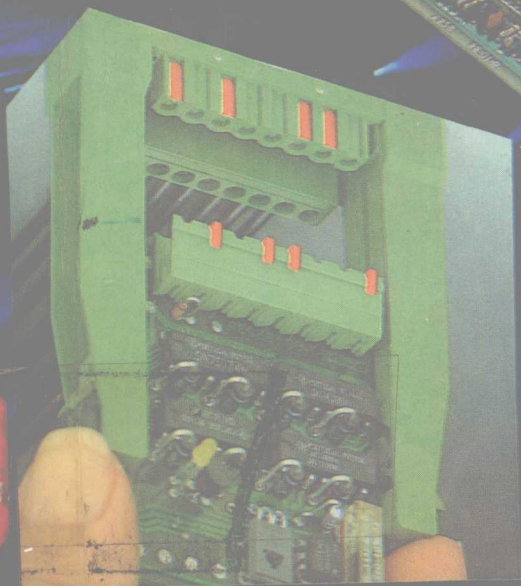
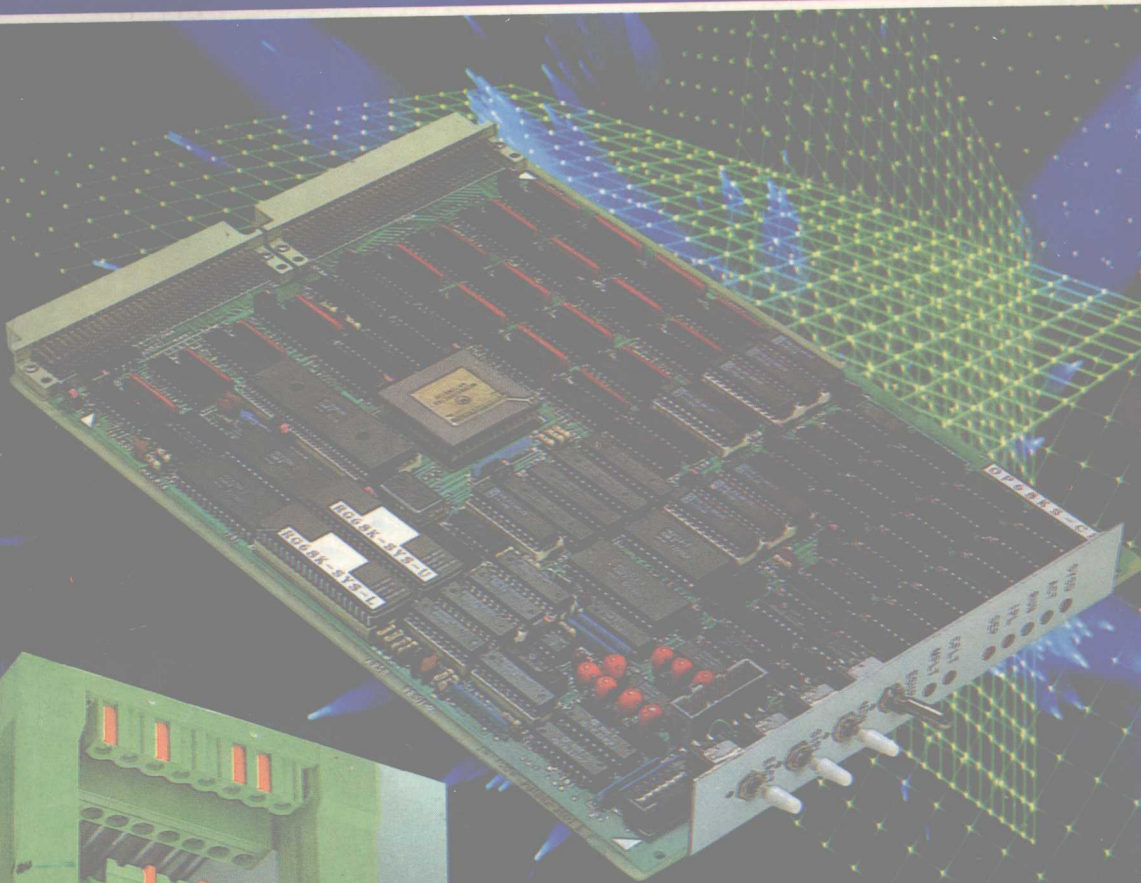


