

如何使用 微机设计印刷电路

程翠香 刘映杰 编写

费 丽 审校



HopeCAD Drawing II 数字化仪
HopeCAD Drawing II Digitizer.

awingBoard
USERS GUIDE
HOPECAD

如何使用微机设计印刷电路

程翠香 刘映杰 编写

费 丽 审校

北京希望电脑公司

内 容 摘 要

本书利用 IBM PC 或其兼容机来说明与设计和制造印刷电路板有关的事项。该书旨在满足工程技术人员以及业余爱好者的需要。它解答了有关在 PC 机上使用电路设计和印刷电路板布局图的最重要的问题, 还包括如何购买这些软件以及以 PC 为基础的各种电路设计软件的合理使用。

需要本书的用户可直接与北京 8721 信箱联系

邮码 100080, 电话 2562329

* * * * *

如何使用微机设计印刷电路

程翠香 刘映杰 编写

费 丽 审校

* * * * *

京准印字: 3061 — 90061

内部成本: 8.50 元

前 言

与许多工程和制造学科一样，印刷电路板设计者们发现 PC 机或专用 CAD 工作站是替代传统手工绘图的一种经济的方法。最新一代的印刷电路软件包既经济又灵活，使设计者以最少的付出得到最有的效益。如何教用户最大效地选择和合理使用这些软件就是本书的目的。

本书专门利用 IBM PC 或其兼容机来说明与设计和制造印刷电路板有关的事项。该书旨在满足工程技术人员以及业余爱好者的需要。它解答了有关在 PC 机上使用电路设计和印刷电路板布局图的最重要的问题，还包括如何购买这些软件以及以 PC 为基础的电路设计软件的合理使用。

本书的安排是这样的：读了前两章后，读者就可以设计出一个电路板。本书分作两部分：第一部分谈有关印刷电路板制造方面的情况，从原理图设计到最后的 PCB 板；第二部分是关系目前市场上的原理图设计程序和 PCB 布局程序，尤其强调用户需求。

第一章是对印刷电路设计过程的综合描述。基本上说，是定义了 PCB 电路板设计的概念和软件如何完成不同的任务，来制作最终产品。

第二章是描述原理图设计。除了定义原理图设计术语，本书还告诉用户怎样挑选和使用原理图设计软件。

第三章和第四章是讨论如何利用电路仿真软件来验证用户设计的电路。

第五章讨论如何将原理图设计网络目录文件变成印刷电路板布局图。本章对如何选择和合理使用 PCB 布局软件作了详细的说明。

第六章是对本书后半部分的介绍，在这里我们将看到 28 种常用的电路设计程序。所评价的软件包括原理图设计程序，PCB 布局程序，程序接口及自动布线程序。

第七章到第十七章是对这些软件包的实际评价。这些章节是按制造厂家来划分的，每章包含有被制造厂家出售的原理图设计程序和 PCB 布局软件两者的信息。

第十八章给用户提供了非常有价值的 PC 机硬件信息。在寻找用于以 PC 机为基础的电路设计软件的计算机时，这些信息有助于用户作出明智的决策。在许多章节中还讨论了监控器，扩展存储器，和 CPU 的速度。

最后是附录表，列出了所有软件的特性和价格。书的最后是原理图设计和印刷电路板布局图所用术语的词汇表和索引。

本书包括了基于 PC 机的印刷电路板设计和制造所需的各个方面。不管你是新用户还是老用户，它都将帮助你成为一个印刷电路板的设计专家。

目 录

第一章 印刷电路板制造	1
1.1 制作印刷电路板	2
1.2 线路设计	2
1.3 原理图设计	3
1.4 检查线路错误	3
1.5 电路设计验证	4
1.6 设计印刷电路板	4
1.7 印刷电路板线路验证	5
1.8 准备电路板制板图	6
1.9 制作印刷电路板	7
1.10 试验印刷电路板	8
第二章 原理图设计	9
2.1 CAD 变形	10
2.2 用微机设计印刷电路板	10
2.3 元件库	11
2.4 绘图特性	11
2.5 编辑特性	13
2.6 网络目录文件	15
2.7 打印或绘图	17
第三章 用 SPICE 进行电路模拟仿真	18
3.1 电路仿真	18
3.2 网络目录	19
3.3 SPICE	19
3.4 通过实例理解 SPICE	20
3.5 电路分析和仿真	21
3.6 元器件模型化	24
3.7 分支电路	25
3.8 数字模型化	27
3.9 SPICE 模型的获得	27
3.10 绘制 SPICE 输出图	28
3.11 选择 SPICE 程序	30
第四章 用 SUSIE 进行数字仿真	31
4.1 SUSIE 4.6	31
4.2 通过实例理解 SUSIE 4.6	31
4.3 写 SUSIE 4.6 的网格目录	32

