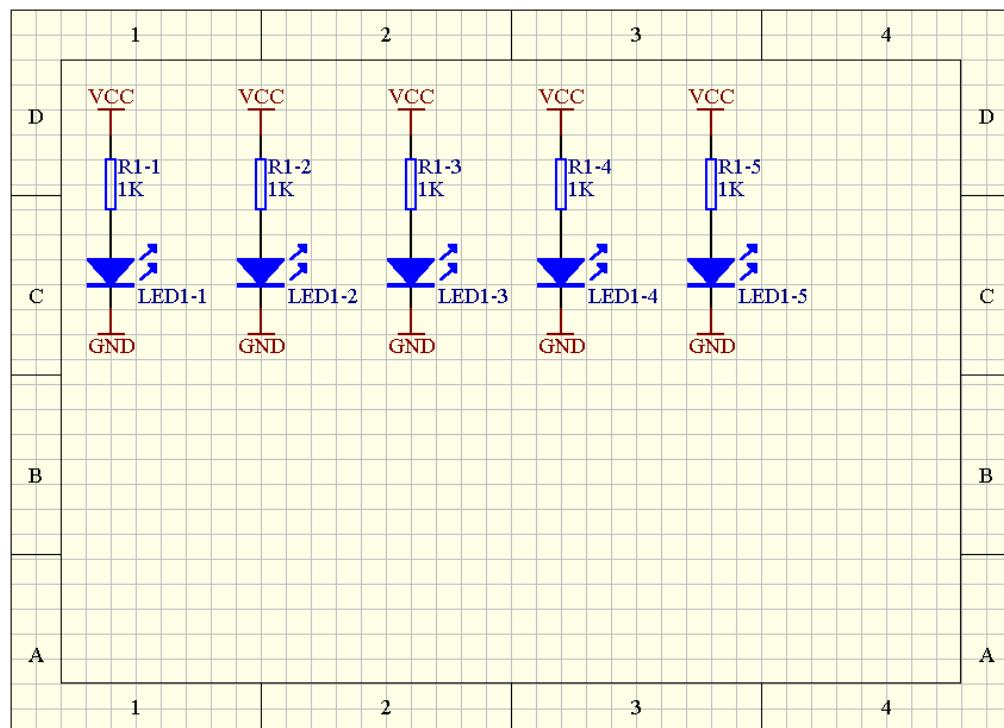
用鼠标双击 R1-1，大括号的内容输入 1-=，如图 10-1-8，这种输入方法不难理解，就是 1-等于什么也没有。



更改结果如图 10-1-9。

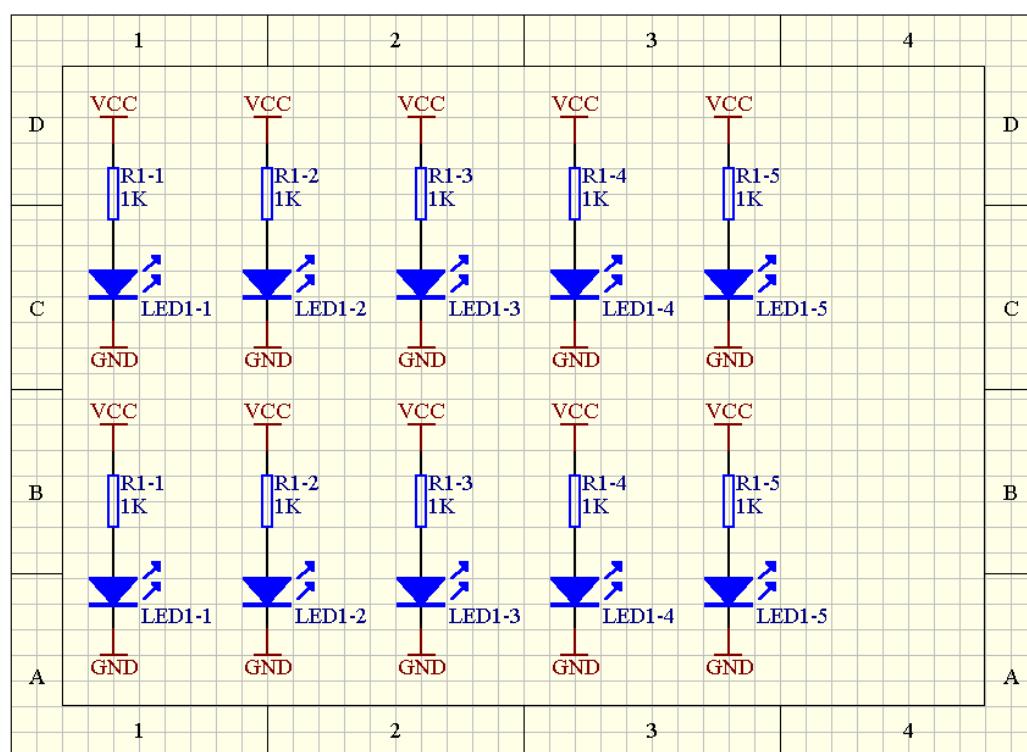


如果把上图批量修改为如图 10-7，可以分 3 步进行，(1) R 改为 R1-，大括号内容{R=R1-}，(2) D 改为 D1-，大括号内容{D=D1-}，(3) D 改为 LED-，大括号内容{D=LED}，下图就是 10-7。下面根据图 10-7 继续讲解批量修改。

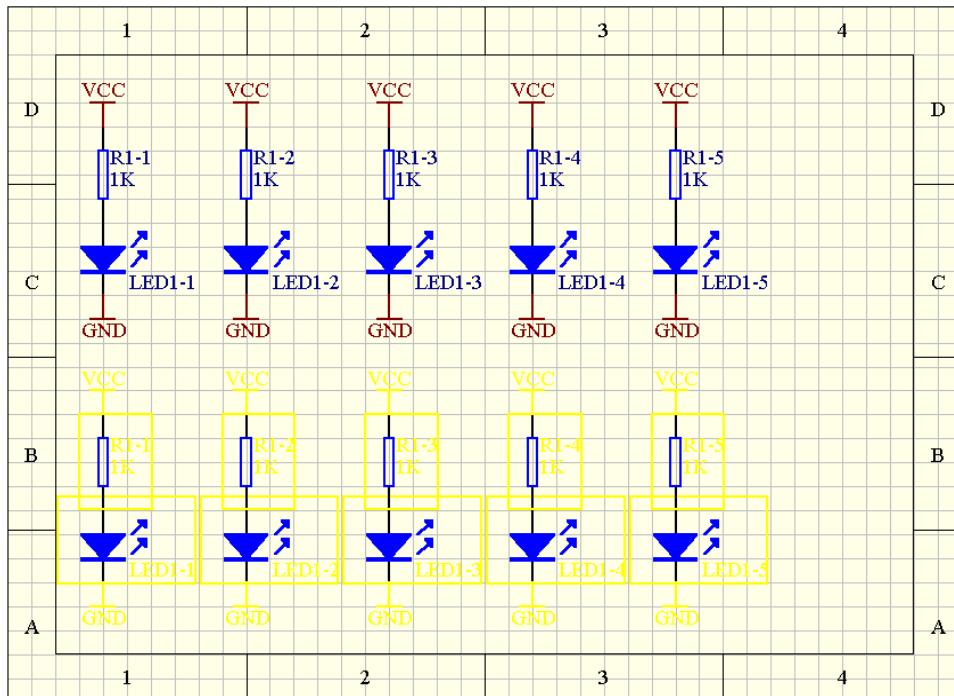


第二节：原理图选择批量修改

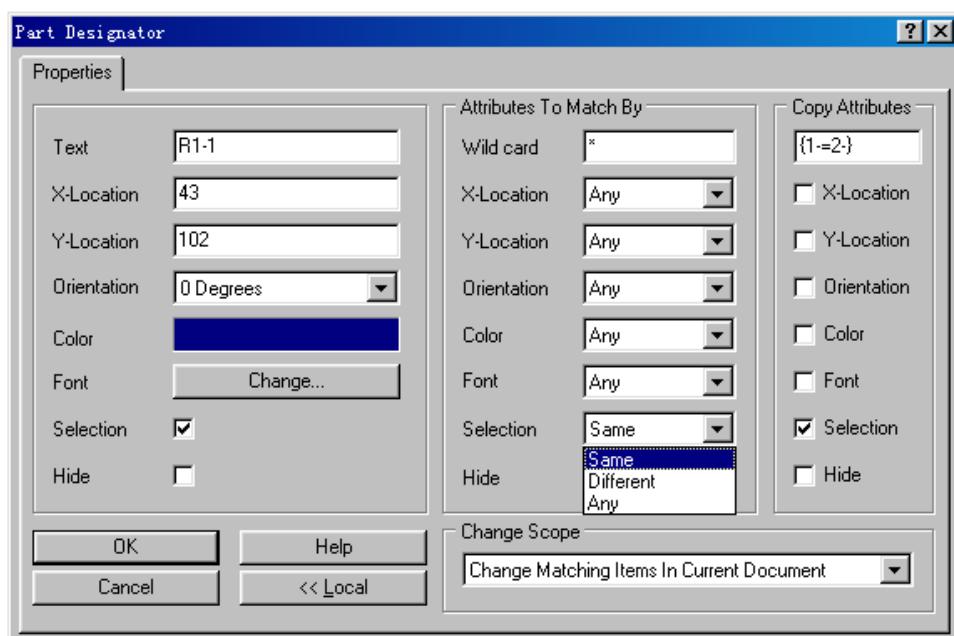
这里举例选择更改元件编号，把图 10-7 的所有元件复制一份放置在下面，如图 10-2-1



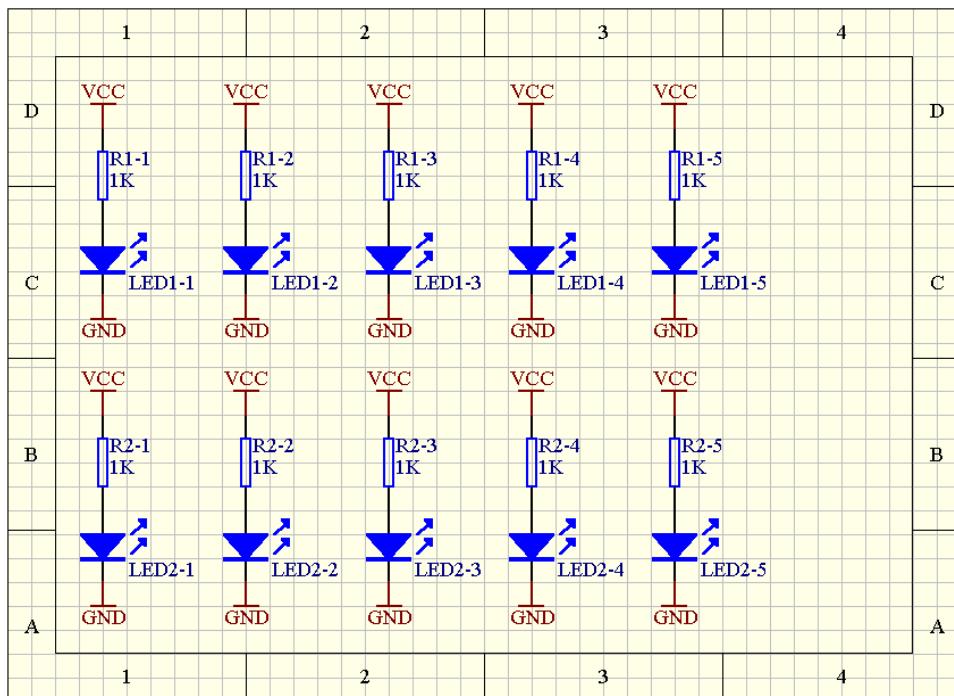
用鼠标直接框选下面的图件, 如图 10-2-2。



用鼠标双击被选取的 R1-1, 弹出元件编号对话框, 展开对话框, 按图 10-2-3 设置, 大括号内输入 1-=2-, Attributes To Match By 区块的 Selection 栏目有三项选择, Same 相同的、Different 不同的、Any 任意的, 这里选择 Same 相同的, Copy Attributes 区块的 Selection 栏目选中为 “√”,

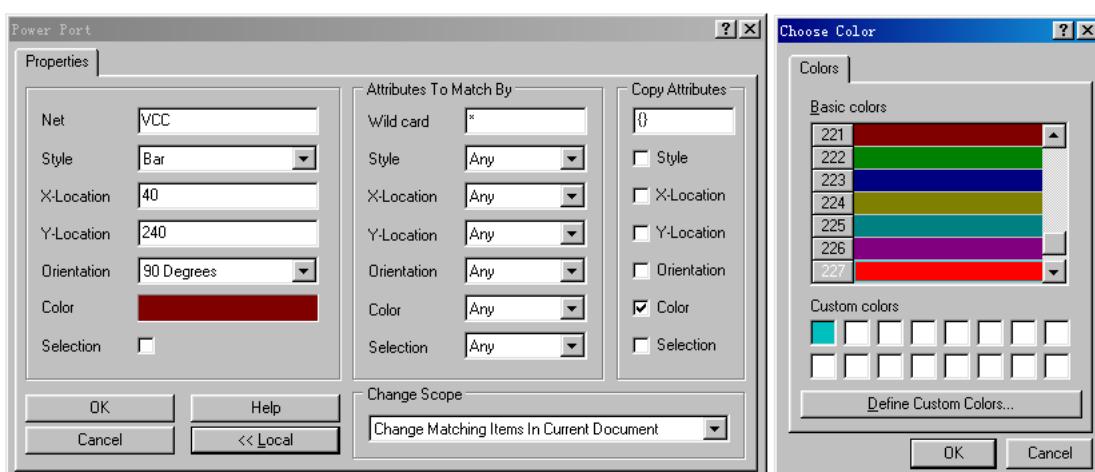


然后点 OK 按钮确认，被选取所有元件编号 1-全部改为 2-，上面图件的 1-和选择不同，所以没有被改，执行快捷键 S、A，取消选择，如图 10-2-4。

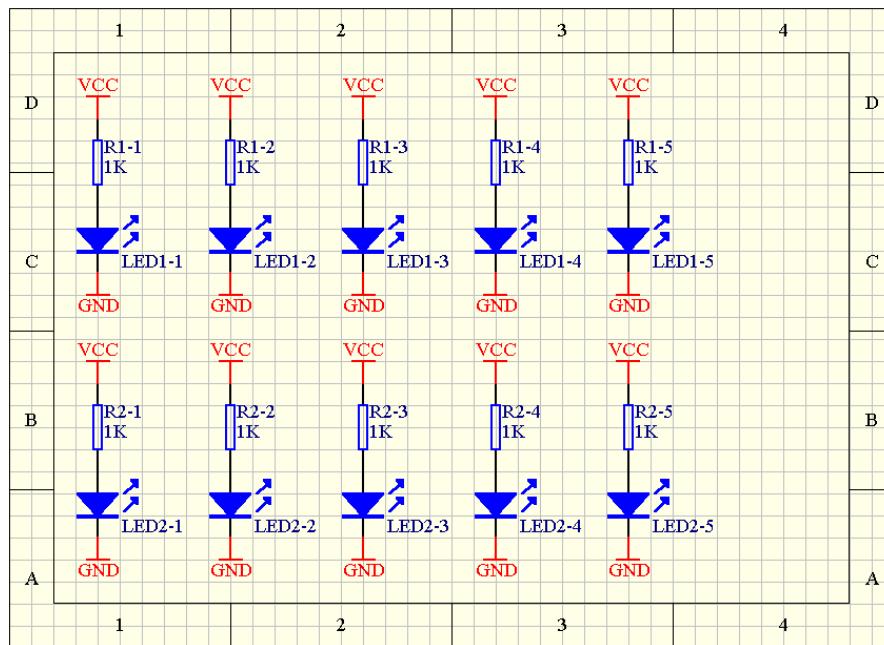


第三节：原理图批量更改电源端口颜色

用鼠标双击任意一个电源端口，展开弹出的对话框，用鼠标点 Color 栏目棕色条，弹出颜色选择对话框，选中 227 的红色，如图 10-2-5



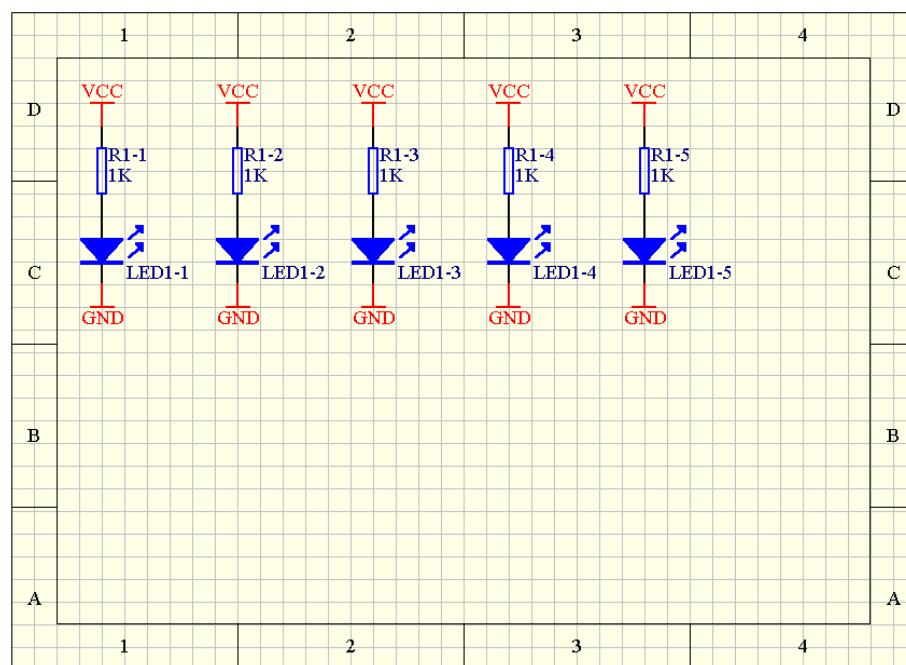
依次用鼠标点颜色选择对话框和电源端口对话框的OK按钮,所有的电源端口改为红色,如图 10-2-6