印制电路版 CAD 系统

实用大全

刘敏钰 编著
王占军



陕西电子杂志社

印制电路版 CAD 系统 实用大全

刘敏钰 编著
王占军

陕西电子杂志社

前 言

随着电子工业的迅猛发展,各种新型器件尤其是集成电路的应用愈来愈广泛,对电路板导线图形的布线密度,导线精度和可靠性的要求也越来越高,这样,以往传统的手工方法设计和生产线路板技术已很难满足需要。

目前,计算机的广泛应用和软件工具的不断开发,为人们解决了这一难题。人们可以在微机上利用印制板 CAD/CAE 软件辅助设计,辅助生产电路板。现在有关印制板 CAD 的软件很多,诸如: SMARTWORK、EEsystem、PCAD、TANGO、PROTEL、orCAD 等等。但是,经过人们多年的实践应用,发现其中许多软件有一定的局限性并不是很实用,本书就针对目前使用广泛,实用性强的 SMARTWORK、TANGO 及 PROTEL 软件包作了详细介绍。

SMARTWORK 是最早出现的一种能设计双面板的 CAD 软件包,它首先使手工画线变为手工布线,特点是操作及其简单,键盘命令易记易懂,对输出设备要求较低。SMARTWORK 可以在 CGA 显示驱动器下的彩色显示器上显示出双面板图形,由于这一特点,一些小型企业在排布印制板任务不多的情况下,只要少许投资,就能利用该软件形成一个双面印制板 CAD 系统。

TANGO 是美国 ACCEL 科技公司于 1987 年推出的印制板 CAD 软件包,它具备“方便、实用、快速、易学”等特点。

TANGO 软件可以设计电路原理图,有一定的自动布局能力和较强的自动布线能力,自动布线可达 4 层,手工布线可达 8 层,具备丰富的元件库,能自动检查核对。它支持多种打印机,多种绘图机,矢量激光绘图机和数控钻床,给印制板的加工生产带来了极大的方便。

PROTEL 是澳大利亚 PROTEL TECHNOLOGT 公司在 TANGO 基础上改进的电子线路 CAD 软件包,它保持与 TANGO 的兼容性,又具备高速度、高布通率的特点。

考虑到 TANGO 软件应用的广泛性和大量由 TANGO 生成的原理图和印制板图修改更新的继承性,PROTEL 软件无疑会给予电路设计者巨大的方便和帮助。

本书由刘敏钰、王占军同志共同编写。

最后特别向为此书出版而做了大量工作的陕西电子杂志社社长兼主编张忠智高级工程师表示感谢!

本书是一本实用性很强的工具书,由于学识水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

1993 年 2 月

目 录

印制板概述	(1)
第一部分 SMARTWORK 软件包	
第一章 系统概述	(4)
1.1 SMARTWORK 简介	(4)
1.2 基本知识	(6)
1.3 鼠标器的使用	(10)
第二章 SMARTWORK 的功能键及使用	(12)
2.1 放置和删除焊盘	(13)
2.2 交互式布线	(14)
2.3 连线的加粗和改细	(15)
2.4 块操作	(16)
2.5 显示功能	(17)
第三章 程序命令及使用	(19)
3.1 程序命令集	(19)
3.2 程序命令的使用	(20)
第四章 布线方法	(25)
4.1 手工布线	(25)
4.2 自动布线	(26)
第五章 印制板图输出	(28)
5.1 点阵打印机输出	(28)
5.2 绘图仪输出	(31)
第二部分 TANGO 软件包	
第六章 TANGO 简介	(38)
6.1 系统配置	(38)
6.2 系统的安装	(40)
6.3 通用的键操作	(42)
第七章 原理图设计软件 Sctematic-EDIT	(43)
7.1 原理图编辑程序	(43)
7.2 图形编辑命令	(45)