4.4	用 SUSIE 修改电路	35
4.5	高级 SUSIE 4.6 特性	37
4.6	SUSIE 6.0	38
4.7	一个 SUSIE 6.0 实例	38
4.8	写 SUSIE 6.0 网络目录	39
4.9	用 SUSIE 6.0 修改电路	44
4.10	高级 SUSIE 6.0 特性	44
第五章	印刷电路板布局	46
5.1	网络目录	46
5.2	元件库	47
5.3	定义面板	47
5.4	元件布置	48
5.6	布件编辑	53
5.7	布线	54
5.8	rip-up 布线程序	55
5.9	布线编辑	55
5.10	设计规则检查	56
5.11	PCB 制板图和输出文件	57
第六章	电路设计软件评价	58
6.1	全集成系统软件	59
6.2	原理图设计软件	59
6.3	PCB 布件图软件	60
第七章	DC / CAD 设计评估	62
7.1	原理图设计	62
7.2	PCB 布件图	63
第八章	EE Designer III, Visionics Corp.	66
8.1	原理图设计	66
8.2	PCB 布局图	67
第九章	HiWIRE II, Wintek corp.	71
9.1	原理图设计	71
9.2	PCB 布局图	72
第十章	OrCAD, OrCAD 系统	75
10.1	OrCAD / STD III	75
10.2	OrCAD / PCB II	78
第十一章	Labcenter 电子公司的 ISIS Supersketch 和 PCB II	80
11.1	原理图设计	80
11.2	PCB 布局图	82
第十二章	SuperCAD, PCBoards 和 PCRoute	84
12.1	Mental Automation 公司的 SuperCAD	84

12.2	PCBoards 公司的 PCBoards	85
第十三章	ProCAD, 交互 CAD 系统	88
13.1	原理图设计	88
13.2	PCB 布局图	90
13.3	高级 ProCAD 特性	91
第十四章	Protel, Protel Technology	91
14.1	Protel-Schematic	91
14.2	Protel-Autotrax	94
14.3	Protel-Easytrax	96
第十五章	Shema, Omaton	99
15.1	Shema III	99
15.2	Shema-Quick	100
15.3	Shema-PCB 布局图	102
第十六章	Tango, ACCEL Technologies	105
16.1	Tango-Schematic Series II	105
16.2	Tango-PCB Plus	107
第十七章	CapFast, FutureNet-5 和 PADS-PCB:	
	A La Carte Software Combinations	110
17.1	Phase Three Logic 的 CapFast	110
17.2	Data I/O 的 FutureNet-5	112
17.3	CAD Software 的 PADS-PCB	114
第十八章	硬件要求	117
18.1	图表显示	117
18.2	super-VGA	117
18.2	图表协处理器板	118
18.3	监控器	120
18.4	选择合适的 PC 机	123

第一章 印刷电路板制造

印刷电路板是电子工业的支柱。没有它，许多现有电子设备将是无法制造的——最明显的是个人计算机。

在本世纪五十年代印刷电路板发明之前，电子设备都是手工利用机械接线柱装配分立元件，接着用绝缘铜线将该接线柱连接起来，再将绝缘电线束成捆。这种工序即慢且易出错，所以不适用于大规模生产。

印刷电路通过提供严格的基板以供装配元件，和提供铜轨迹电路以便连接各个元件，从而克服了上述机械工艺的缺点。印刷电路板具有各种不同的形状和大小，从计算机、电视机到玩具，几乎在所有的电子产品中都可以发现印刷电路板。

一般来讲，印刷电路板是一个单面或双面都包有一层铜皮的绝缘板（通常是玻璃纤维）。利用摄影或机械的模板，一部分铜皮将被有选择地去掉以形成电路，用以将电路各部分连接起来——这就是“印刷电路板”名字的由来，该工序快速，且不易出错，适合于大规模产生。