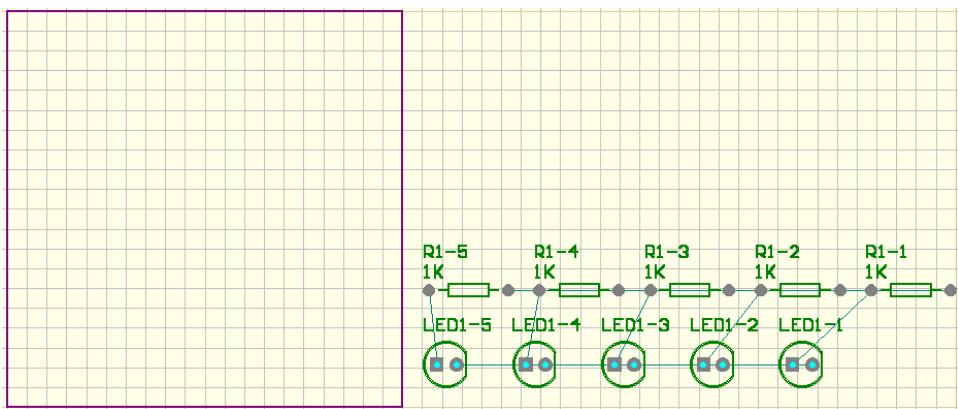
第四节：PCB 图批量修改元件属性

1、批量隐藏元件类型

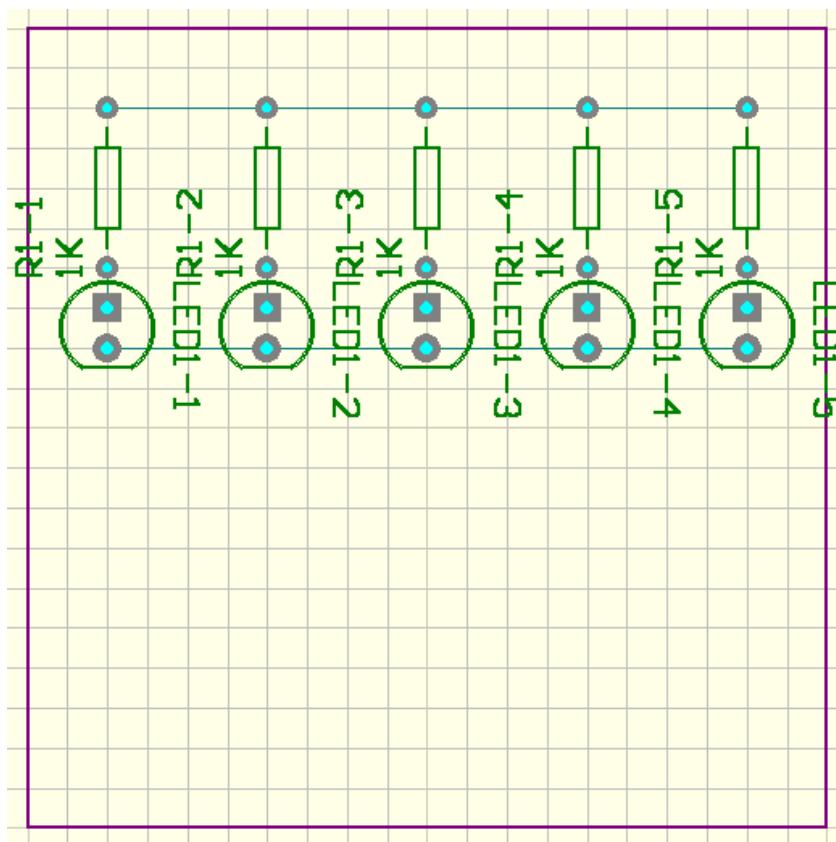
把图 10-2-6 下面的图件删除,如图 10-4-1。



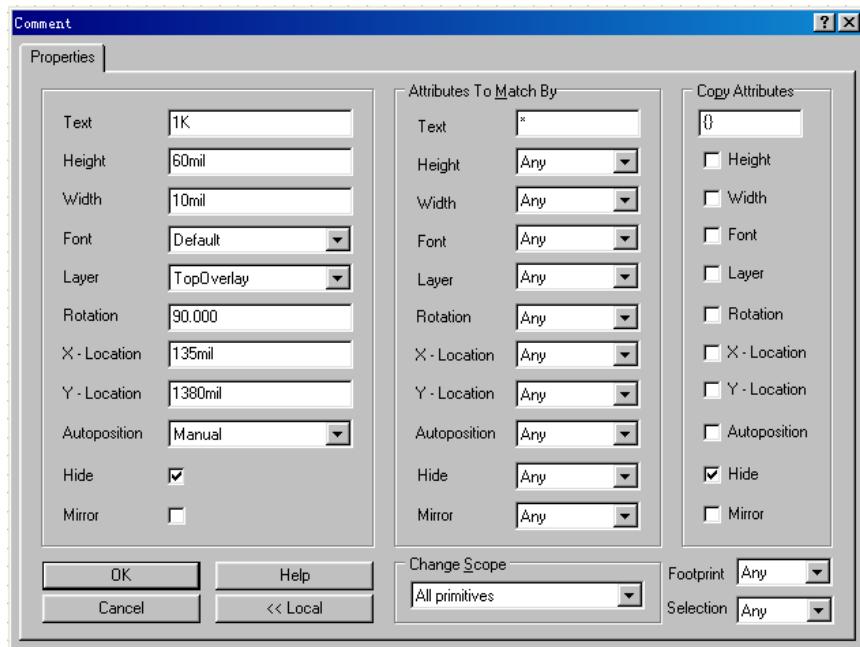
用同步器新建电路图 4.Pcb, 在坐标 (X: 5000mil Y: 5000mil) 处定义相对坐标, 放置禁止布线层定义电路板框为 2000mil×2000mil, 设置第一网格显示为 100mil, 再用同步器把电路图 3.Sch 原理图元件对应的 PCB 封装放置到电路图 4.Pcb 里, 并取消绿网, 如图 10-4-2。



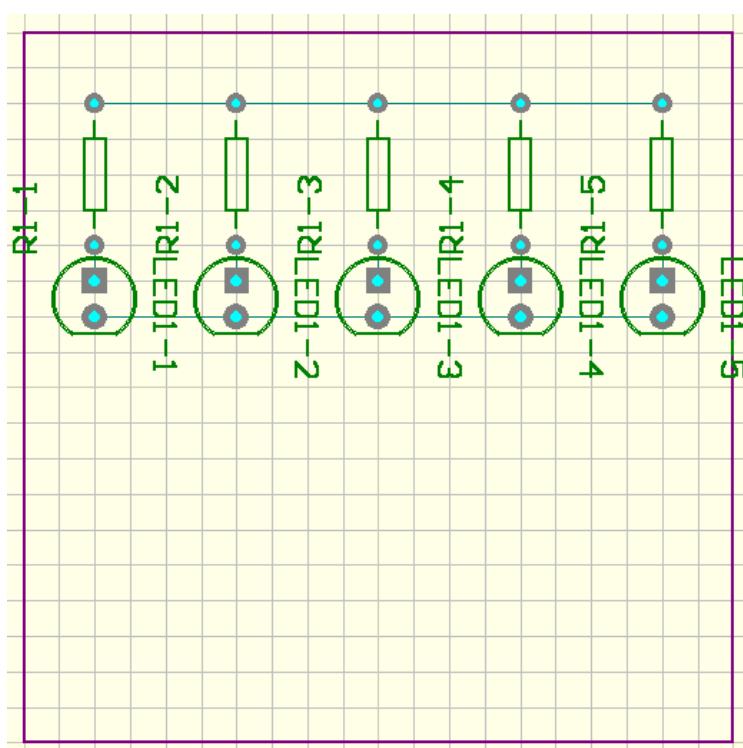
设置鼠标移动网格为 X: 100mil, Y: 100mil, 元件移动网格为 100mil, 把元件移动到电路板框内, 如图 10-4-3



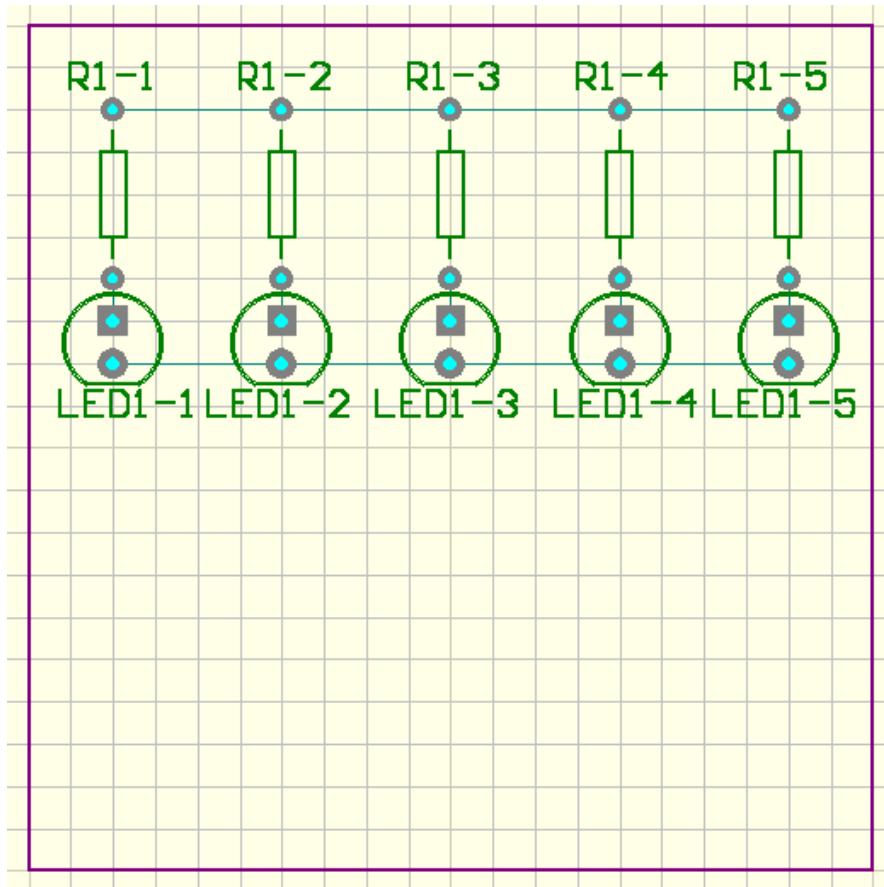
用鼠标双击任意一个元件类型, 展开弹出的对话框, 用鼠标选中左边的 Hide (隐藏) 栏目, 使其出现 “√” 右边 Copy Attributes 区块对应的 Hide 栏目自动出现 “√”。



按 OK 按钮确认, 所有元件类型就隐藏了, 如图 10-4-5, 成品电路板一般只有元件编号, 没有元件类型。



把鼠标移动网格设置为 25mil 或更小,排列元件编号,如图 10-4-6。

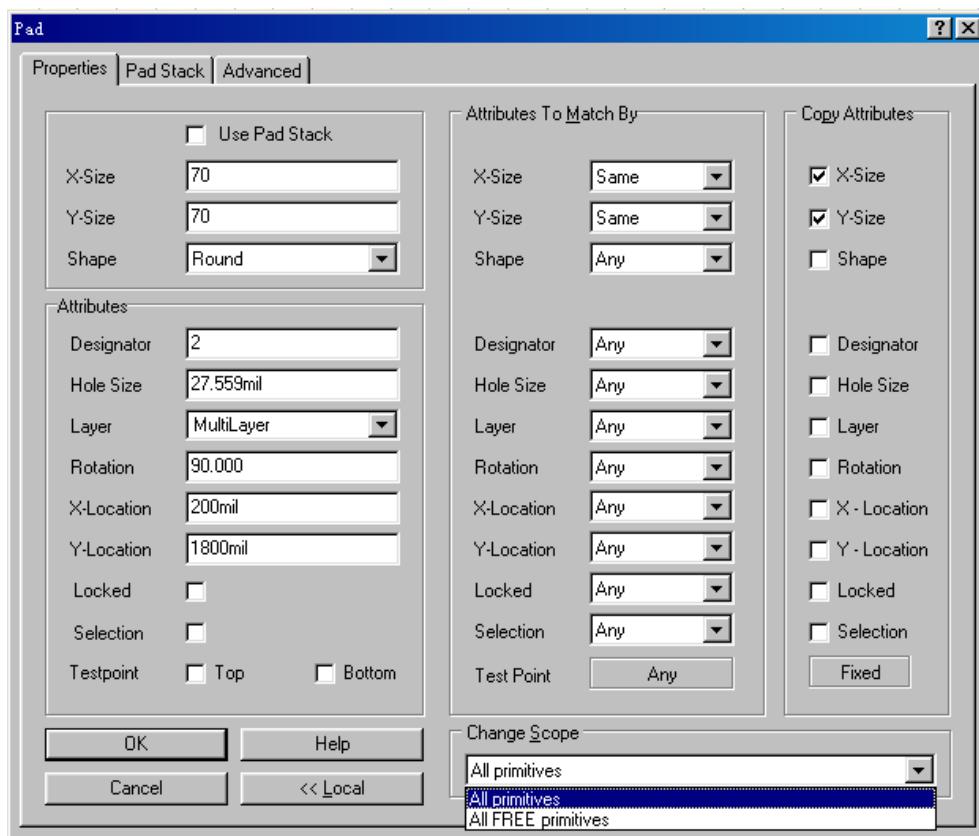


2、批量修改焊盘大小

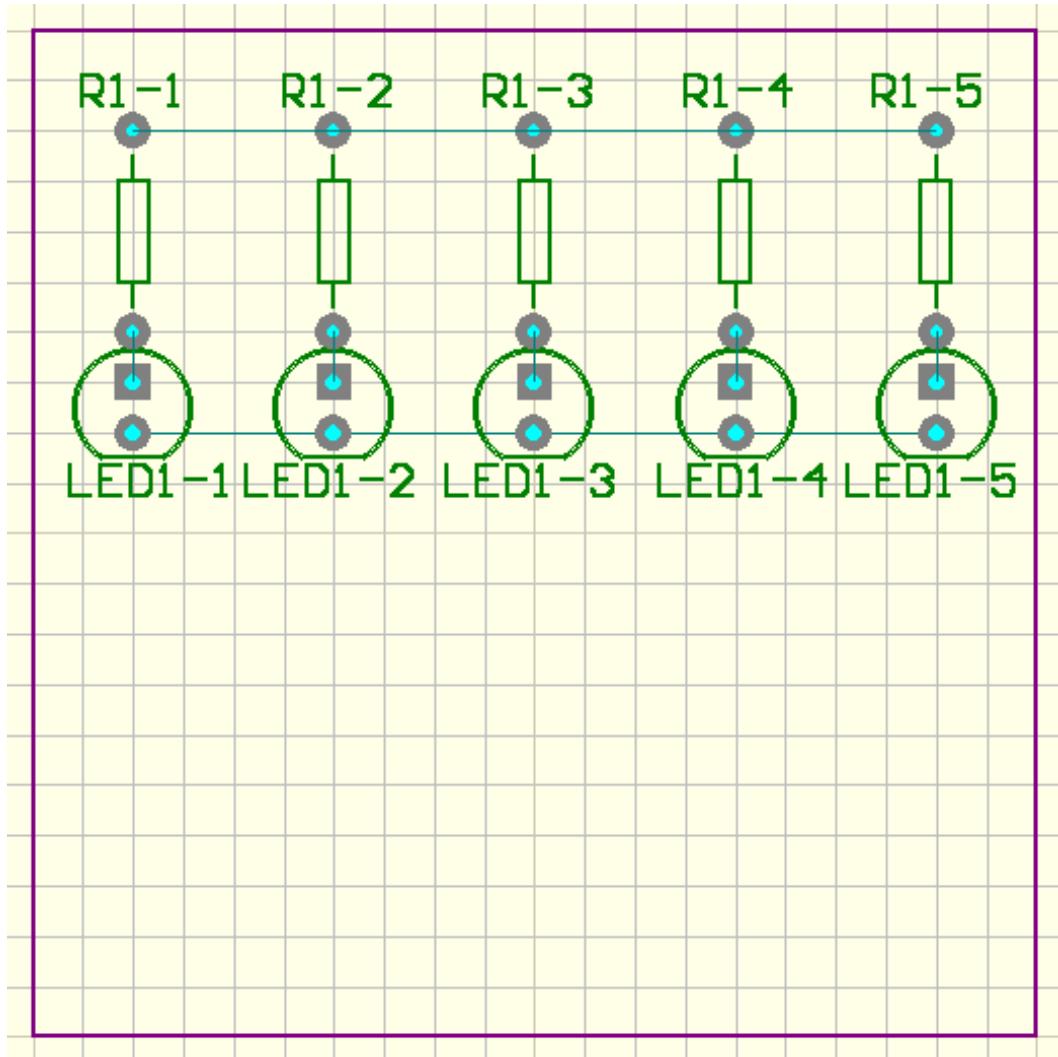
在自制 PCB 元件的时候,定义了焊盘大小,钻孔尺寸,在绘制 PCB 图的时候一般不再需要再定义焊盘大小和钻孔尺寸,的确加快了绘图速度,但是,有时候也需要修改,批量修改是最快的方法,图 10-4-6 LED 的焊盘大小是 X/Y70mil, R 的焊盘大小是 X/Y60mil,这里举例把 R 的焊盘大小全部改为 X/Y70mil,至少有三个方法,一是设定指明选择 R 的封装为相同,批量修改焊盘大小,这种操作在对话框的多个页面里设置,相对复杂些;二是选取全部电阻,以批量修改指