7.3	原理图设计软件的实用程序	(58)
7.4	原理图输出 Schematic-PLOT	(73)
(I)	第八章 印制板图的设计 PCB-EDIT	(79)
(4)	8.1 PCB-EDIT 概述	(79)
(4)	8.2 PCB-EDIT 基本知识	(85)
(4)	8.3 图形编辑命令	(87)
(6)	8.4 印制板图实用程序	(97)
(01)	第九章 印制板自动布线软件 TANGO	(109)
(4)	9.1 TANGO-ROUTE 概述	(109)
(4)	9.2 自动布线的执行	(115)
(2)	第十章 印制板图后处理输出	(119)
(2)	10.1 PCB-PLOT 后处理实用程序	(119)
(7)	10.2 PPL 后处理输出程序	(127)
(01)	10.3 PCB-GPLOT 后处理输出程序	(132)
(01)	附录 A 使用 TANGO 软件设计逻辑图和印制板图的工作流程	(144)
(01)	附录 B 光孔轮参数设置表	(146)
(05)	第三部分 PROTEL 软件包	
(2)	第十一章 系统简介	(149)
(2)	11.1 基本系统	(149)
(0)	11.2 系统的安装	(154)
(2)	第十二章 原理图编辑 SCHEDIT	(157)
(2)	12.1 SCHEDIT 概述	(157)
(7)	12.2 主菜单命令	(160)
	第十三章 原理图应用程序	(206)
(8)	13.1 原理图标注程序 ANNO TATE	(206)
(8)	13.2 原理图编译程序 POST	(207)
(0)	13.3 网络表转换程序 NETTRAN	(214)
(5)	13.4 原理图输出程序 SCHPLOT	(215)
(8)	第十四章 原理图器件库编辑	(229)
(2)	14.1 SLM 简介	(229)
(2)	14.2 SLM 主菜单命令	(231)

第十五章 印制板设计 TRAXEDIT	(244)
15.1 TRAXEDIT 概述	(244)
15.2 TRAXEDIT 主菜单命令	(248)
第十六章 印制板应用程序	(307)
16.1 转换程序	(307)
16.2 印制板输出程序	(309)
附录一 原理图宏指令设置	(332)
附录二 印制版图宏指令设置	(334)
附录三 焊盘设置说明	(336)
附录四 使用 PROTEL 设计印制板的工作流程	(338)

印制板概述

正确设计印制电路板,不仅要求设计者懂得有关电路的一般原理,还必须熟悉电路的基材,技术和生产方面的基本知识。下面主要介绍设计和布线时所遵循的一般原则。

所谓印制板,也称印制线路板或印制电路板,是指以绝缘板为基础材料加工成一定尺寸的板,在其上至少有一个导电图形及所有设计好的孔(如元件孔、机械安装孔和金属化孔等),以实现元器件间的电气互连。

印制板通常按下述方式分类:

1. 单面板:仅一面有导电图形的印制板。单面板一般采用酚醛纸基覆箔板制作,也常有采用环氧纸基或环氧玻璃布覆铜箔板的。主要用于民用产品,如:收音机、电视机、电子仪器仪表等。

2. 双面板:两面上都有导电图形的印制板。双面板通常采用环氧玻璃布覆铜箔板制造。主要用于性能要求较高的通讯电子设备,高级仪器仪表及电子计算机等。

3. 多层板:由交替的导电图形层及绝缘材料层层压粘合而成的一块印制板。导电图形的层数在两层以上,层间电气互连是通过金属化孔实现的。多层印制板一般采用环氧玻璃布覆铜箔层压板。为了提高金属化孔的可靠性,应尽量选用耐高温的,基板尺寸稳定性好的,特别是厚度方向热线膨胀系数较小的并和铜镀层热线膨胀系数基本匹配的新型材料。

上述三种都属刚性印制板,此外还有使用挠性基材的挠性印制板。

印制板在电子设备中,通常有三种作用:

- ① 作为电路中元件和器件的支撑件;
- ② 提供电路元件和器件之间的电气连接;
- ③ 通过标记符号把安装在印制板上的元件和器件标注出来,以便于元器件的插装和维修。

一、设计印制板前的一般考虑

1. 可靠性

印制板的可靠性是影响电子设备可靠性的重要因素。影响印制板可靠性的因素很多,有基材方面的,也有工艺方面的。单从设计角度考虑,则影响印制板可靠性的因素首先是印制板的层数。长期使用印制板的经验证明,单面板和双面板能很好的满足电性能要求,可靠性较高。随着层数的增多,可靠性将会降低。因此,在满足电子设备要求的前提下,应尽量将多层板的层数设计得少一些。