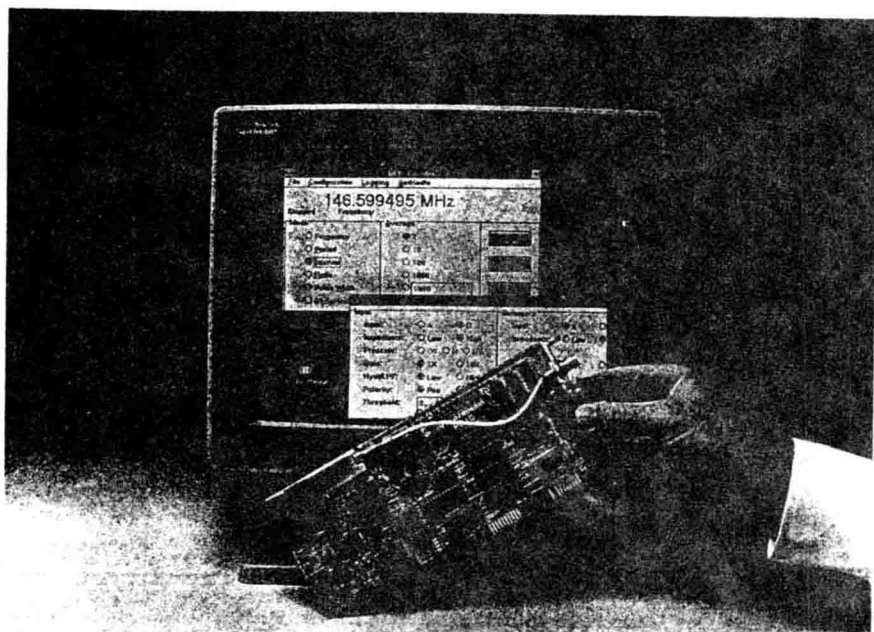


图 1-1 印刷电路板

1.1 制作印刷电路板

印刷电路板的设计和制造是科学与技巧的有机结合。说它需要技巧，是因为在初始设计时就需要洞察力和想象力；说它是科学的，是因为它依次严格地由十二个步骤构成，这十二个步骤分别如下：

1. 设计线路
2. 设计原理图
3. 对原理图查错
4. 验证电路设计
5. 确定电路板的大小和形状
6. 为集成块（IC）分配门电路
7. 电路板上器件布置
8. 布置板上连接轨迹线
9. 检查板上连线错误
10. 绘制印制板图以制板
11. 制板
12. 电路板试验和查错

虽然设计步骤永远相同，但完成每一步的工作方法却不只一种，而方法的选择却有赖于用户所要设计出的电路板的类型、制造工艺上的制约、时间及成本，而且，以后各步的设计也许会要求用户返回到前面的步骤，以对电路或板作某些改动。

下面是对一步步制作电路板程序的简明综述，即使用户熟悉印刷电路板的设计，我们还是劝用户浏览一下这一章，因为它将介绍一些也许对用户来说是全新的术语和概念，这些术语和概念是自动设计过程所需要的，以后各章将详细介绍各步内容。

1.2 线路设计

将电路设计作为制作印刷电路板的节一步来讨论似乎还是老一套，但在这一步里所作出的决定对最终产品的价值有深远的影响。选择错误的器件类型和工业现实的印刷电路板布局将使电路板的制造太费时间或代价太高，以致于使该产品不可能进入市场。

虽经有过一段时间设计工程师须证明电路是能工作的，然后就将使该设计转变为可销售产品的工作移给他人。通常是最初的设计者从不知道其设计产品是否进入市场——或者是为什么成功或失败。

但是，在今天这个快速发展的社会里，产品设计者们的工作不再是这样了。每天都有新产品被构思和进入市场，而这使已经拥挤的市场竞争更加激烈。解决办法是给电路设计者提供将构想变成最终产品所需的工具和知识，以减少修改印刷电路板的次数，缩短生产周期。个人计算机将原理图设计和印刷电路板制板图的绘制合并在一个软件包里，从而给工程技术人员以很大的方便和帮助。

1.3 原理图设计

印刷电路设计的第二步是原理图设计。因为没有原理图就无法评价一个线路的优劣，而且它可以减少修改印刷电路所需的次数。在电路设计阶段使设计者使用原理图设计软件，以代替在纸上涂写符号，因而消除了绘图员重新绘制原理图所花费的时间，这必然带来较快的设计节奏和较少的设计错误。