明选择相同选取的焊盘大小，这样多了一个选取的操作；三是批量修改指明选择相同的 X/Y60mi 的焊盘，这是最好理解、操作最简便的方法。还有设置不同的焊盘大小等方法也可以批量修改，但是，不易理解。

这里介绍批量修改指明选择相同的焊盘大小的方法：用鼠标双击任意电阻的一个焊盘，展开对话框，按图 10-4-7 设置。Properties 页面左边的 X-Size 和 Y-Size 栏目都改为 70 (mil)，Attributes To Match By 区块对应的 X-Size 和 Y-Size 栏目都设置为 Same，就是更改和原来相同的意思，Copy 区块对应的 X-Size 和 Y-Size 栏目自动打勾，Change Scope 区块有两项选择，第一项是更改原来的，第二项是更改自由(对象)原来的，这里选择第一项，



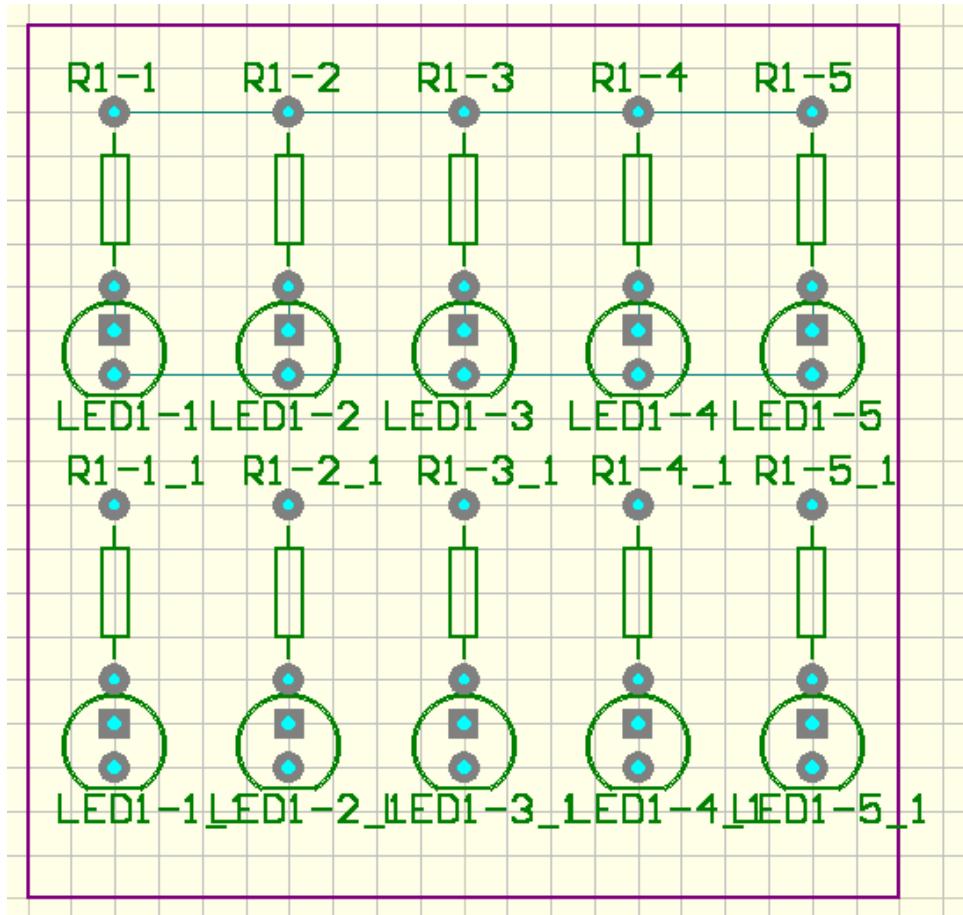
然后点 OK 按钮确认，电阻的焊盘就全部改为 70mil。如图 10-4-8。



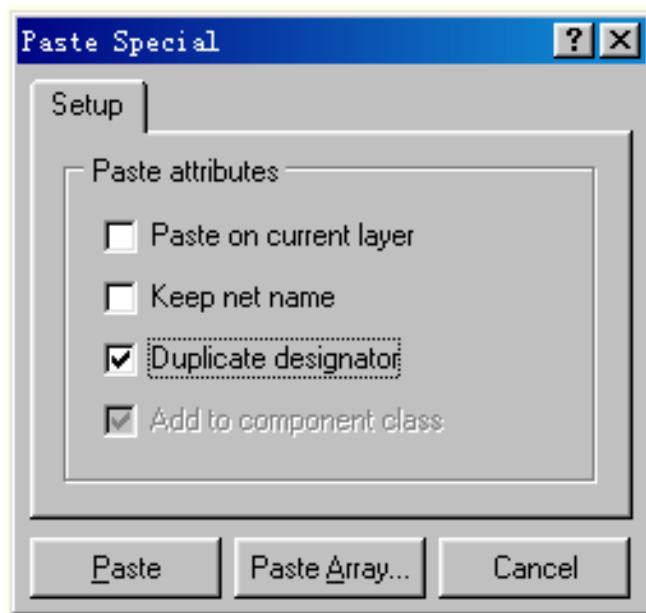
第五节：选择批量修改 PCB 图

1、选择批量修改元件编号

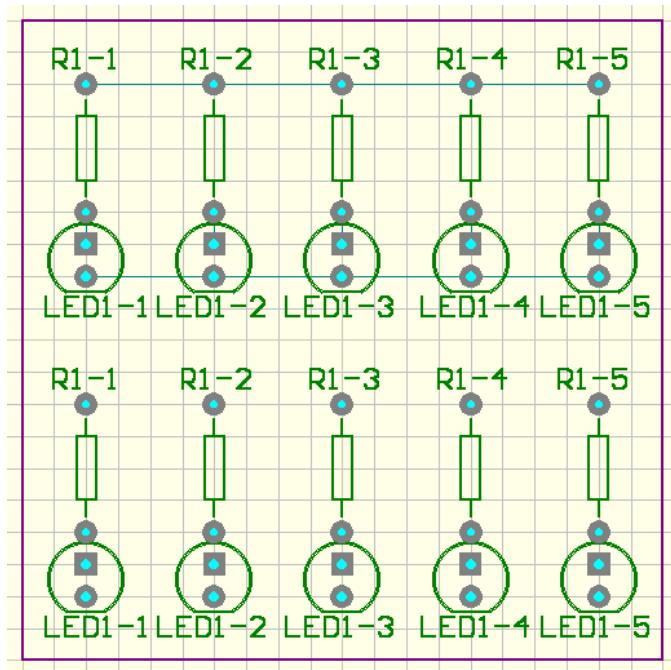
把图 10-4-8 的所有元件复制一份放置在下面，如图 10-5-1，发现下面所有元件编号多了一个_1，这是因为用普通的粘贴方法，元件不允许重名，可以用特殊粘贴解决。



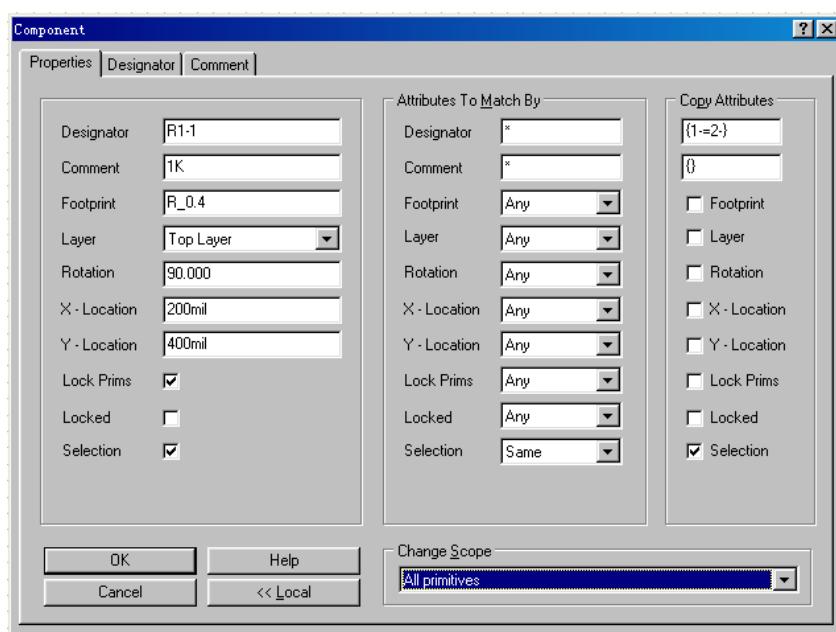
复制图件后，先不要粘贴，执行菜单命令 Edit 编辑/Paste Special...特殊粘贴，弹出特殊粘贴对话框，用鼠标选中第三个栏目，如图 10-5-2，然后点 Paste 按钮，



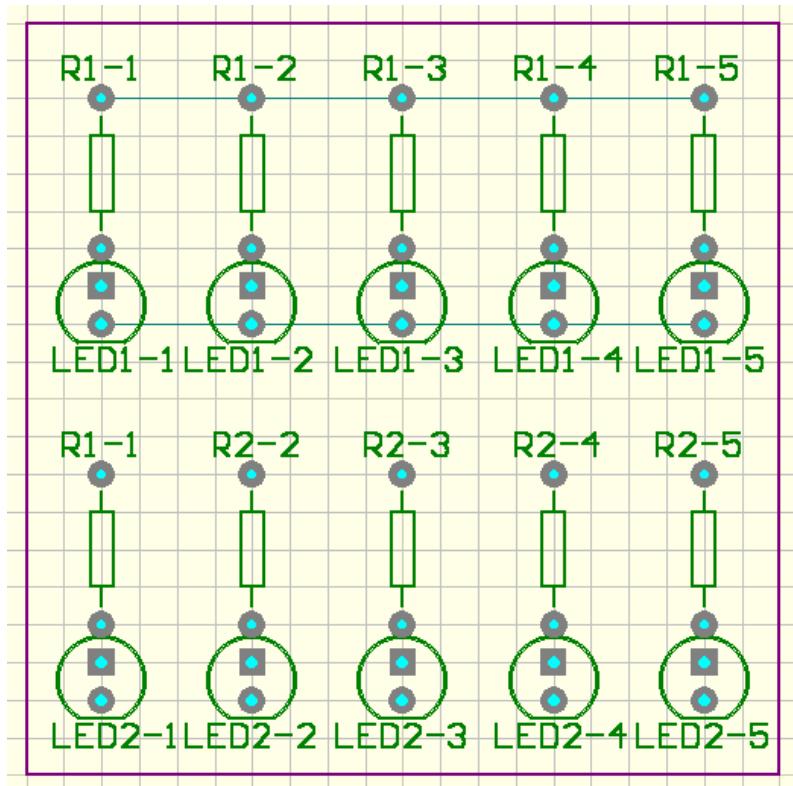
到印制板厂做板,想节约制版费,就是用这个方法拼板,这样复制的元件编号不会变,如图 10-5-3。



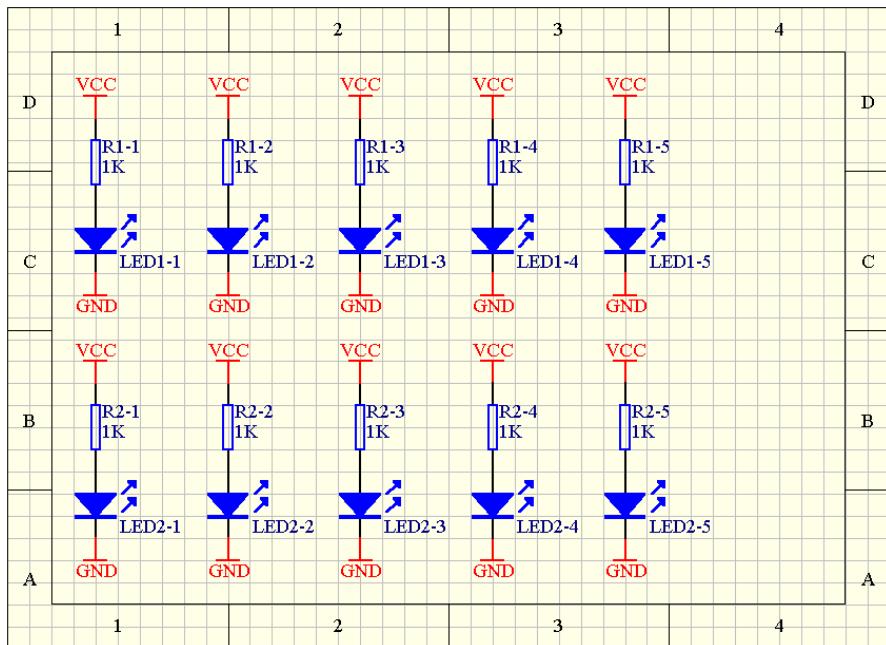
粘贴的图片是选取状态,选取状态有点看不清楚元件编号,图 10-5-3 已经取消选取状态,看到复制的元件编号没有问题,重新用鼠标选取下面的图片,再用鼠标双击被选取的任意一个元件,展开弹出的对话框,按图 10-5-4 设置,



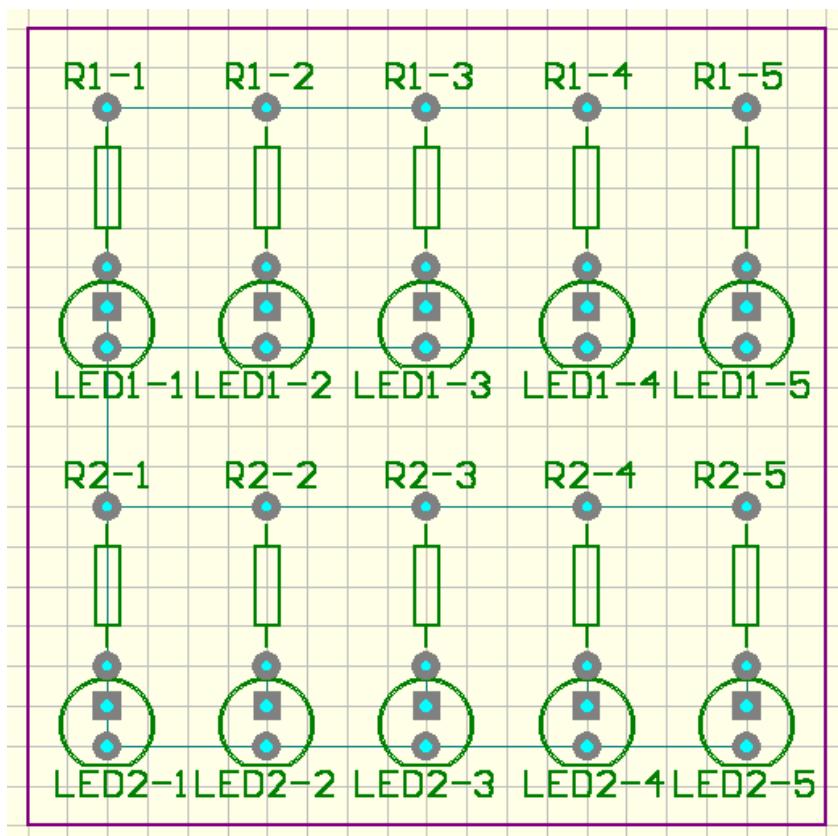
点 OK 按钮确认, 如图 10-5-5, 除了 R1-1, 其余 9 个元件编号 1-改为 2-, 笔者已经多次试验, 就是找不到全部更改的方法, 而且偏偏是用鼠标双击的那个元件改不了, 好在只有一个元件编号, 就单独更改 R1-1 为 R2-1,



接下来的操作是用同步器为复制后的元件添加网络, 回到电路图 4.Sch, 把上面的图件复制一份到下面, 批量修改元件编号如图 10-5-6, 实际上, 在介绍批量修改用到电路图 4.Sch, 上次操作是删除下面的图件, 只需要撤消上次操作就可以得到图 10-5-6,



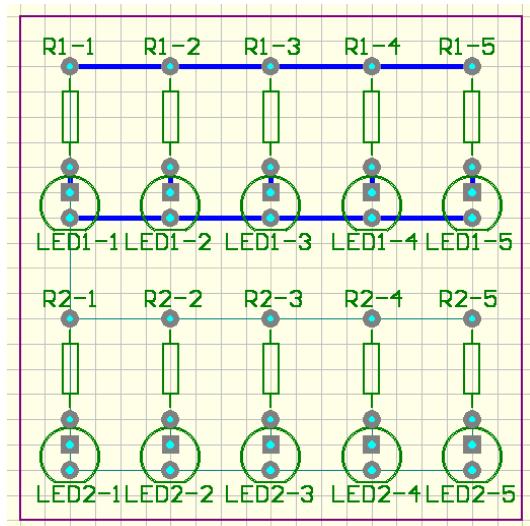
在电路图 4.Sch 里用同步器添加网络，电路图 4.Pcb 下面复制的元件就有网络了，如图 10-5-7，注意：不要忘记单独更改 R1-1 为 R2-1，否则，这个元件在用同步器添加网络后不在原位置。