2. 工艺性

设计者应考虑所设计的印制板的制造工艺尽可能简单。一般来说,制造层数少而密度高的印制板比制造层数较多而密度较低的印制板要困难的多,一般在金属化孔互连工艺比较成熟的条件下,宁可设计层数较多、导线和间距较宽的印制板,而不要设计层数较少布线密度很高的印制板,这和可靠性的要求是矛盾的。

3. 经济性

印制板的经济性与其制造工艺方法直接相关。复杂的工艺必然增加制造费用，所以在设计印制板时，应考虑和通用的制造工艺方法相适应。此外应尽可能采用标准化的尺寸结构；选用合适等级的基板材料，运用巧妙的设计技术来降低成本。

二、布局布线的一般原则

要使电子电路获得可能的最佳性能，封装器件的布置和导线的布设是很重要的。为了设计出质量好、造价低、加工周期短的印制板，应遵循下面的一般原则：

1. 布局

首先要确定那些特殊元器件的位置：

① 尽可能缩短高频元器件之间的连线，设法减小它们的分布参数和相互间的电磁干扰。易受干扰的元器件不能离得太近，输入和输出应尽量远离。

② 某些元器件或导线之间可能有较高的电位差，应该加大它们的距离，以免放电，击穿引出意外短路。带高电压的元器件应尽量布置在调试时手不易触及的地方。

③ 重 15g 以上的元器件，不能只靠导线焊盘来固定，应当使用支架或卡子予以固定。对于那些大而重、发热量多的元器件，不宜将它们装在印制板上，而应装在整机的机箱底板上，且应考虑散热问题。热敏元件应远离热元件。

④ 对于电位器、可变电容器、可调电感线圈或微动开关等可调元件的布局应考虑整机的结构要求。若是机外调节，其位置要与调节旋钮在机箱面板上的位置相适应；若是机内调节，则应放在印制板上能够方便调节的地方。

⑤ 留出印制板固定支架、定位螺孔和连接插座所用的位置。

然后，根据电路的功能单元，对电路的全部元器件进行布局。

① 通常按信号的流程逐个安排多个功能电路单元的位置，使布局便于信号流通，并尽可能使信号保持一致的方向。

② 以每个功能电路的核心元件为中心，围绕它来进行布局。元器件应均匀、整齐、紧凑地排列在印制板上，尽量减小和缩短各单元之间的引线 and 连接。

③ 在高频下工作的电路，要考虑元器件之间的分布参数。一般电路应尽可能使元器件平行排列，这样不仅美观，还可以使装焊方便，易于批量生产。

④ 位于边上的元器件，离板子边缘至少 2mm。板子的最佳形状是矩形（长宽比为 3:2 或 4:3），板面尺寸大于 200×150mm 时，要考虑板子所受的机械强度。

2. 布线

① 输入、输出端用的导线应尽量避免相邻平行，最好加线间地线，以免发生反馈。两面的导线宜互相垂直、斜交或弯曲走线，应避免平行，以减小寄生耦合。

② 印制导线的最小宽度主要是由导线与绝缘基板间的粘附强度和流过它们的电流值决定的。当铜箔厚度为 0.05mm、宽度为 1~1.5mm 时，通过 2A 的电流，温升不会高于 3°C，因此一般选导线宽度在 1.5mm 左右完全可以满足要求，对于集成电路，尤其是数字电路通常选 0.2mm~0.3mm 足够。当然只要密度允许，还是尽可能用宽线，尤其是电源和地线。

导线的最小间距主要由最坏情况下的线间绝缘电阻和击穿电压决定。导线越短，间距

越大，绝缘电阻就越大。当导线间距为 1.5mm 时，其绝缘电阻超过 20M，允许电压为 300V；间距为 1mm 时，允许电压 200V，一般选间距 1~1.5mm 完全可以满足要求。对集成电路，尤其是数字电路，只要工艺允许可使间距很小。