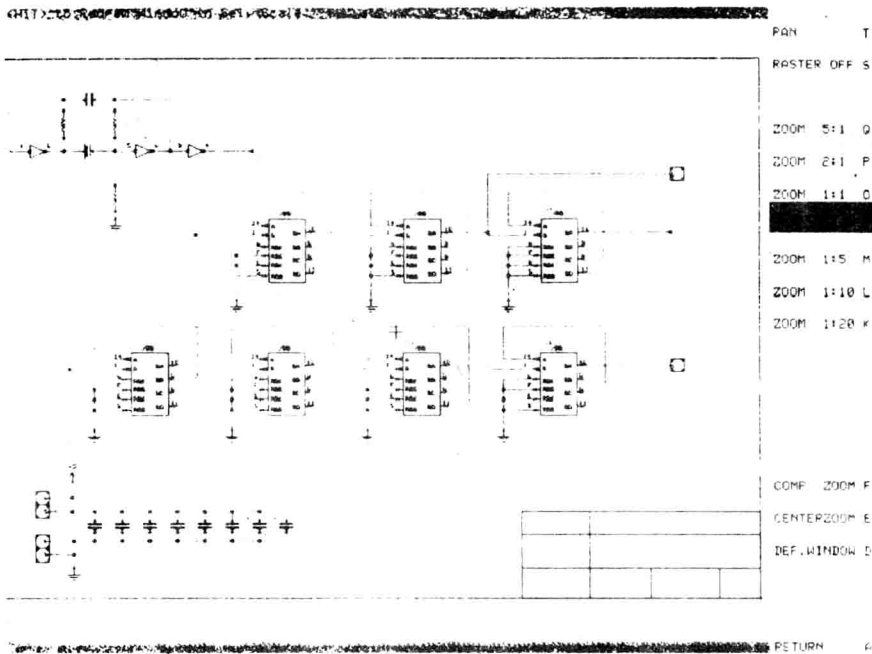


图 1-2 原理图绘制和显示

用贮存在元件库里的标准符号在 CRT 屏幕上显示原理图，设计者从库菜单中选择所需要的元件，再在屏幕上通过鼠标器或别的输入设计定位，连接各元件的线路也由鼠标器定位，并在屏幕上以线条显示。

原理图的变更可以很容易地通过屏幕编辑来实现，元件和连接可以增加、删除和移动。当要移动已有线路与之相连的部分时，编辑程序将不得不将其连接部分一起移动，这样才不致破坏电路。一个完整的原理图可以用打印机或绘图仪绘制出来。

1.4 检查线路错误

原理图设计软件不只是绘制漂亮的图形，许多设计软件还可以检查线路错误，例如无去向线路、短路输出、浮动输入、总线争用。一般来讲，查错是用设计软件包中的一个分

离的实用软件程序在计算机内部进行的。

1.5 电路设计验证

电路设计验证可以说是印制板设计过程中最重要的一个环节，因为它可以在变成硬件线路之前将那些经过实验才能检查出来的设计上的问题检查出来。从原理图要预测相移和时滞几乎是不可能的，象这样的问题通常只有在建立电路后才能发现。

多谢 PC 机的帮助，使用软件而不是用硬件建立电路成为可能，这样就消除了这一在设计过程中费时的和高代价的步骤，这一过程叫“电路仿真”，它分为模拟仿真和数字仿真。

电路仿真所需信息以网络目录形式来自原理图设计程序。网络目录包括电路中所有元件的名单及其相互间的关系，电路仿真软件读网络目录后，从器件库中调出指定元件，进而在 PC 机 RAM 区中建立电路，再通过复杂的算法分析电路性能。

分析结果可以用多种方式显示，其中图形显示最流行。对模拟仿真来说，图形可以显示模拟参数中的位移、相移、假振荡的结果。数字图形一般只限于定时图、假信号加逻辑非法警告。有些电路仿真程序可以使用户在仿真屏幕上对电路改动，而另一些则需要用户修改原来的原理图文件，为再仿真生成一个修改后的网络目录。