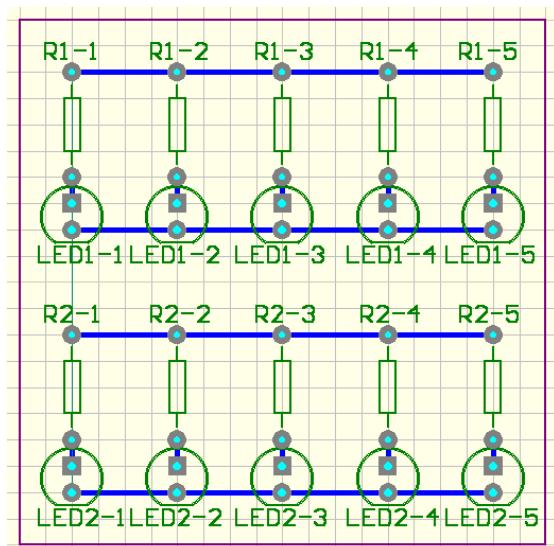
第六节、批量修改线

1、选择网络批量修改线宽

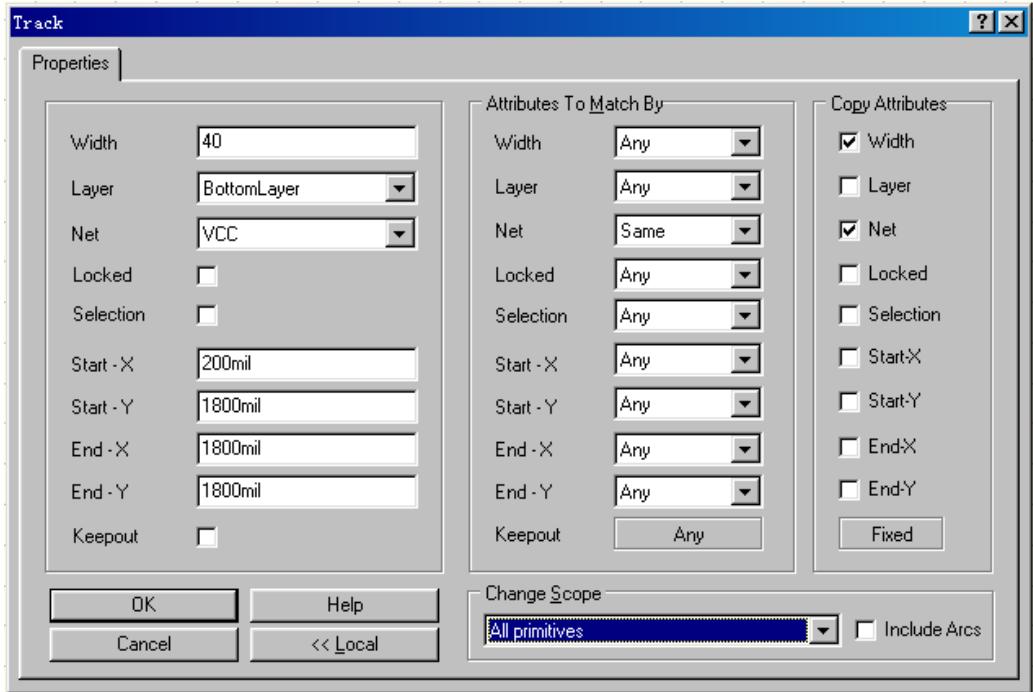
放置底层走线布通图 10-5-7 上面的元件，先制定 PCB 线宽设计规则制定为：最小 10mil，最大 100mil，常用 20mil，那么，放置的走线就是 20mil，如图 10-6-1。



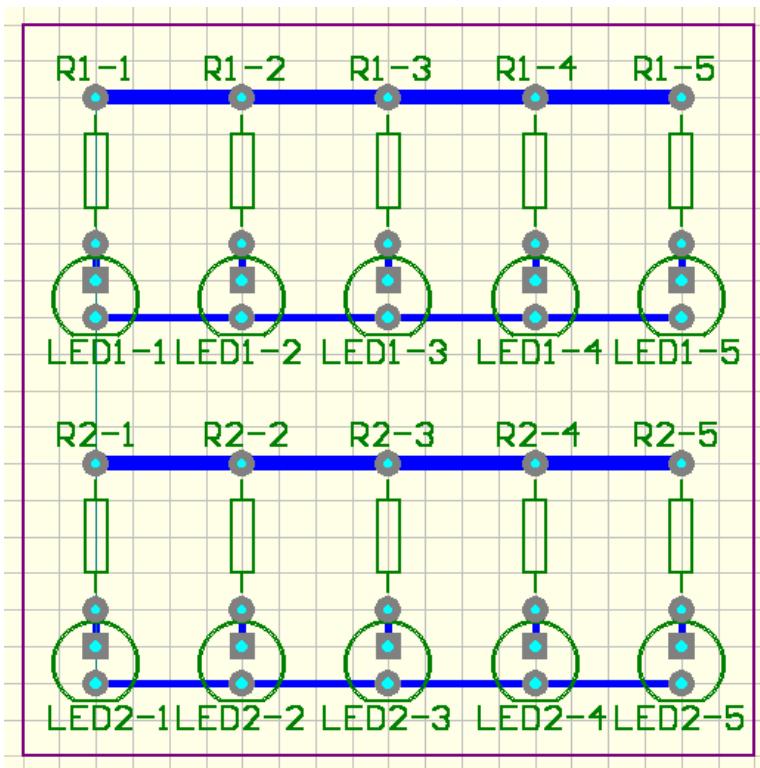
由于下面的图件和上面的图件一样，可以把上面图件的走线复制、粘贴到下面图件相同位置，选取底层走线，就可以复制，选取的最快方法是用鼠标选取，只要选取的时候别选到元件即可，粘贴到下面图件相同的位置，如图 10-6-2。



把网络为 VCC 的线改为 40mil，用鼠标双击网络为 VCC 的任何一根线，展开弹出的对话框，按图 10-6-3 设置，

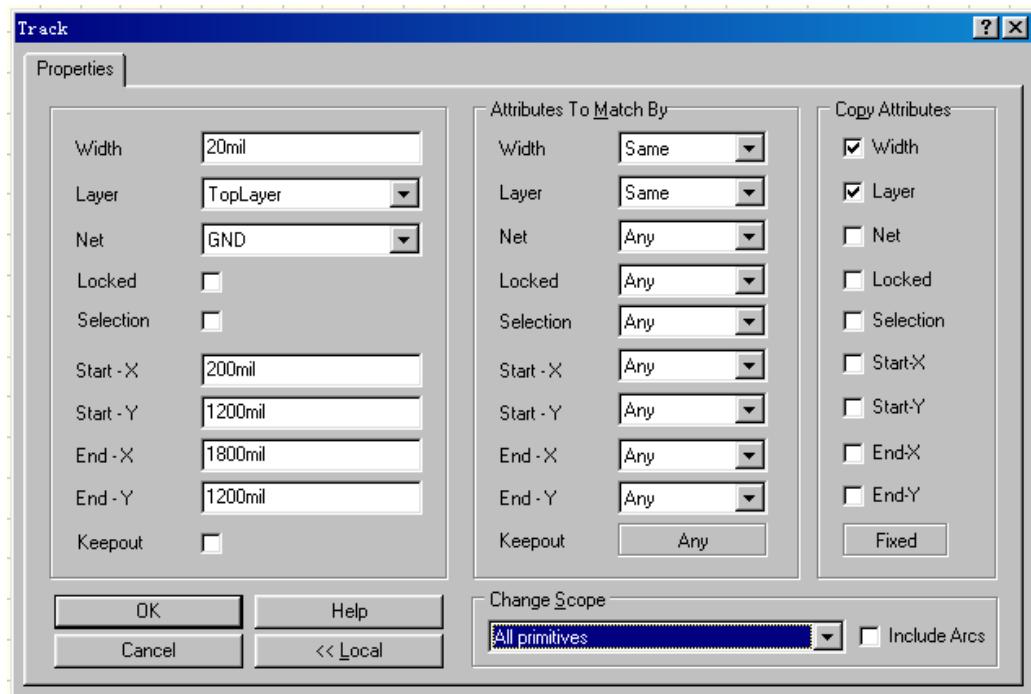


VCC 网络的线就改为 40mil，如图 10-6-4

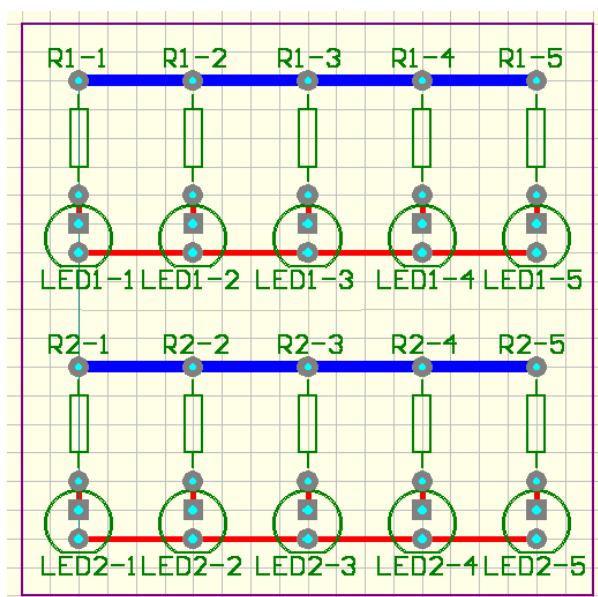


2、批量修改走线层面

这里介绍把相同的 20mil 的走线全部改为顶层，用鼠标双击 20mil 的任何一根线，展开弹出的对话框，按图 10-6-5 设置，



更改后如图 10-6-6，相同于 20mil 宽度的走线就全部改为顶层了，本章主要讲解批量修改，图 10-6-6 没有布通的地方就没有必要布通了。



关于批量修改就讲解到这里，本章讲到的批量修改，远远没有达到Protel可以批量修改范围的1/3，读者一定要会举一反三，凡是可更改的对象，几乎都可以批量修改。

第十一章：单面 PCB 板绘图技巧

第一节：绘制单面板的意义

说起单面板，读者一定不陌生，就是只有单面铜膜走线的电路板，用 Protel 绘制单面板是非常有意义的，下面就从 4 个方面说明绘制单面板的意义：

1、降低电路制作成本

按制版费和单位面积制作费用两方面计算，单面板的制作成本比双面板的制作成本低 2-3 倍。对于企业，可以降低产品的成本，从实际应用来看，除了某些高频电路、贴片元件电路、面积要求小的电路或者太复杂的电路不适合用单面板以外，其余的电路都可以使用单面板，像电视机、录音机、收音机、功放等消费量很大的电子产品电路，想方设法地把电路绘制为单面板，以降低制作成本。

2、降低电路开发成本

定型一个电路，通常需要多次改进，每改一次，就浪费一次制版费，这还不仅仅是电路的电气连接错误，还有电路结构方面的调整，都需要制版验证。笔者认识一位高手，他的电路绘图水平和电路基础都很高，但是，按照他的经验认为，定型一个电路至少要做两次板，他还说：“画错一个双面板，相当于丢失一辆自行车，而且是很高档的自行车”。单面板可以把这方面的浪费降到最低。另外，大量使用贴片元件的电路多数需要双面板，但是，贴片元件的电路在定型

期间的调整和测试比较麻烦,先用单面板和普通元件做测试,不但可以降低试验费用,而且用单面板和普通元件做成的电路改贴片元件,成功率极高,只需要更改原理图元件封装为贴片元件,重新绘制PCB板就可以了,尽管有些高频电路用普通元件不好测试,但是,大多数控制电路用普通元件和单面板是可以验证的,当然,这要求电路绘图水平和绘图速度很高。

3、缩短电子产品开发周期

开发电子产品,制作线路板是比较头疼的环节之一,当急需定型一个电子产品,快速制作电路板是关键,就算本地有专业印制板厂,专业印制板厂不可能放下手中的任务,专门为你除几块板,除非你和专业印制板厂关系硬,或者出高价制作,一天之内拿到电路板就很不错了。单面的印制板,只要方法得当,手工都可以制作,手工制作一个没有字符和阻焊的单面板,只需一小时左右。笔者曾经给一个公司绘制过单面板,由于他们可以手工制作单面板,定型一个简单的电路,不到一天就完成了。

4、降低初学者学习电子技术入门费用

曾经有电子刊物把制作电路板称为初学者学习电子技术的“拦路虎”,这一点也不夸张,还刊登了各种手工制作单面印制板的方法,那些方法可谓是五花八门,像刀刻法、各种配方的溶液绘制、热转印、直接曝光、还有用眼药膏绘

制后拿到冰箱里冷冻，几乎什么怪招都用上了。绘制单面板对于学习电子技术的初学者来说，实在是太重要了。现在有一个误区，几乎所有的单片机试验板都是双面板，而且所有的试验板电路千篇一律，甚至有的试验板电路还停留在上个世纪 80 年代的技术水平，根本看不到有什么新器件，现在的电子技术发展是一日千里，这些单片机试验板给初学者和在校学生带来多大危害？初学者和学生会认为，单片机电路必须是双面板，以后设计电路就用这些元件。这就扼杀了初学者和学生对新器件和新技术的认识。笔者偏偏不这么认为，笔者认为，试验板越简单越好、种类越多越好、制作成本越低越好、元件越新越好。笔者跟一位单片机高手学 51 单片机编程，从来就没有用过什么试验板，直接就设计电路进行编程了，而且还发现，多数单片机电路用单面板完全可以胜任。

第二节：单面 PCB 板的绘图条件

许多电路绘图高手，或者懂一些电路绘图的电路设计人员，他们明明知道多数电路可以用单面板完成，可是，偏偏要绘制双面板，这些电路笔者见过的实在是太多太多了，究竟是什么原因？笔者认为有两个原因，一个原因是绘制单面板浪费时间，制版费不是自己出，管他多少钱，在绘制单面板上浪费时间，影响自己的收入。确实绘制单面板比绘制

双面板浪费时间，而且难度大，老板和领导们不知道个中道理，不好干预。如果是这个原因不想学习绘制单面板，那么，这本书的这一章就白写了。还有一个原因是不知道单面板的绘图技巧，这是可以理解的，不会嘛，可以学，绘制单面板要从电路设计开始，就规划使用单面板，并且想方设法地提高布通率：

1、元件对电路布通率的影响

元件对电路布通率的影响很大，集成化程度高的元件，走线比较简单，布通率很高，反之，集成化程度低的元件，绘制单面板难度大一些。

2、电路结构对电路布通率的影响

像单片机电路，并行口方式的总线结构布通率低，串行口的总线结构布通率很高。在不需要高速运行的场合，尽量使用串行器件，可以使电路的走线非常简单，绘制单面板相对容易。

3、网络布线对电路布通率的影响

网络布线和同步设计是提高布通率最有效的方法之一，读者一定要在这方面下工夫，如果不用网络布线，放置元件，直接绘制 PCB 图，不但布通率低，而且费时、费神。

4、合理使用跳线

单面板只有一层走线，实在走不通的地方就需要跳线，跳线并不是越少越好，而是合理使用，使用跳线要以调整单

面板的布线密度为主，跳线的长度最好是 100mil 的整倍数，这样在折跳线的时候很方便，当跳线的长度控制在 600mil 以内时，跳线不存在成本，可以用剪下来的电阻引脚折成跳线。

第三节：成品单面印制板的层面

成品单面印制板的层面在通常情况下由四个层面构成

1、顶层阻焊层

用绿色抗高温颜料通过丝网印刷的方法，印刷在印制板元件面，在双面印制板上起阻焊和防止铜薄走线氧化的作用，在单面印制板上只起美观作用，有的印制板厂家为了降低成本，省略了顶层阻焊层。目前少数电路板的顶层阻焊层也有红色或黑色的。

2、顶层丝印层

用白色抗高温颜料通过丝网印刷的方法，印在印制板元件面顶层阻焊层上，用来指示元件外形、元件编号、跳线和电路板信息的特殊符号。

3、底层铜薄层

通过丝网印刷的方法，在单面敷铜板的铜薄层，印刷感光油墨，经过曝光、显影和腐蚀后得到的铜薄走线和焊盘、过孔。

4、底层阻焊层

用绿色抗高温颜料通过丝网印刷的方法，印在印制板焊接面，只露出焊盘部分，起阻焊和防止底层铜薄走线氧化的作用。

第四节：绘制单面 PCB 板使用的层面

绘制单面 PCB 板使用的层面通常由下面 5 个工作层面构成：

1、TOP 层

顶层铜薄走线层，简称：“顶层走线”或“顶层”，系统默认为红色。这个层面在双面印制板中表示的是顶层铜薄走线，在单面印制板中，表示跳线。

2、BOT 层

底层铜薄走线层，简称：“底层走线”或“底层”，系统默认为兰色。这个层面表示的是电路板焊接面连接焊盘和过孔的铜薄走线，但是，不包括焊盘和过孔。

3、TOver 层

顶层丝印层，简称：“顶层丝印”或“丝印层”，系统默认为绿色。相当于成品电路板的顶层表示元件外形的丝印层。

4、Keep Out 层

禁止布线层，系统默认为紫色。这个层面实际上是个虚层，多数情况下是用它定义电路板的外形大小，有其说它是

一个“层”，不如说它是一个“框”，但是，它的作用较大，不仅仅是用这个层面的线来定义线路板的尺寸，而是没有这个“框”，就不能很好地实现自动布线，Protel根据禁止布线层绘制范围内的元件进行自动布线，布线范围绝对不会超过这个“框”，如果在这个“框”内用禁止布线层画一条线或者是画一个小“框”、圆、弧等图形，自动布线也不会越过禁止布线层画的线和图形。据说印制板厂定义电路板框不是用禁止布线层，而是用机械层(Multi层)，其实，在实际绘图中，几乎所有电路板都是用禁止布线层定义电路板框，真正做板的时候，怎么定义电路板框，那是专业印制板厂家的事。