③ 印制导线拐弯处一般取圆弧形。直角或尖角在高频电路中会影响电气性能。此外还应避免使用大面积铜箔，否则长时间受热时，易发生铜箔膨胀和脱落现象，必须用大面积铜箔时，应局部开窗口以利于铜箔与基板间粘合剂受热产生的挥发性气体排除。

3. 焊盘

焊盘中心的引线孔比器件引脚直径略大即可，太大反而易形成虚焊。焊盘外径一般取 $D \geq (d+1.3)$ mm，d 为引线孔径。对高密度的数字电路，焊盘最小直径可取 $D_{min} = (d+1)$ mm。

4. 印制导线的屏蔽

单双层板的屏蔽方式见图 1 (a)、(b)、(c)

同层单侧屏蔽

同层双侧屏蔽

对层屏蔽

屏蔽信号线

屏蔽信号线

屏蔽信号线



(a)



(b)



(c)

图 1 单双层印制板的屏蔽方式

多层板中的电源层、地线层一般布设在内层起屏蔽的效果，见图 2。

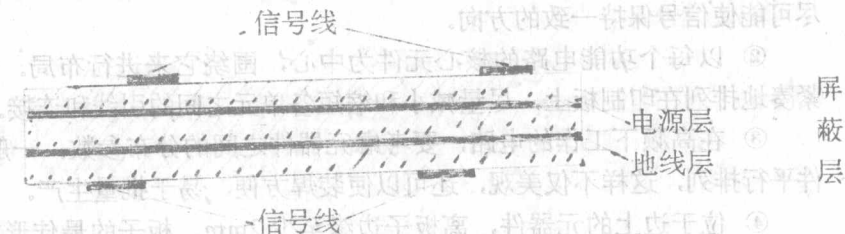


图 2 多层印制板的接地方式

第一章 系统概述

SMARTWORK 是一种能设计双面板的 CAD 软件包, 其特点是操作极其简单, 键盘命令易记易懂。目前, SMARTWORK 主要有 1.0 版、1.1 版和 1.4 版等多种版本。前两种版本功能大同小异; 后一种版本是在前两种版本的基础上增加了自动布线功能, 即将电路原理图自动转换为印刷线路板图, 功能大大增强。

1.1 SMARTWORK 简介

一、SMARTWORK 性能

1. 计算机的显示器是一个窗口, 显示整个布线空间的一部分。这个窗口可在工作空间内任意移动, 以显示版图的任意一部分, 同时可以有选择地显示布线图的一面或两面。

2. 通过键盘操作, 可以设置或删除导体、焊点和连线。

① 所有的导体都呈垂直、水平或 45° 角;

② 程序能保证导体间距和线宽适中, 满足批量生产的需求。

③ 所有焊盘之间的间距为 0.05 英寸的整数倍 (0.05 英寸 = 1.27mm)。

3. 在用户所要求连接的两个导电体间, 程序会自动发现两个导电体间的最短路径并把它们连接起来, 不会在印刷电路板的同一面跨越其它的导电体, 需要时可作多次拐弯。

若用户指定的路径并非最短路径, 程序会自动发现, 并从用户指定的点开始选择该最短路径。当然, 用户也可用自己指定的路径。

4. 导线有两种宽度。在任何时刻用户都可以将细导线变为粗导线。

5. 在两个元件之间, 用户可沿着水平或垂直方向扩展布线图, 扩大两个元件间的空间。

6. 最后形成的布线图, 可以作为标准的 DOS 文件保存在磁盘上, 既可以复制也可以修改。

7. 布线图的输出

① 打印机: 可打印原大 (1:1) 的校对图, 也可打印 2 倍 (2:1) 的布线图, 直接用于照相制版。

② 绘图机: 可以输出两倍的布线图, 直接用于照相制版。

③ 光绘机: 可以绘制 1:1 的制版胶片。

8. 程序支持鼠标器 (老鼠光标定位器 Mouse)。鼠标器上的两个按钮可以用于标记布线, 也可以用来删除已存在的连线。

二、布线图规范

1. SMARTWORK 能处理单面或双面印刷电路图。电路板的最大尺寸部分取决于照相用的布线图的输出设备, 然后程序本身可以处理最大为 10×16 英寸的印刷电路板图,

在这个范围内，对印刷电路板的复杂程度不作任何限制。

2. 为了制作出高质量的电路板，保证印制板的生产获得高的成品率，SMARTWORK 规定了最小线间距并固定了导线宽度。

基本参数如下：

细线的宽度：0.012 英寸 (0.3mm)；

粗线的宽度：0.05 英寸 (1.27mm)；

焊盘直径：0.062 英寸 (1.57mm)；

最小线间距：0.019 英寸 (0.048mm)