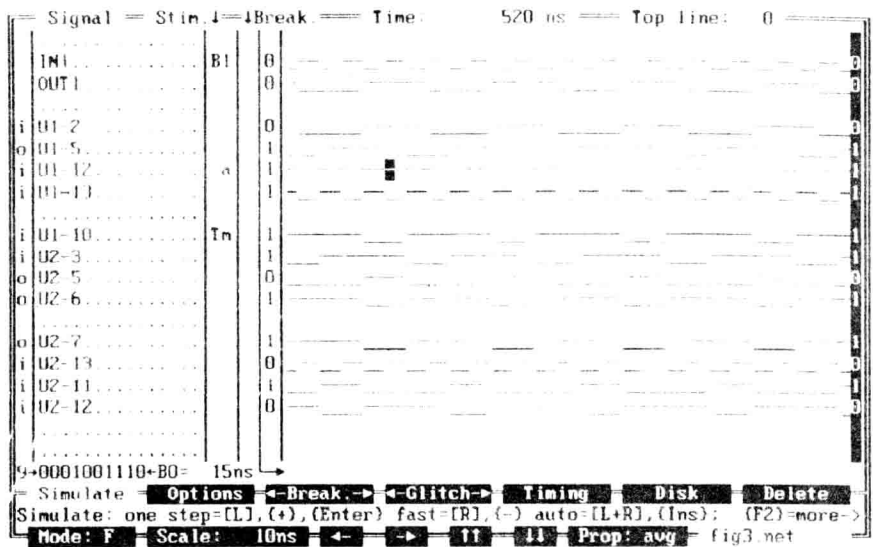


图 1-3 电路仿真

1.6 设计印刷电路板

顺利地完电路仿真标志着从电路设计到印刷电路板的过渡。到目前为止投入到设计中的设计构思，将决定为使其变为实际的硬件而须付出的努力。

在单独运行时以下四个目录，是互相紧密交织的，一个步骤中的变动通常将引起其他三步的变动。它们协调一致，相互作用。

第一步：确定印刷电路板的实际尺寸和形状，最后电路板的实际大小将确定它所能装配的最多元器件数，而且必须与设计网络目录中的元器件数相符，在这一步里必须确定固定部分如连接器和开关的布局。

第二步：给包含多个门电路的元器件分配门电路。通常，门电路被分配给电路中的元器件，使连线的长度尽量小，以避免时滞问题。

第三步：分配门电路，即元器件的布局。这一步是将元器件布置在板上以便形成最简单的相互连接方式，但在印刷电路板设计中，两点之间的最短距离不一定是直线，而门电路分配的变化可能会产生一个较简单的布局。

第四步：元器件间相互连接的铜轨迹线布局。该布局是通过软件自动布线和人工调整相结合实现。在非常复杂的设计中，如果用户发现自己陷入困境是毫不奇怪的，这时用户需要在以上一个步骤或几个步骤中再作变动。

1.7 印刷电路板线路验证

在确信设计的器件布局和布线是最优的情况下，电路板作为一个整体将被检验。这一工作由一个设计规则连续性检验程序完成，它检查是否有短路、断路，及因相互靠得太近而不能在配装线上绘制的线路。

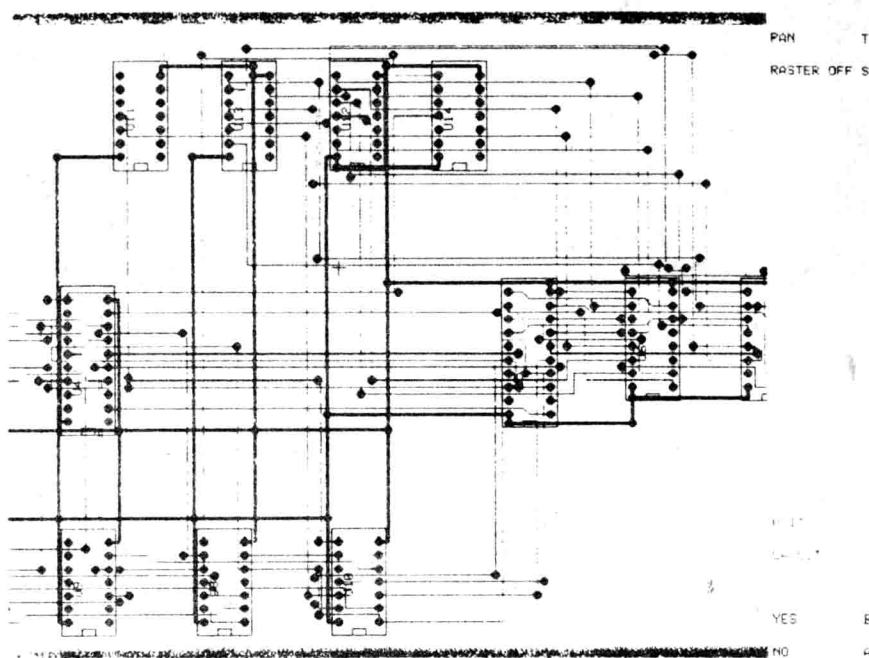


图 1-4 PCB 布局软件替代传统方法绘制印刷电路板布局图

1.8 准备电路板制板图

现在印刷电路已为制造作好了准备，但首先还得准备制板图，制作电路板所需的器械类型依赖于相应的制造工艺。

最常用的方法是照相显影，即用光敏曝光将印刷电路布局转移到电路板上，这与从底板上复印相片相同。被称为“掩膜”的印刷电路底片将用机械笔绘图仪或照相绘图仪复印到坚固的、干净的塑料基板上。