5、Multi 层

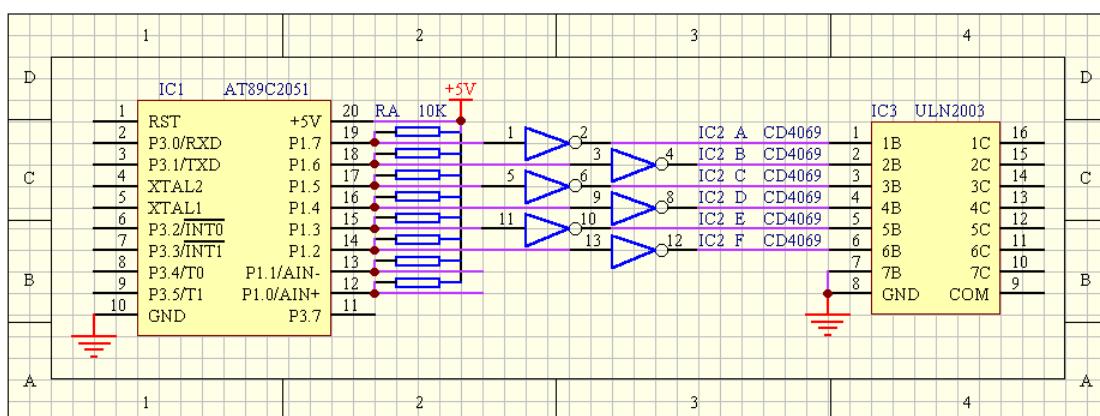
复合层，系统默认为灰色。在单面、双面印制板中，这个层面包括过孔和焊盘以及用这个层面绘制的线和图形，因为单面印制板只有底层焊盘和过孔，双面、多层印制板中每一层都有焊盘和过孔，因此称为“复合层”，单面印制板有一个复合层，双面印制板有两个相同的复合层，而多层印制板因为过孔连通不同层面的铜薄走线，所以多层印制板的复合层不尽相同。

以上介绍绘制单面印板图需要的工作层面，实际上就是系统默认绘制标准双面 PCB 图需要的工作层面，这些由

Protel 系统默认的层面颜色，已经是比较好用了，这些层面颜色，没有特殊要求不必更改。

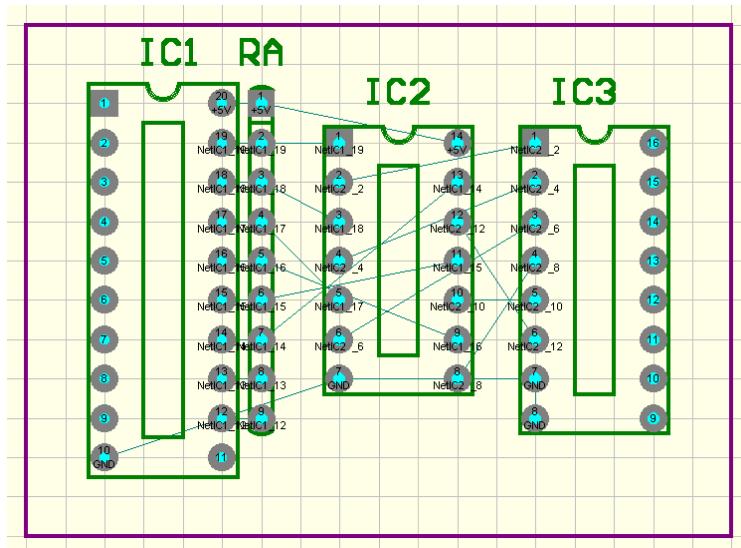
第五节：绘制复合元件单面板 PCB 图

打开电路图 4.Sch，如图 11-4-1，假如 89C2051 通过 ULN2003 驱动六个继电器，由于 51 单片机上电复位时，所有 I/O 口为高电平，为了防止开机时所有继电器吸合，89C2051 和 ULN2003 之间需要加反相，用三极管反相肯定焊盘和走线比较多，不易布成单面板，用 CD4069 最简洁。电路图 4.Sch 单片机驱动继电器不一定最好方法，仅仅以 89C2051 和 ULN2003 之间需要反相为例，说明单面板的布线方法，单片机的复位电路和晶振电路，还有继电器没有绘制。

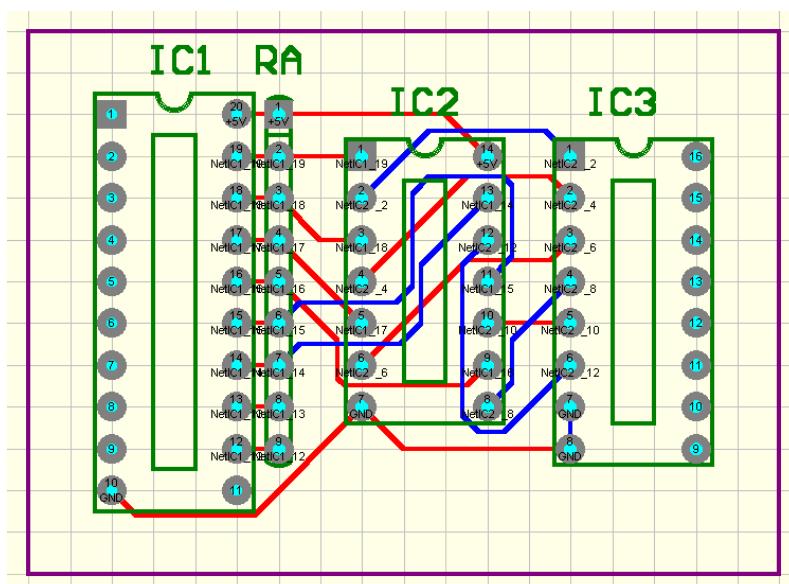


在电路图 4.Sch 里用同步器新建电路图 4.Pcb，用本书介绍的方法设置 PCB 绘图环境，再用同步器把电路图 4.Sch 对应的 PCB 封装放置到电路图 4.Pcb，批量取消元件名称，按图 11-4-1 排列元件和元件编号，在原理图里，89C2051 和

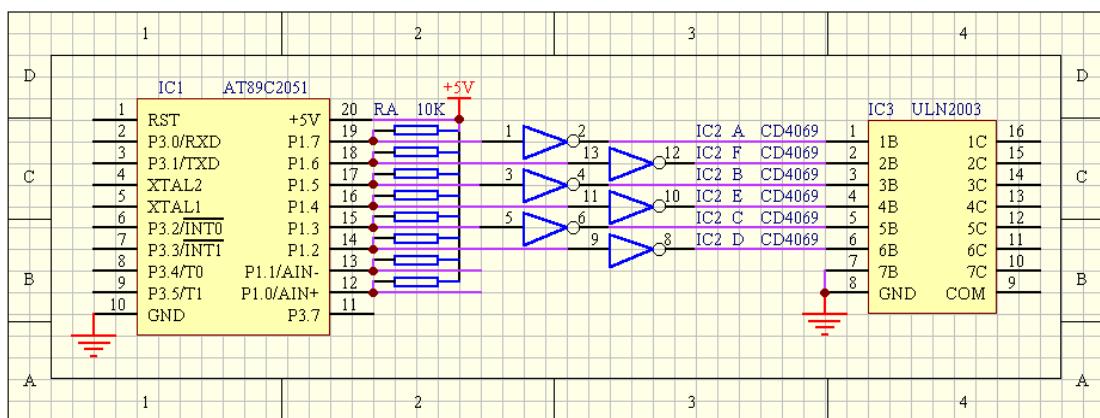
ULN2003 之间用 CD4069 反相,用到的反相器是顺序排列的,这样排列,在原理图非常好看,但是,PCB 图布线比较困难,看看 IC2 和两边的网络线,几乎是一团糟,实在不好看出头绪,象这样布线,别说是单面板,就是双面板也不是很容易就布通。



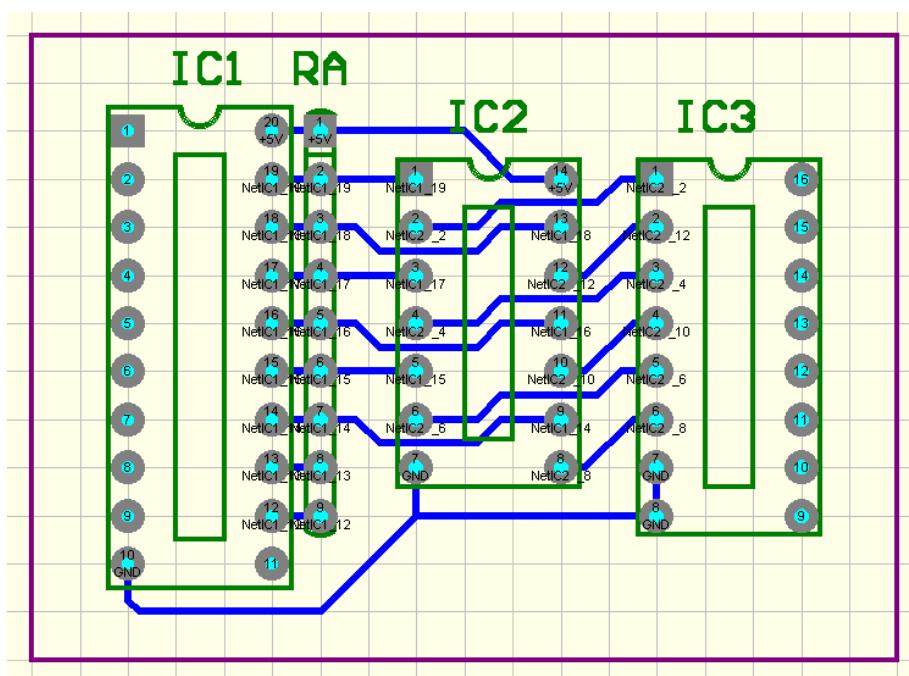
用自动布线试试,看能布出个什么效果,就用新建文件后的默认值自动布线,布线后的效果如图 11-4-3,虽然几秒钟就全部布通,但是,这样的布线效果实在不能恭维。



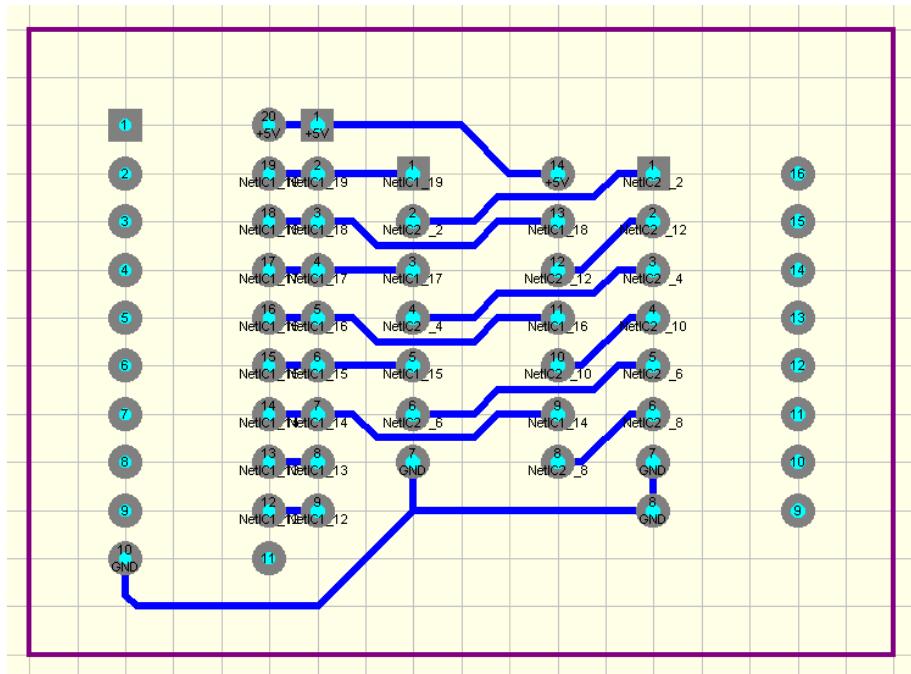
其实, 89C2051 和 ULN2003 之间用 CD4069 反相, 使用 CD4069 的哪个非门都是一样的, 没有必要顺序使用, 仔细观察 PCB 图, 就知道如何使用非门, 找到规律, 重新调整和排列原理图里的非门, 原来使用非门的顺序是 A、B、C、D、E、F, 根据 PCB 的走线规律使用非门的顺序是 A、F、B、E、C、D, 如图 11-4-4,



用同步器重新更改网络, 手工布线后的效果如图 11-4-5。看, 走线多么简洁, 一根跳线都没有用, 这样布线, 有什么理由非要用双面板!



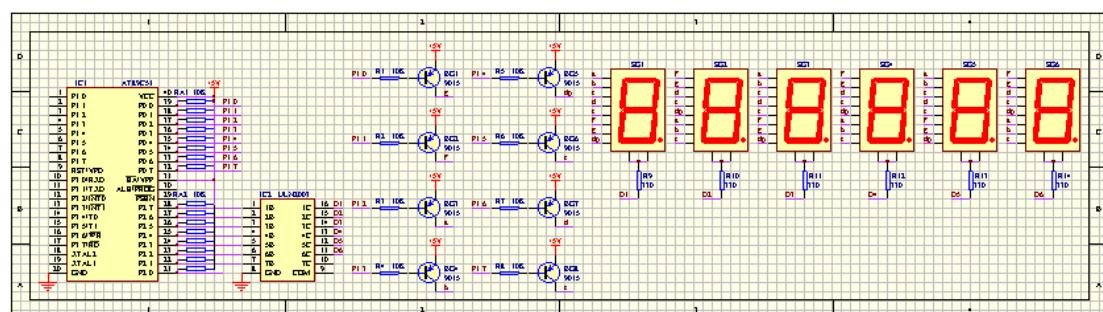
关闭丝印层，更能看清简洁的走线，如图 11-4-6，



这里使用的技巧，是通过网络线更能看清楚 PCB 元件之间，管脚的连接关系，还有就是自制复合元件，把 CD4069 做成复合元件，调整和使用 CD4069 任何一个非门都非常方便，大大提高布通率，为绘图成单面板提供有利条件。

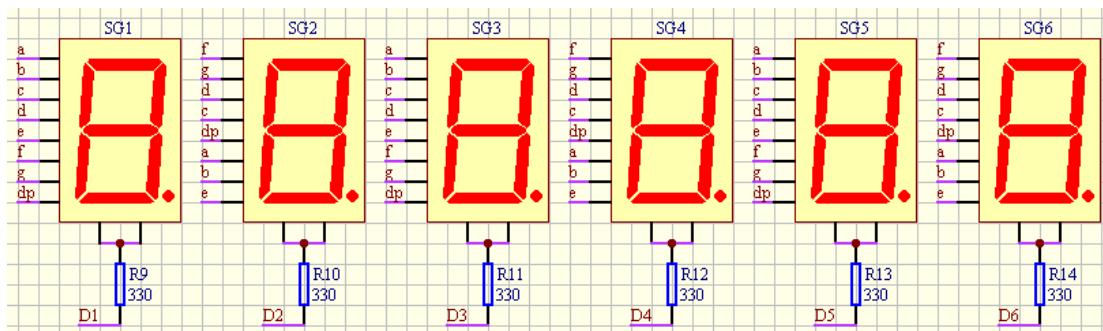
第六节：绘制动态显示数码管单面板 PCB 图

如图 11-5-1，用 89C51 的 P0 口做段驱动，用 P2 口做位驱动，以动态方式驱动显示六个数码管，

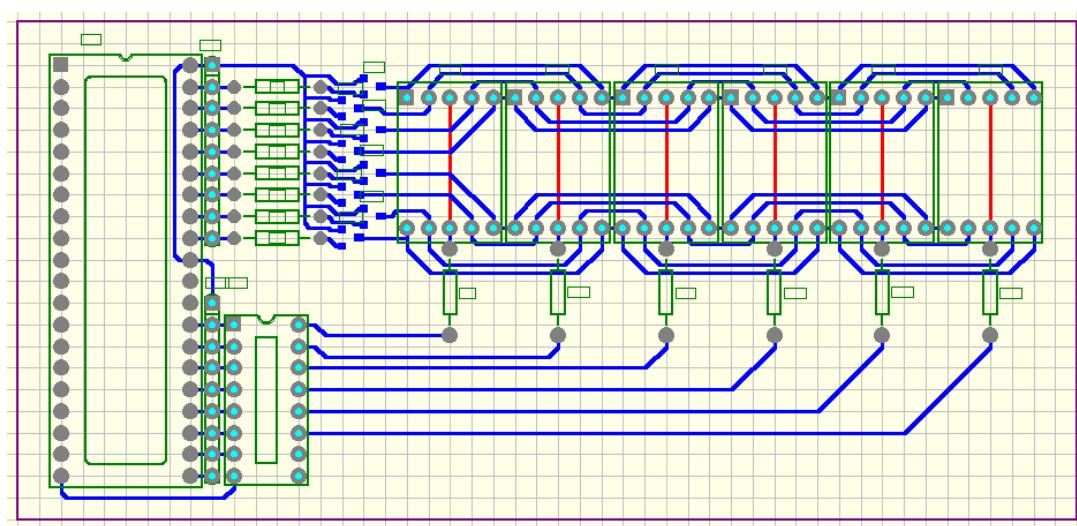


动态显示的原理，是所有的数码管相同管脚连在一起，由单

片机驱动,至于点亮哪个数码管,由位驱动决定,所有的数码管相同管脚连在一起,单面板不易布通,而采用“S”形走线方式,很容易用单面板布通,这时候数码管 1、3、5 的管脚网络标号相同,2、4、6 的管脚网络标号相同,两者之间的网络标号不同,如图 11-5-2。



数码管“S”形走线方式的布线效果如图 11-5-3,数码管的两个公共端在内部本来就是相连的,在 PCB 图里放置红色的顶层走线是为了通过 PCB 的 DRC 检查。数码管到三极管之间的走线也找到最佳方式,用贴片三极管,也是为了提高布通率,普通封装的三极管,体积太大,不易布通。