此外，还可以用 0.05 英寸粗线的整数倍构成更粗的导线，焊盘为直径 0.062 英寸的圆点。当焊盘太靠近别的导体时，其边缘将被“削去”，以保证最小线间距，需要时也能构成更大的焊盘。所有焊盘间的间距固定为 0.05 英寸的整数倍。在相距 0.1 英寸的两个焊盘之间可以布一条细线条。

3. 导线的直角拐弯通过两个 45° 角实现。导线的相交通过使用曲线或 45° 的楔形得到缓和。

三、硬件需求

- 计算机：IBM PC/XT 及其高档机或兼容机。
- 存储器：内存至少有 192K RAM。
- 驱动器：两个硬盘驱动器（一个软驱也可以）。
- 图形卡：IBM 彩色图形适配卡或其兼容卡。
- 显示器：RGB 彩色或单色显示器。
- 接口：并行打印口及串行口。
- 打印机：EPSON FX-100 或 M2024、3070 等点阵打印机。
- 绘图仪：DMP 系列、HP 系列等绘图仪。
- 鼠标器：Microsoft 或其兼容鼠标器（选用）。

四、软件运行环境

- 系统盘：须有一张 PC-DOS 2.0 或其以上高版本的操作系统。
- 程序盘：一张低密 5.25 英寸软盘。无论哪种版本它们软件中的主要文件只有 3~4 个。

① EDIT.EXE 是 SMARTWORK 的主程序。它允许用户在计算机显示器上建立、显示及编辑印制线路板原图。

② PLOT.EXE 是使用点阵打印机或绘图仪，光绘两用机产生硬拷贝 (1:1, 2:1) 原图的程序。

③ SMART.STA 是 EDIT.EXE 和 PLOT.EXE 两个程序使用的数据文件。

④ DOT.EXE (只有 1.4 版本有) 使用点阵打印机产生硬拷贝 (1:1, 2:1) 原图。

• 备份盘：用来存放用户的布线图文件。

具备了以上条件，用户就可在计算机上开始自己的工作。

1.2 基本知识

一、几个概念

1. 工作区: 布线图的编辑工作是在一对长方形的区域内进行的, 这对长方形的区域称为工作区。每个长方形的区域对应于布线图的一面, 相应地又划分为 64000 个方格 (单元)。每个方格对应于最后印刷电路板上边长为 1.27mm 的方块。工作区尺寸方向如下图所示。

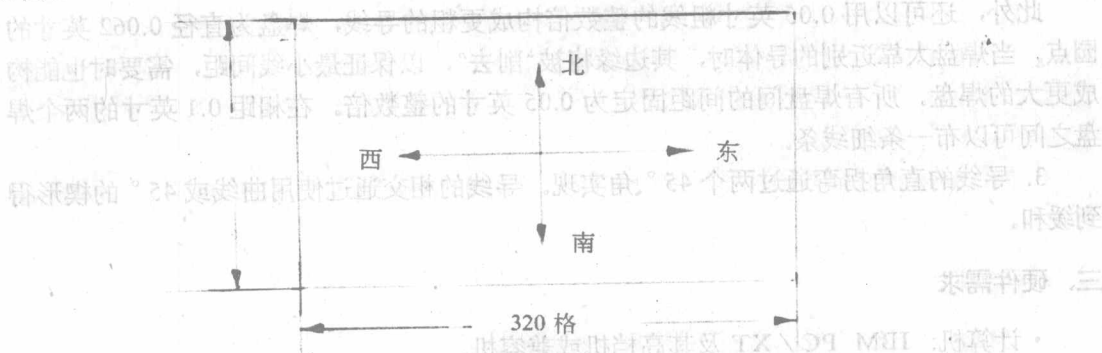


图 1.1 工作区

工作区的左下角为原点, 如用 X—Y 坐标表示的话, 图原点即为坐标原点, 由原点向东和向北方向分别为 X 轴和 Y 轴的正方向。工作区的幅度可以用来设计 16×10 英寸的双面印刷电路板。