印刷电路布局以网络目录的形式装在软件中，输出网络目录有多种格式，对某一个用户来说，适当的格式将取决于所驱动绘图仪的类型。如果印刷电路没有适合于所用绘图仪的网络目录格式，可以利用一个转换程序软件将网络目录转换成适合的格式。

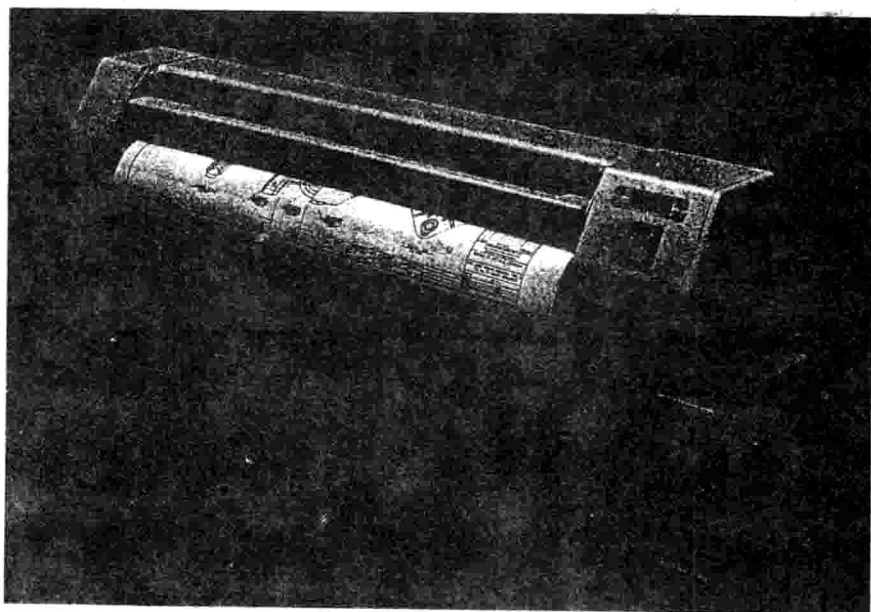


图 1-5 用绘图仪绘制原理图与印刷电路布局图

许多电子设备制造商倾向于由厂外的印刷板服务部门完成这一工作，许多服务部门在 Gerber 格式下用照相绘图仪读网络目录，实际上所有以 PC 机为基础的电路设计软件都支持 Gerber 输出文件格式，Gerber 视图分辨程序和编辑程序在电路设计软件中变得更加普通，它们能使用户通过一个 Gerber 文件看到在电路板上照相绘图时线条和孔是如何出现的，Gerber 编辑程序可以使用户在送交服务部门之前对 Gerber 文件作变动。

1.9 制作印刷电路板

接下来一步就是将制板图转变成最终的电路板产品，那层丝网透明画或 Gerber 文件第一步被转移到照相底片上，底片就成为唯一的被用来制造印刷电路板的东西。

带有铜皮的板被覆盖上一层光敏保护膜，干燥后，将掩膜置于敏代板上，在强紫外线下定时曝光一定时间。对双层板来说，在下一步工序之前必须将两面都曝光，板上的定位孔和掩膜将制板图在曝光过程中定位。

在紫外线下曝光使光敏保护膜变得更坚硬，并进行化学腐蚀。接下来板置于一种化学溶液中，如三氯化铁，去掉因掩膜而没有曝光变硬的部分，结果就形成一块带有铜轨迹的、与照相掩膜一致的电路板，请洗电路板，为下一步工序作好准备。