读者可以打开电路图 5.Sch 和电路图 5.Pcb 文件仔细观察,这样的布线技巧是很容易理解。89C51 和 ULN2003 之间不

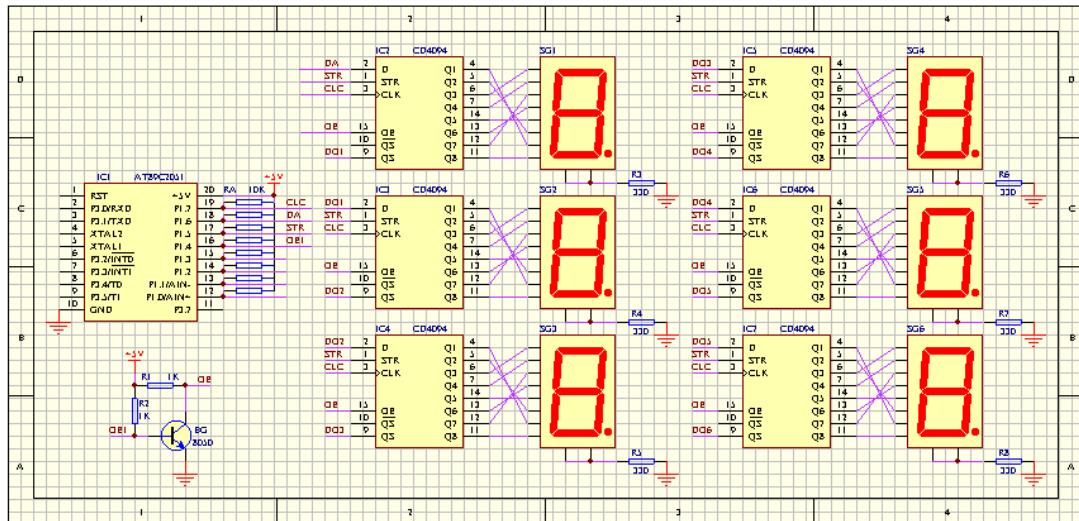
加反相器，是因为在上电复位的时候，P1 口驱动数码管用的是 PNP 三极管，高电平时三极管不可能导通，就算 ULN2003 全部为低电平，数码管也不会亮，在编写程序时，主程序一开始可以执行 `MOV P2, #00H`, ULN2003 输出端口就全部为高阻态。在编写动态显示数码管程序时，数码管 1、3、5 用一组段码表，2、4、6 用一组段码表，这样的程序不难编写，比在 PCB 图里调整走线简单得多，而且不占成本。读者如果借鉴这个数码管显示电路，要注意数码管的封装，0.5 英寸数码管有两种封装，一种是两个引脚距离为 100mil (2.54mm)，还有一种是两个引脚距离为 2.5mm，别看这 0.04mm，封装搞错的话，插元件的时候已经有感觉了，电路图 5.Pcb 用的是引脚距离为 100mil 的数码管，本书配套数据库文件里的元件库，两种 PCB 封装都有。

第七节：绘制静态显示数码管单面板 PCB 图

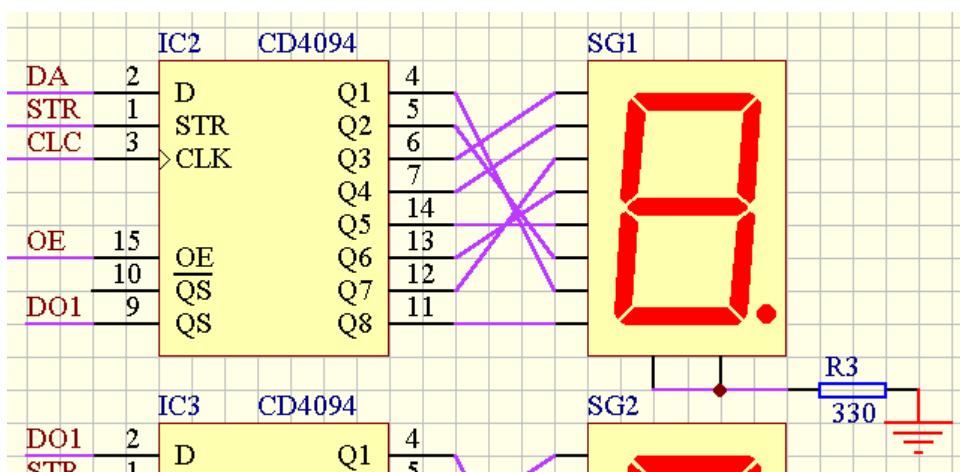
上一节介绍了并行动态方式显示数码管单面板 PCB 图，显示 6 个数码管就用了 14 个 I/O 端口，单片机 I/O 端口的资源浪费太大了，下面介绍串行静态方式显示数码管单面板 PCB 图的绘图方法，显示 6 个数码管或者六个以上的数码管，最多只需要单片机的 4 个 I/O 端口：

打开电路图 6.Sch, 如图 11-6-1, 89C2051 的三个端口接串入并出移位寄存器 CD4094, OE 端通过三极管反相接 CD4094,

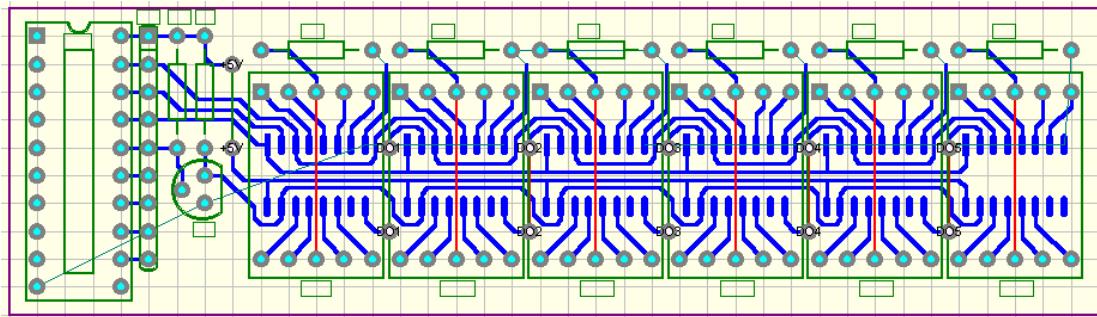
OE 端是为了上电复位时避免数码管点亮, CD4094 和 89C2051 的连接, 没有使用接串行口的标准接法, 而是用 I/O 口模拟出 CD4094 串行输入的状态, CD4094 的工作原理, 请参考有关手册, 这里只介绍如何布成单面板的要领,



CD4094 驱动数码管的管脚, 当然不必在原理图里一一对应, 还是寻找最佳走线, 最佳走线如同 11-6-2, 这样绘图, 有些乱, 但是, 比用六组不同的网络标号简单, 如果想绘制正规一些, 就使用网络标号。



绘制完成的 PCB 图如图 11-6-3, 为了利于布通单面板, CD4094 采用贴片封装,



第八节：绘制跳线

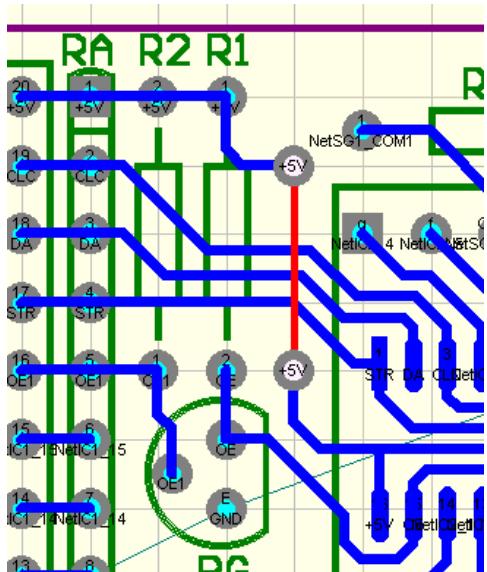
单面 PCB 图只有一层走线，当布线无法走通的时候，就需要跳线，下面就介绍绘制跳线的要领

1、用过孔连接跳线

连接跳线的是过孔，而不是焊盘，之所以用过孔连接跳线，是为了绘图方便，用焊盘连接跳线也是可以的，但是，需要手工放置，绘制跳线时，按小键盘上的+、-号在转换工作层面时，自动添加过孔。

2、顶层表示跳线的电气连接

如图 11-7-1，钻孔为粉红色的是过孔，本书已经介绍过，为了区别焊盘和过孔，分别把焊盘和过孔的钻孔颜色设置为淡兰色和粉红色。图 11-7-1 钻孔颜色为粉红色的焊盘实际上是过孔，两个过孔之间的红色顶层走线表示跳线的电气连接不能省略，以通过 PCB 的 DRC 检查。



3、放置丝印顶层走线表示跳线位置

如图 11-7-2, 在顶层走线的相同位置, 放置丝印顶层走线表示跳线位置, 在全工艺制作的成品印制板上就有跳线标志, 以加快焊接速度。

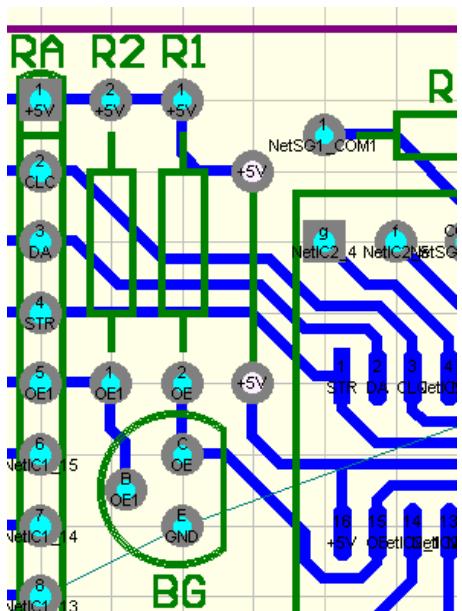
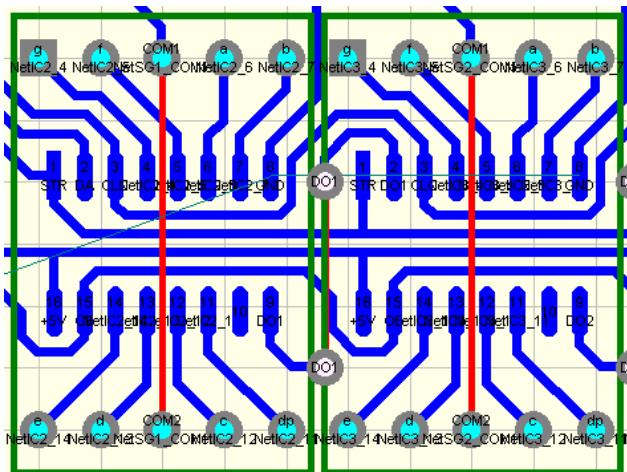


图 11-7-3 两边的顶层走线, 不是跳线, 是表示数码管的两个公共端本来就是连通的, 两个数码管之间就一个跳线, 差不多已经和数码管外形图重合, 放置丝印顶层表示跳线位置意义不大, 就可放可不放。



4、跳线的长度

跳线的长度最好是 100mil 的整倍数，这样，做个小模具折跳线非常方便。找一小块敷铜板的边角料，从边上开始，每 100mil 打一个 0.5mm-0.6mm 的眼，共打 10 个眼，就可以折 100mil-1000mil 的跳线，如果用金属板做这个小模具，更经用。

单面 PCB 板的绘图技巧就介绍到这里，读者可以参考本书配套的 PCB 文件，主要参考各种设计规则的制定、网格在布局方面的合理使用、还有布局和走线的技巧。

绘制 PCB 图综合性很强，本章介绍的三个例子，实际上在绘制原理图的时候就已经考虑 PCB 图怎么绘制了，如果是单片机电路，还要考虑程序怎么编写，电路绘图和电路设计没有什么奥妙，就是多绘图、多总结经验、多参考成品电路板、多参考别人绘制得比较好的 PCB 图，这样，很快就可以掌握绘制 PCB 图，逐渐成为电路绘图高手。

本书只介绍了绘制单面板的方法，单面板就是按照双面板的格式绘制的，无非是把顶层走线当成跳线而已，掌握了绘制单面板的方法，绘制双面板应该是更加容易一些，多了一层走线，布通率提高了一倍，在绘制原理图、自制元件、同步设计、网络布线、元件布局、放置走线等方面，双面板的绘图方法和单面板的绘图方法是一模一样的。

第十二章：特殊布线

本章介绍三种常用的特殊布线，泪滴焊盘、放置汉字、铺铜。

打开电路图 7.Pcb，这个电路和电路图 6.Pcb 一模一样，就用这个电路为例，介绍特殊布线。

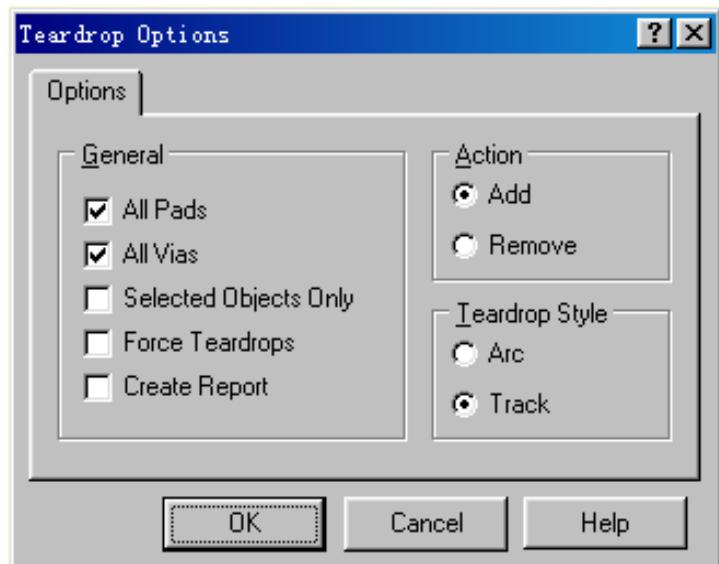
第一节：泪滴焊盘

顾名思义，泪滴焊盘就是象泪滴一样的焊盘。主要作用是为了增加焊盘的机械强度。用相同质量的敷铜板制作印制板，泪滴焊盘肯定比普通焊盘机械强度大一些，特别是单面板，只有一层走线，焊盘添加泪滴，对焊盘的机械强度有一定好处。在实际应用中，电路板中间的小型元件添加泪滴焊盘，肯定可以增加焊盘机械强度，但是，意义不大，而通过泪滴焊盘增加接插件焊盘的机械强度是十分有意义。

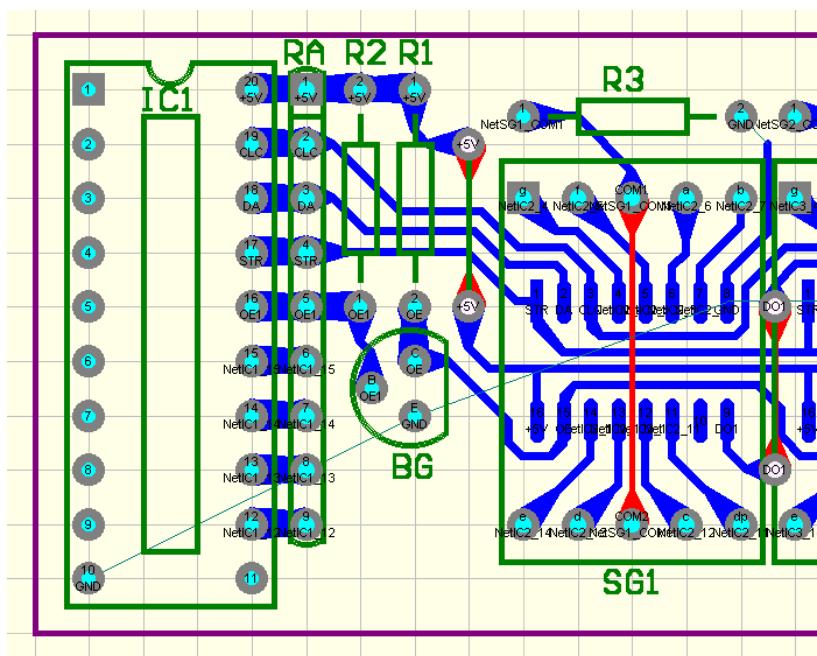
1、添加泪滴焊盘

执行菜单命令 Tools 工具/Teardrops 泪滴焊盘/Add 添加，就弹出添加泪滴焊盘对话框，按图 12-1-1 设置，然后点 OK 按钮确认，这个对话框共有 3 个区块，右边上下两个区块非常好理解，Action 区块是方式，选中 Add 栏目是添加，选中 Remove 栏目是移去。Teardrops Style 是泪滴类型，选中 Arc 栏目是用弧添加泪滴，选中 Track 栏目是用线添加泪滴，左边的区块 General 区块是全局（控制），选中 All Pads 是全部焊盘，选中 All Vias 是全部过孔，选中 Selected Objects

Only 项目是只添加选取的项目，Force Teardrops 栏目是强制添加泪滴，就是所有的焊盘或过孔都强制添加泪滴，如果不选中这个项目，添加泪滴后，安全间距太小的焊盘就不添加。Create Report 栏目是创建报告，当选中这个栏目，添加泪滴后，自动显示一个有关泪滴添加资讯的文件。

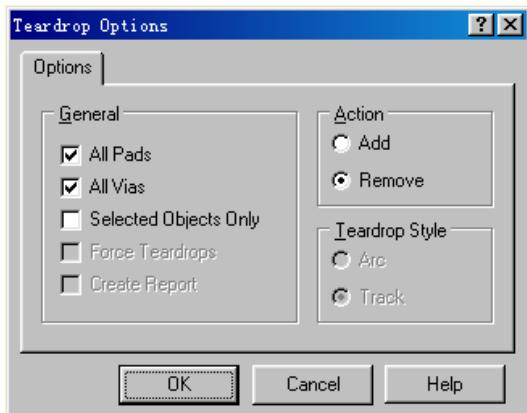


电路图 7.Pcb 所有的焊盘和过孔就添加了泪滴焊盘，这里显示电路图 7.Pcb 一个局部图，如图 12-1-2。



2、移去泪滴焊盘

执行菜单命令 Tools 工具/Teardrops 泪滴焊盘/Remove 删除，按图 12-1-3 设置，然后点 OK 按钮确认，就可以移去泪滴焊盘。其实，无论是执行添加泪滴焊盘的菜单命令还是执行添加泪滴焊盘的菜单命令，弹出的对话框是一样的。

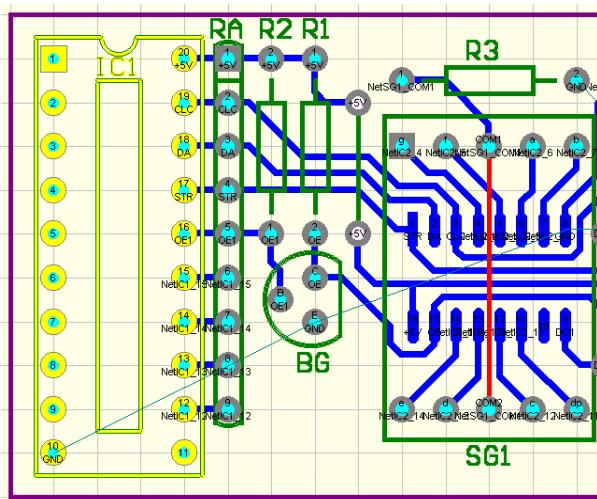


3、选择添加泪滴焊盘

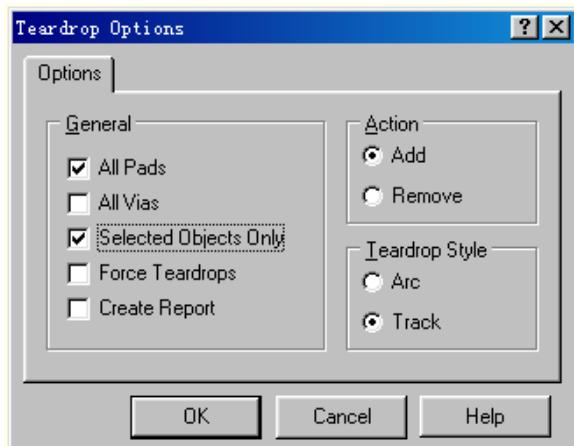
在多数情况下，选择添加泪滴焊盘是比较常用的，选择添加泪滴焊盘可以是选择某个或某几个元件，或者选择某个或某几个网络，选择的方法是选取元件或者网络，

(1)、指定选择元件添加泪滴焊盘

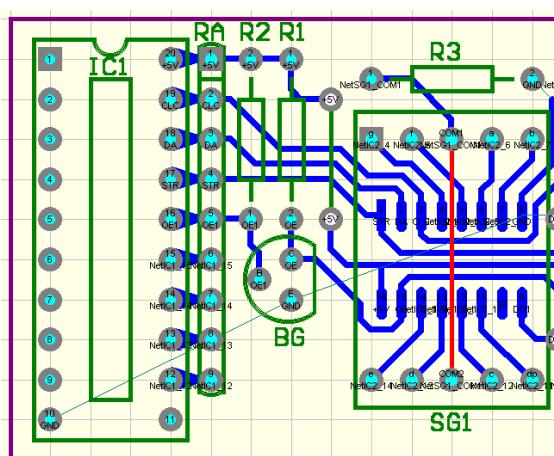
选取 IC1，如图 12-1-4，



设置泪滴焊盘对话框如图 12-1-5

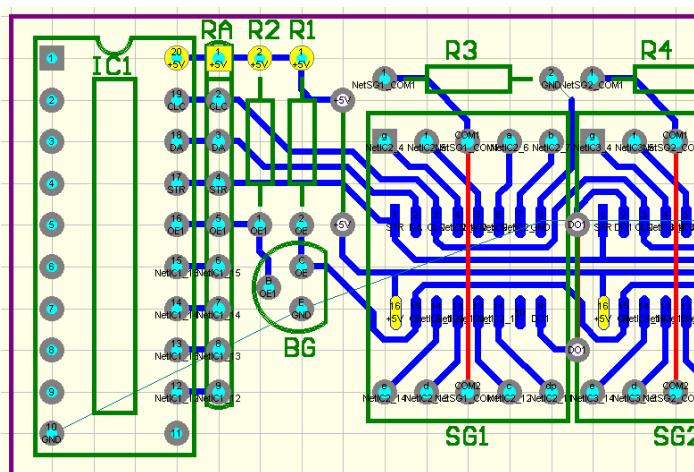


泪滴焊盘添加效果如图 12-1-6, 只有 IC1 添加了泪滴焊盘, 其它元件的焊盘没有添加。

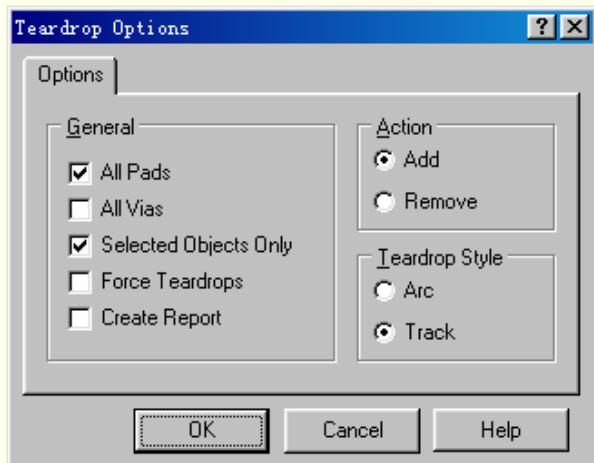


(2)、指定选择网络添加泪滴焊盘

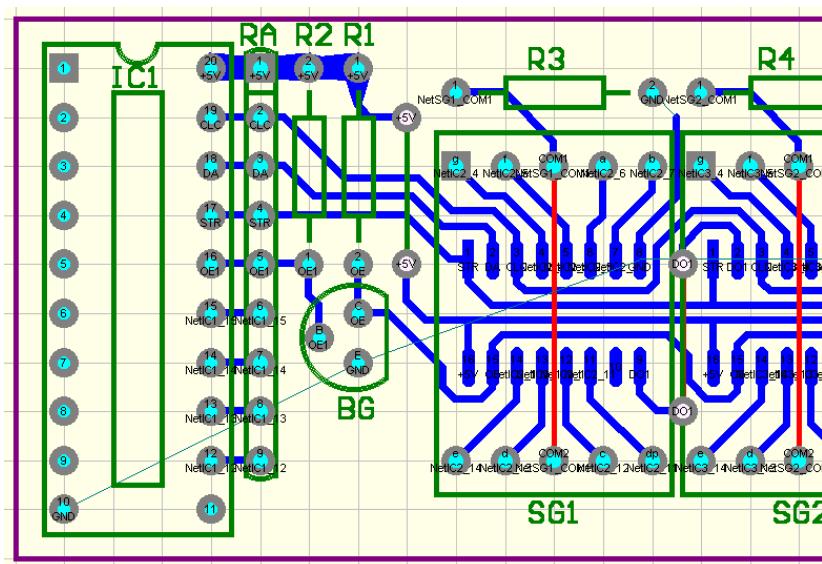
批量选取+5V 网络的焊盘, 如图 12-1-7



泪滴焊盘对话框按图 12-1-8 设置,



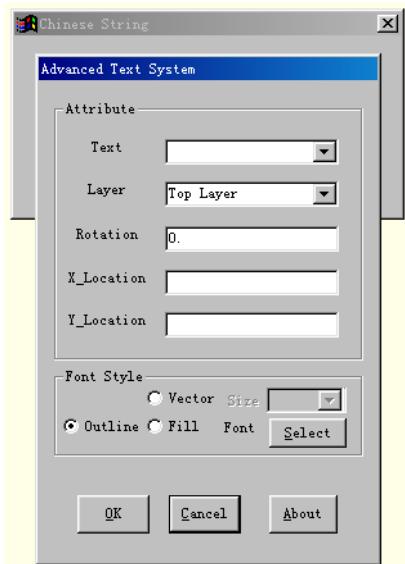
泪滴焊盘添加效果如图 12-1-9, 只有+5V 网络的焊盘添加泪滴, 其它网络的焊盘没有添加。



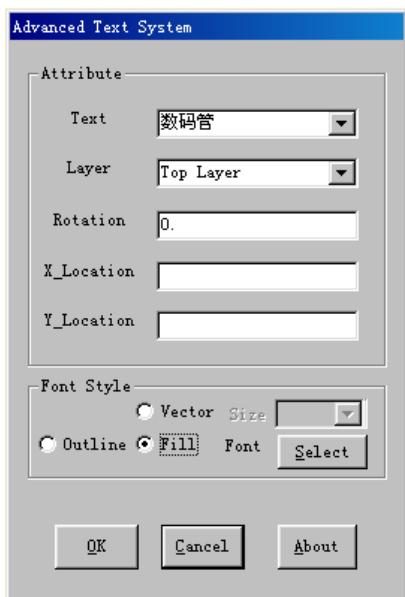
第二节：放置汉字

以往的印制板多数采用底片处理的方法制作汉字, Protel99SE 可以通过一个外挂的程序直接把汉字当成一个元件放置到 PCB 文件里, 这里介绍放置“数码管”三个字的操作方法:

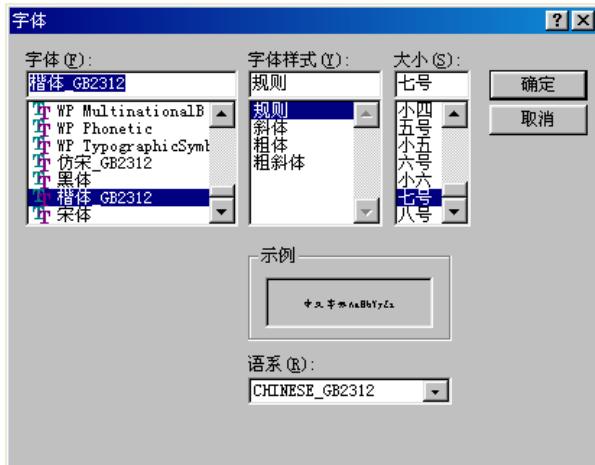
执行菜单命令 Place 放置/Chinese 汉字,弹出有关放置汉字的两个对话框,用鼠标选中后面的对话框,让后面的对话框显示在前面,如图 12-2-1。



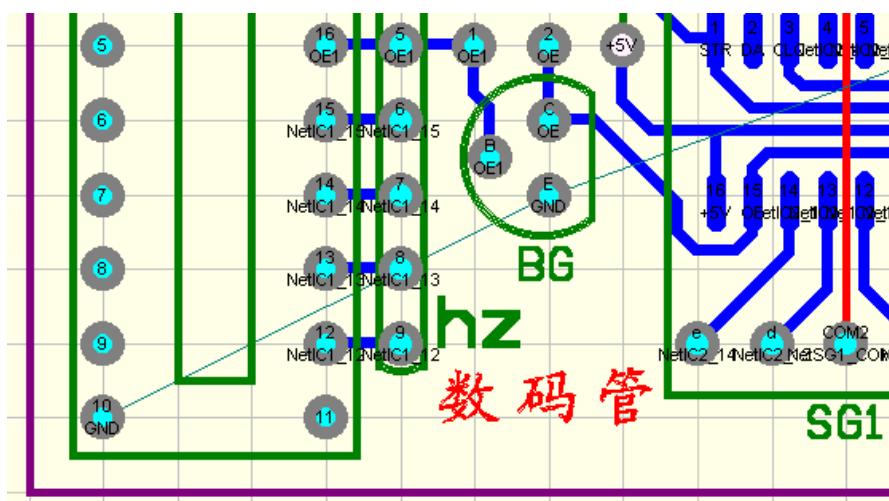
在这个对话框 Attribute 区块 Text 栏目输入“数码管”,如图 12-2-2, Attribute 区块的 Layer 栏目是层面选择, Font Style 区块是字体类型,其中,Vector 是矢量型、Outline 是轮廓型、Fill 是填充型,图 12-2-2 的设置是放置汉字“数码管”为顶层填充型汉字。



用鼠标点 Font Style 区块的 Select 按钮，弹出字体设置对话框，这个对话框的设置是放置七号楷体字体，如图 12-2-3。

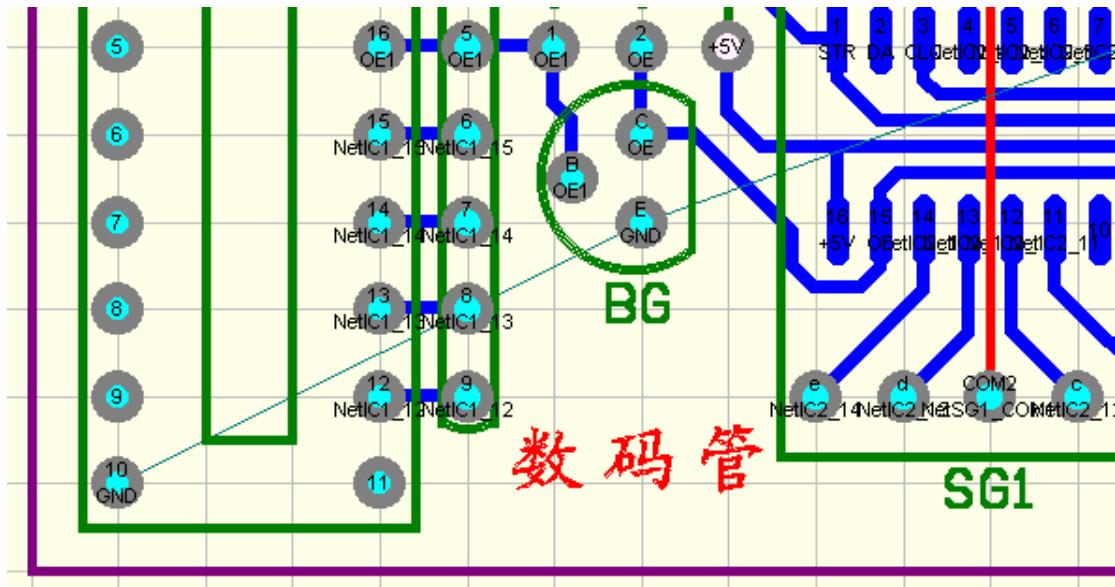


依次点三个对话框的确定和 OK 按钮，放置的汉字如图 12-2-4，“数码管”汉字实际上是编号为 hz 的一个元件，构成这三个汉字的线很多，移动汉字显得异常缓慢是正常的，最不理想的是，当原理图用同步器更新 PCB 的时候，汉字会被删除，在同步器里设置不删除元件，又无法保证原理图和 PCB 图的同步，比较好的方法是撤消元件组。

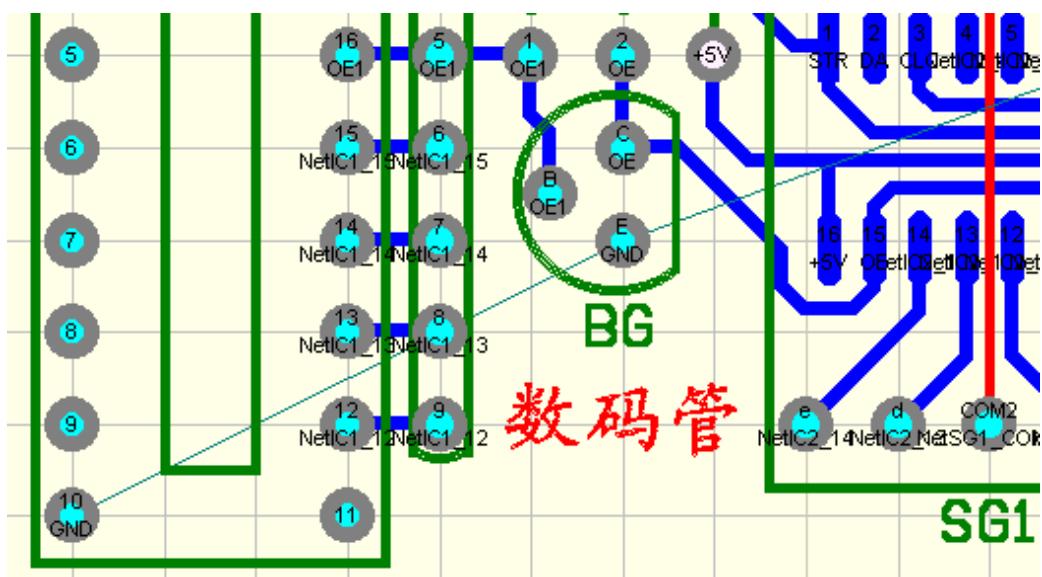


执行菜单命令 Tools 工具/Conver 转换/UnGroup Component 撤消元件组，用鼠标点“数码管”汉字，弹出的对话框选中

Yes，这时候“数码管”汉字就是线，而不是元件。在原理图用同步器更新PCB的时候，汉字不会被删除。如图12-2-5。

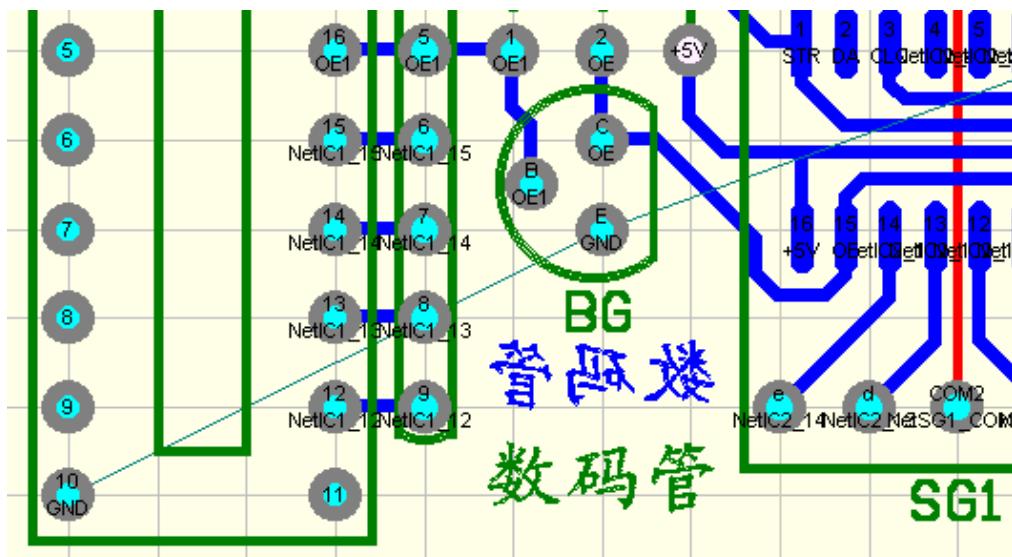


移动“数码管”汉字必须先选取，后移动，就是当成一堆线来处理，移动速度反而快些。还可以对汉字重新排列，如图12-2-6。



在放置汉字对话框里可以设置放置汉字的层面，但是，在实际绘图中，批量修改汉字层面更灵活。先复制汉字，选取后分别批量修改到顶层和丝印顶层，如图12-2-7，本书已经介