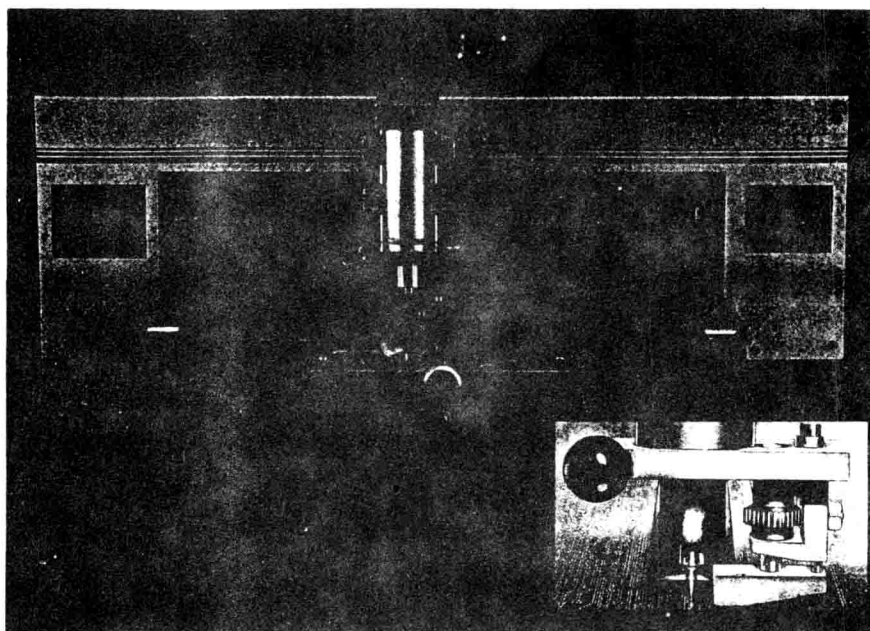


图 1-6 用机械方法制作印刷电路板

如果不用化学方法，还可以用一个小型的研磨工具用机械方法将多余的铜皮部分除掉，如图 1-6 所示，所使用的是沿边缘研磨技术。电路板正是很窄的铜轨迹导线，而是刻出没有铜皮的标准绝缘窄通道，用这些绝缘通道将如今变为轨迹的导体材料隔开。这种办法的优点是原型机和少量的印刷电路板可以在短时间内生产出来，而且费用少。缺点是并不是轨迹间的所有多余的铜皮都被去掉，而是仅仅能够刻出绝缘通道，剩余铜皮会影响高频线路的性能。

接着在印刷电路板上打孔，以插入元件的管脚。通常是用一张孔图手工打孔。孔图将

很清楚地表明在印刷电路板上每一个孔的位置和大小，孔的大小可以用符号在孔图上定义，或用一张单独的图表明。

也可以根据程控指令用机器打孔，过去是用穿孔带将指令装入打孔机。现代化的方法则是将指令放到一个 Excellon N/C 打孔文件里。该文件包括从一参考点到孔的距离和孔的大小，通常还要在孔壁镀一层电金属，如金，以使板的前后面相通。

1.10 试验印刷电路板

装配前的最后一步是试验印刷电路板是否工作正常，如果不正常，决定采取什么办法解决问题，试验电路板的方法可以有多种，最普通的一种是在显微镜下用眼检查，这里质检工程师可以看出断线、打孔毛刺、未被去掉的铜皮，以及其他阻碍电路板正常工作的因素。通电试验也是可能的，但搭试验电路太复杂，所以通常只限于大量生产的电路板。

现在可以对电路板进行装配和焊接。注意除了上述最后一步——电路试验——计算机是每一步工作中非常有用的工具。计算机的辅助不仅使一个人有可能完成从印刷电路板的设计到制造的整个完整的过程，而且计算机还保留一个整个设计过程的记录，以使在设计失败或想进行改进时有据可查。

第二章 原理图设计

一旦电路设计结束，下一步就是将那些小黑匣用原理设计程序转换成硬件元器件，如半导体器件和电阻。

原理图设计是非常关键的一步，因为它代表着从设计构思到硬件过渡的第一阶段——虽然还是图纸上的。在这里用户将发现，要使那些黑匣子工作起来，所需的不仅仅是想象。象电源、半导体器件类型及在设计阶段想当然的参数一下子变得真实起来，需要认真对待。

但是，传统的绘制源理图的方法既费时又容易出错。幸运的是，用户现在可以仅用 99 美元就可以让计算机绘图。原理图绘制程序大大地减少了绘图时间和绘图错误，而且原理图设计程序生成的网络目录在以后直到完成印刷电路板的各个设计步骤中都将用到。因此，为了不使这一阶段的错误一直延续到最终产品，原理图设计阶段是非常重要的。幸亏在原理图设计软件中建有成熟的设计查错程序，使用户可以查出这一阶段的错误，并加以更正。

这一章将概述原理图设计软件，解释该软件如何工作，及每个程序有何特性。

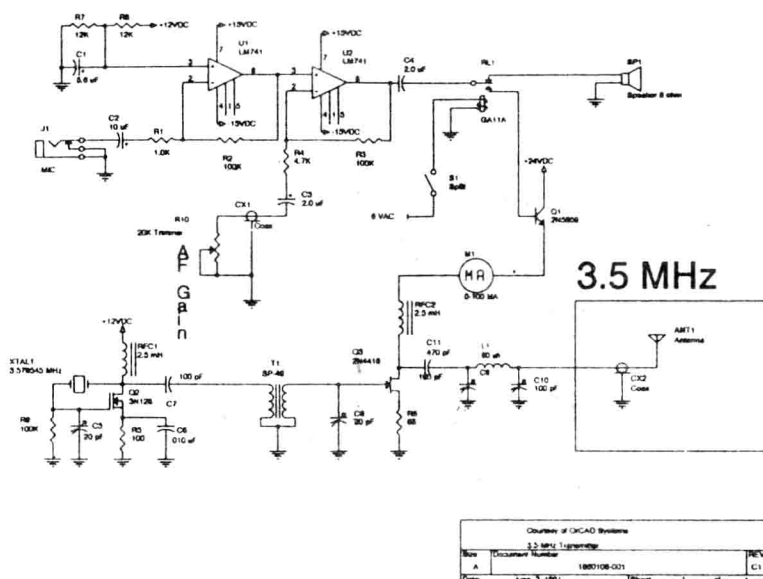


图 2-1 用原理图设计程序设计高质量的原理图

2.1 CAD 变形

原理图设计程序是多年来在 CAD 程序的基础上,为特定目的发展而成的绘图应用程序。最初用于提供支持原理图设计程序的 PC 程序是 EnerGraphics,一个具有绘图功能的商业图绘制程序。和 Generic CADD 也可以得到特殊的库程序块,以使用户能用 CAD 绘制原理设计图,这些最初的程序后来发展成为我们今天拥有的类似于 CAD 的原理图设计程序。

是元件库使该原理图设计程序不同于普通用途的绘图程序如。元件库只是用 CAD 程序的核心部分创建的,并且作为一个程序块存储的一组符号的集合,当需要一个元件时,就可以从元件库中调出来,而不从零开始。

原理设计程序在屏幕上放置和操作目标的方法也不同。不象多性能 CAD 程序,许多原理图设计程序的功能只限于与生成原理图有关的部分,例如没有填补、伸展、元件尺寸变化功能。提供的一二种线条一般是预先定义好的,用户没有创作余地。

原理图软件拥有 CAD 的正常编辑功能,例如移动和删除,但它们只用于编辑原理图。附带说明,有些特殊的编辑特性如总线管理和器件类型的全局替换,是标准 CAD 程序所没有的。

原理图设计程序还生成原理图元器件的硬件明细单一一操作网络目录。这些网络目录用于电路仿真和印刷电路板设计程序,将电路设计工序从原理图屏幕扩展到最终印刷电路板。网络目录在制作印刷电路板时非常重要,在本章的后面将详细讨论。

2.2 用微机设计印刷电路板

除少数例外,原理图设计程序所需硬件资源与其他绘图程序如 CAD 程序一样。

最重要的是一个高分辨率的显示屏幕。屏幕分辨率以象点计算,象点增加,则分辨率也增加。IBM 的 EGA 和 VGA 显示模式都是应用原理图设计程序的良好选择。VGA 以较低的价格和较高的分辨率略胜 EGA 一筹,而且,许多 VAG 适配器也支持 800×600 的屏幕。这种屏幕高出 VGA35% 的分辨率,但是用高分辨率屏幕需要一个 multisync 监控器,原理图设计程序也必须提供特殊的软件驱动器。

屏幕颜色也是非常重要的,因为原理图设计程序对可得到的颜色将作广泛的利用。元件用一种颜色,连线用一种颜色,名词术语用另一种。用不同颜色表示线路的不同部分,作变动时易于选择不同的编辑功能。一般来讲,在显示色彩上花的钱是值得的。

原理图设计程序需要很大的硬件空间,程序本身,库程序和用户所编的原理图程序一起起码需要 1MB 到 10MB 的空间。

因为原理图设计程序运行时运用精确的数据,所以在 PC 机中装有数字协处理器芯片对程序运行是非常有益的。一般来说,数字协处理器在一般情况下可以使程序运行速度增加至少两倍,在作屏幕绘图时可提高十倍之多,但在原理图设计程序或印刷电路板程序不能从数字协处理器获益时,情况并非如上所述。