绍过，PCB图是成品电路板元件面的透视图，放置在底层的图汉字必须是反字，制作出的汉字才是正字，丝印顶层在元件面，当然是正字。在批量修改的时候发现，“数码管”三个汉字竟然由 1075 根线组成，移动时缓慢当然很正常，放置汉字后，PCB 文件增大也很正常。



本节介绍放置汉字的方法，操作虽然有些复杂，但是，这已经在 PCB 里最直接放置汉字的方法了。可惜填充型字体只限于楷体、黑体等几种字体，填充型字体相对粗糙一些，Windows 自带的字体和光盘上的字库只能放置为轮廓型，轮廓型字体相对细腻一些，如果特别喜欢某种字体，就只能手工填充，好在 PCB 图里不太可能有太多的汉字，手工填充轮廓型汉字也是一种可行的方法。

第三节：铺铜

铺铜，是指在绘制的 PCB 图中，把空余的没有铜薄走线

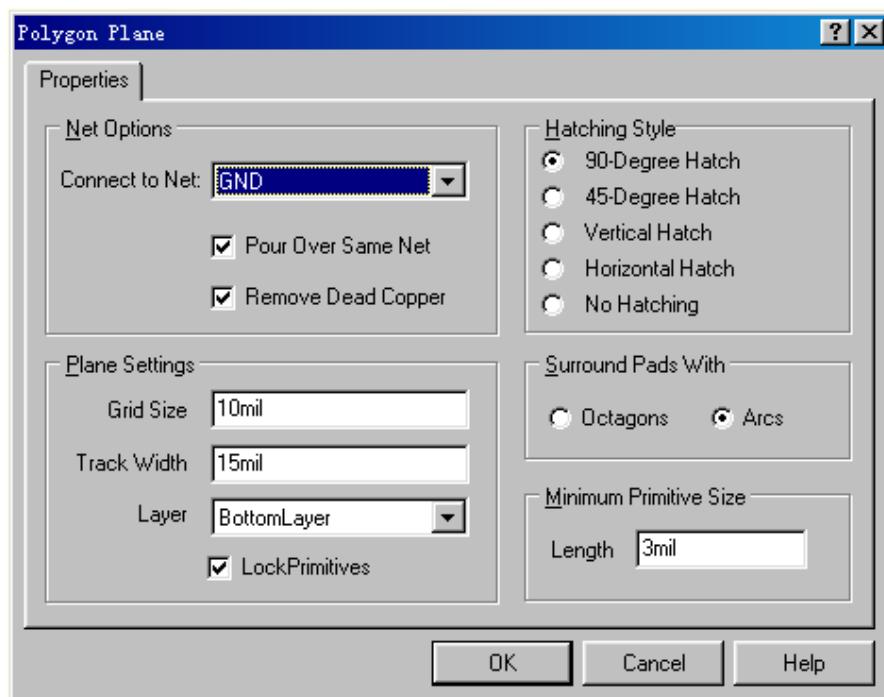
的部份用线全部铺满, 铺满部份的铜薄只和电路的一个网络连接, 多数情况是和 GND 网络连接, 并且铺铜和其它网络的铜薄走线保持一定的安全间距, 单面印制板铺铜, 可以提高电路的抗干扰能力, 经过铺铜处理后制作的印制板, 显得十分美观。铺铜的全名称是多边形铺铜, 铺铜也称敷铜和覆铜, “铺”、“敷”和“覆”都有把某个物拿上去盖住另一个物的含义, 最容易理解的是“铺”, 所以本书定义为铺铜。

1、铺铜的方法

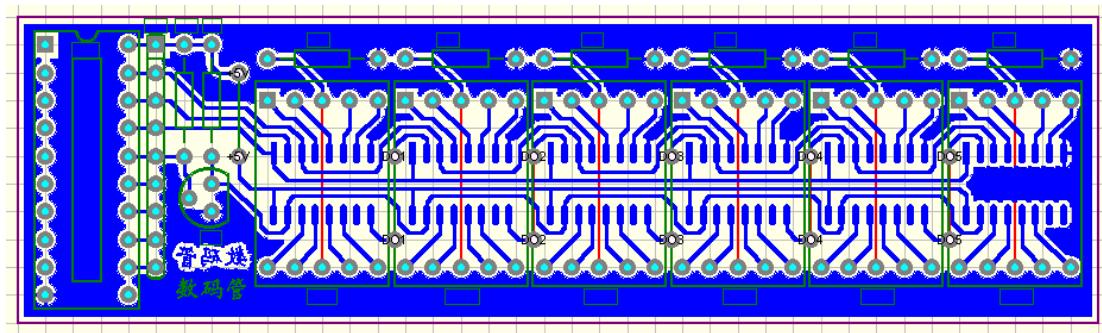
下面就以电路图 7.Pcb 为例, 介绍铺铜的方法:

在电路图 7.Pcb 里把鼠标移动网格设置为 100mil, 用鼠标点放置工具栏倒数第三项图标, 或者执行菜单命令 Place 放置 /Polygon Plane... 多边形覆铜, 弹出铺铜对话框, 如图 12-3-1, Net Options (网络选项) 区块的 Connect to Net (连接网络) 选择的是 GND 网络, 选中 Pour Over Same Net 项目是铺铜盖住连接的网络线, 相当于盖住 GND 网络的连线, 选中 Remove Dead Copper 是移去死铜, 死铜, 是指铺铜后产生的没有和任何网络连接的部分铜薄, Plane Settings 区块的 Grid Size 栏目输入的值是铺铜填充线两根线之间的线中心到线中心的距离, Track Width 栏目输入的值是铺铜填充线的宽度, 当 Grid Size 栏目输入的值大于 Track Width 栏目输入的值, 铺铜效果是网格状或栅格状铺铜, 当 Grid Size 栏目输入

的值小于 Track Width 栏目输入的值，铺铜效果是铺满铜，Layer 栏目选择的是底层，在铺铜之前，将工作层面设置为需要铺铜的工作层面，这个栏目就不必设置，Hatching Style 区块共有 5 个项目可选择，从上到下的含义是 90 度交叉填充、45 度交叉填充、垂直填充、水平填充和不填充，设置完毕后，点 OK 确认，这时候用鼠标指向 PCB 图的左上角禁止布线层的交叉处，点一下鼠标左键，就像放置禁止布线层用来定义印制板外形尺寸的线操作的一样，当又回到左上角时，点一下鼠标左键，再按一下鼠标右键，就完成了铺铜的操作，



按图 12-3-1 铺铜对话框设置的铺铜效果如图 12-3-2，发现铺铜速度很慢，是因为铺铜的层面放置了汉字的缘故，可以把汉字移动到别处，等绘制的 PCB 图确实没有错误之后，再把汉字移动回来，重新铺铜。

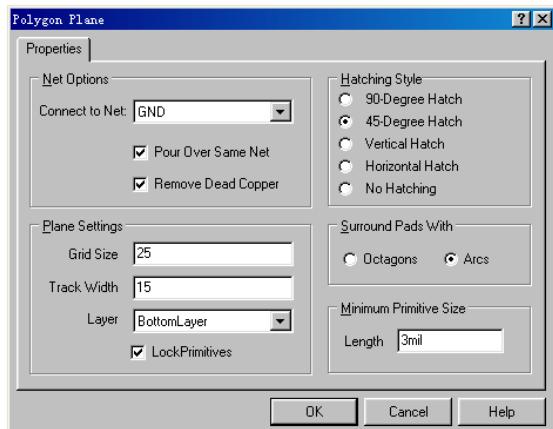


2、删除铺铜

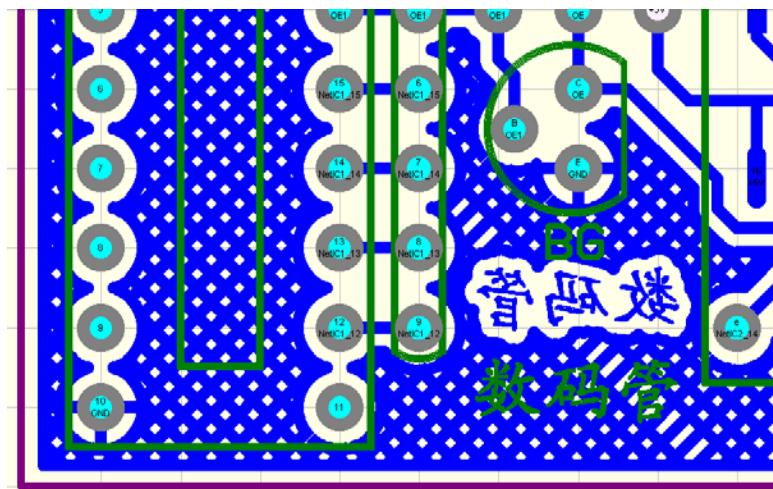
删除铺铜的方法是执行菜单命令 Edit/Delete，也可以执行快捷键 E+D（依次按键盘上的 E 键和 D 键），然后用鼠标点没有元件的铺铜部分，铺铜就立即删除。

3、修改铺铜

当需要对铺铜设置进行修改时，没有必要删除铺铜后再重新铺铜，可以用鼠标双击铺铜没有元件的部分，弹出铺铜设置对话框，重新设置之后用鼠标点 OK 按钮确认，弹出是否重新铺铜对话框，点 Yes 按钮，就重新铺铜，下面就双击铺铜没有元件的部分，弹出铺铜设置对话框，按图 12-3-3 设置，点 OK 按钮确认，



这时候的铺铜效果是 45 度交叉网状铺铜,如图 12-3-4,为了看清 45 度交叉网状铺铜效果,这里给出的是局部图,还发现,汉字对铺铜效果有影响。另外,据说波峰焊接会把铺满铜的电路板烤弯,网状铺铜就不会。



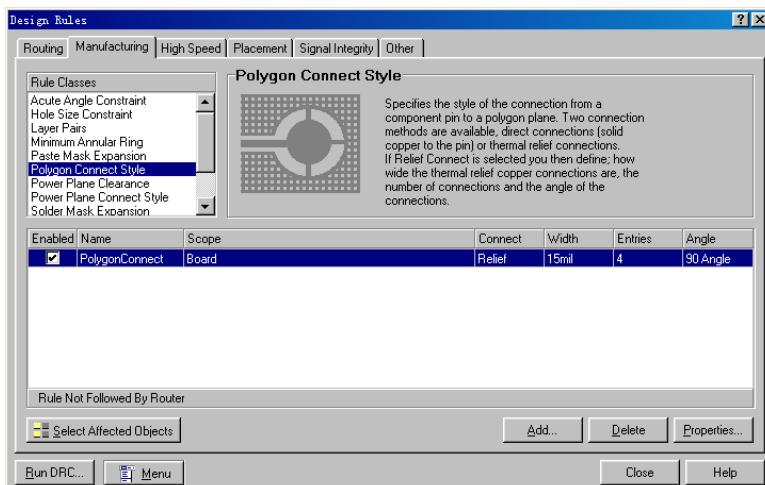
4、移动铺铜

凡是铺铜的电路板,铺铜越满越美观,这就需要对走线进行调整,调整走线带着铺铜很难调整,删除铺铜后再重新铺铜速度太慢,可以把铺铜移动到 PCB 图禁止布线层之外,移动铺铜的方法和移动元件的方法一样,用鼠标光标指向铺铜没有元件的部分,按住鼠标左键不放,鼠标光标会自动移动到放置铺铜的起始点,电路图 7.Pcb 放置铺铜是起始点是左上角,所以鼠标光标会自动移动到铺铜左上角,把铺铜移动到禁止布线层之外,松开鼠标左键,弹出是否重新铺铜对话框,点 No 按钮,更改走线后,用相同的方法把铺铜移动到原位置,弹出是否重新铺铜对话框,点 Yes 按钮,就重新

铺铜。

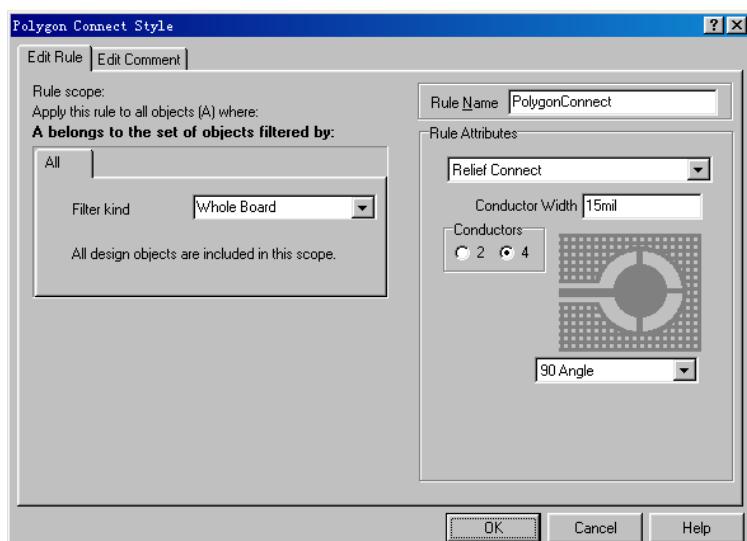
5、设置有关铺铜设计规则

有关铺铜设计规则有三项,一是安全间距,二是铺铜与网络的连接方式,三是铺铜类型。安全间距,在绘制 PCB 图时就已经设置了,铺铜与网络的连接方式有两种,一种是直接连接,就是铺铜把需要连接网络的焊盘盖住,另一种是间接连接,就是铺铜和需要连接网络的焊盘用线连接,执行鼠标右键/Rules... (规则),在弹出的设计规则对话框中用鼠标点 Manufacturing 页面,再用鼠标点 Rules Classes(规则种类)区块第五项规则的 Polygon Connect Style 就是铺铜连接方式,如图 12-3-5,



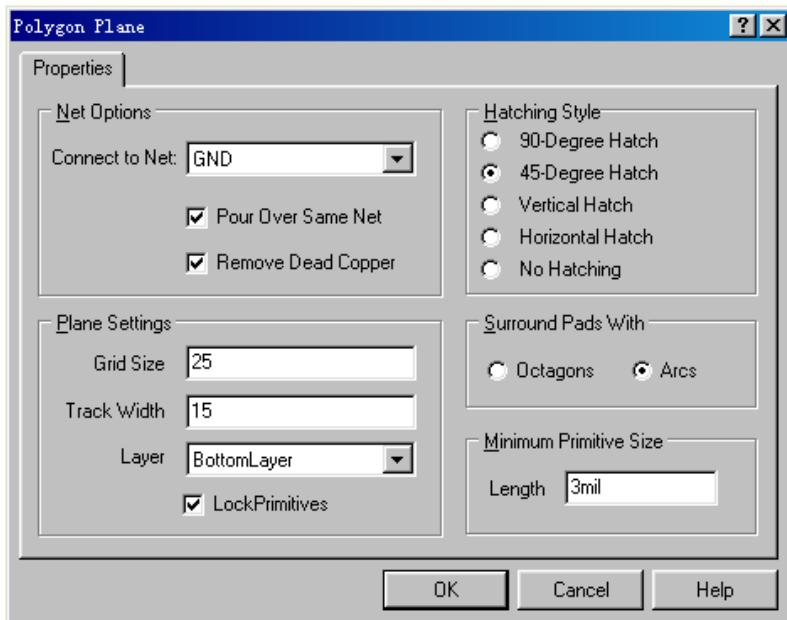
用鼠标点 Properties... (属性) 按钮,就进入连接方式设置对话框,按图 12-3-6 进行设置,图 12-3-6 中, Rule Attributes 区块的连接方式是 Relief Connect (间接连接),还有一种连接方式是 Direct Connect (直接连接), Conductors Width 栏目

的 20mil 是指间接连接的线宽，Conductors 区块选择 4，是指间接连接的连线数目最多为 4 根线，综合电子论坛上的一位网友把间接连接说成“花盘”，还是比较形象的，连接方式设置对话框最下面的一个下拉箭头，有两项选择，用“花盘”比喻就是 90 度“花盘”和 45 度“花盘”选择。设置完毕后点 OK 按钮返回到设计规则对话框，点 Close 按钮返回。重新铺铜后，就可以看到重新设置后的铺铜效果。



铺铜类型实际上就是填充类型，对 PCB 图铺铜是先用线、和弧线勾画出铺铜轮廓，再用线填充，填充的类型有 5 种，不同的填充类型产生不同的铺铜效果，填充类型在铺铜对话框里设置，上面已经简单介绍了铺铜类型，这里再详细介绍：

如图 12-3-3，Hatching Style 区块共有 5 个项目可选择，从上到下的含义是 90 度交叉填充、45 度交叉填充、垂直填充、水平填充和不填充。



从实际铺铜效果来看，90 度交叉填充和 45 度交叉填充的效果最好，但是，产生的 PCB 文件太大；垂直填充和水平填充产生的 PCB 文件不大，有时却会有铺铜铺漏的情况，当有汉字存在时，这种情况时有发生，读者可根据实际需要，自行设置铺铜类型。