为了方便起见, 程序将布线图的两面分别称为上面 (Upper 或 SOL) 和下面 (Lower 或 COM)。英文“UPPER”和“LOWER”将会出现在布线图上, 以标明版图的两面。

2. 图形元素: 是指程序中可以用于构成布线图的最基本图形。SMARTWORK 可以产生的基本图形元素有四种:

- | | |
|-------|--------------|
| —— 细线 | ● 焊点 (焊盘) |
| —— 粗线 | ■ 方导体块 (粗单元) |

每个元素都代表印刷板上的一个导体。细线表示电路板的信号线, 宽度为 0.5mm (0.02 英寸), 粗线表示电源和地线, 其宽度为 1.27mm (0.05 英寸)。这两种线可以垂直、水平或呈 45° 角的形式出现, 再复杂的线都可以用这两种线构成。粗线的基本元素是方导体块, 表示导电的一个小方块区域。导体块可以在工作区的任何地方出现, 用于构成任意形状的导体。

焊点用来表示“焊盘”、“过孔”或“管脚”。它是唯一的一个三维图形元素, 即一个“焊点”图形元素便表示印制板两个面上的导体, 它表示穿过印制板两面的圆柱形金属化孔。

3. 单面、双面显示

编辑操作时, 屏幕上显示一个工作区中 40×80 个方格 (单元) 组成的部分, 这时屏幕是一个窗口。在某一时刻只能操作一个面, 而另一面不能操作。

配有彩色图形适配卡的彩色显示器，可以显示双面板的两面，而单色显示器，一次只能显示双面板的一面，1.3 及 1.4 版本在彩色显示器上还能显示丝印层。

4. 命令输入方式

对于编辑程序而言，有三种输入方式可供用户使用。

- 功能键输入；
- 命令行输入；
- 鼠标器输入（可选的）

功能键和命令行是从键盘输入的。

如果用户有鼠标器，就可以通过鼠标器的运动来控制游标，并使用其按钮打入二个最常用的功能键，具体使用在“鼠标器的使用”一节中详细介绍。

功能键用于操纵编辑显示画面上的符号以及这些符号表示的数据。打入一个功能键立即执行一个编辑功能，例如光标的移动、图形元素的插入和删除。反映功能执行情况的显示画面的改变取决于功能键的特征。不能提前打入功能键，单一功能键与立即执行相配合使用户的编辑布线图迅速而有效。

5. 声音和视觉提示

程序使用两种声音来提示各种条件。低音（110HZ）表示出现错误，高音（440HZ）表示某些功能和命令执行成功。

在正常编辑期间，荧光屏完全被编辑显示画面占有，程序接受任何功能键输入。如果发生错误，则发生下面情况：

- 正常的程序执行被悬挂；
- 编辑显示画面向上滚动而留下一幅空白画面；
- 空白画面上出现错误信息；
- 发出低声音表示出错。

这时应打入“ ”键作为响应，任何其它键将不起作用。在响应之后，错误信息消失，编辑显示画面重新出现，正常的程序继续执行。

某些命令的执行（例如从盘上读文件或写文件）需要的时间比较长，当命令执行完后，发出一个高音表示程序又在等待新的输入。

6. 程序设计步骤说明如图 1.2 所示。

说明：a. 在绘制电路原理图前，要用计算机纸绘制印制板的布局图；

b. 由于程序内所有尺寸全部采用英制单位，因此要进行公、英制单位互换。

以下是用 BASIC 语言编写的公英制对照表。

```
10 PRINT TAB(15); "公英制对照表"
20 PRINT
30 PRINT TAB(5); "格数"; TAB(15); "英寸"; TAB(25); "厘米"; TAB(35); "毫米"
40 LET T=0.05
50 FOR X=1 TO 350
60 LET Y=INT(T*2.54*100)/100
70 LET Y1=Y*10
80 PRINT TAB(5); X; TAB(15); T; TAB(25); Y; TAB(35); Y1
```

```

90 LET T=INT((T+0.05)*100)/100
100 NEXT X
110 END

```

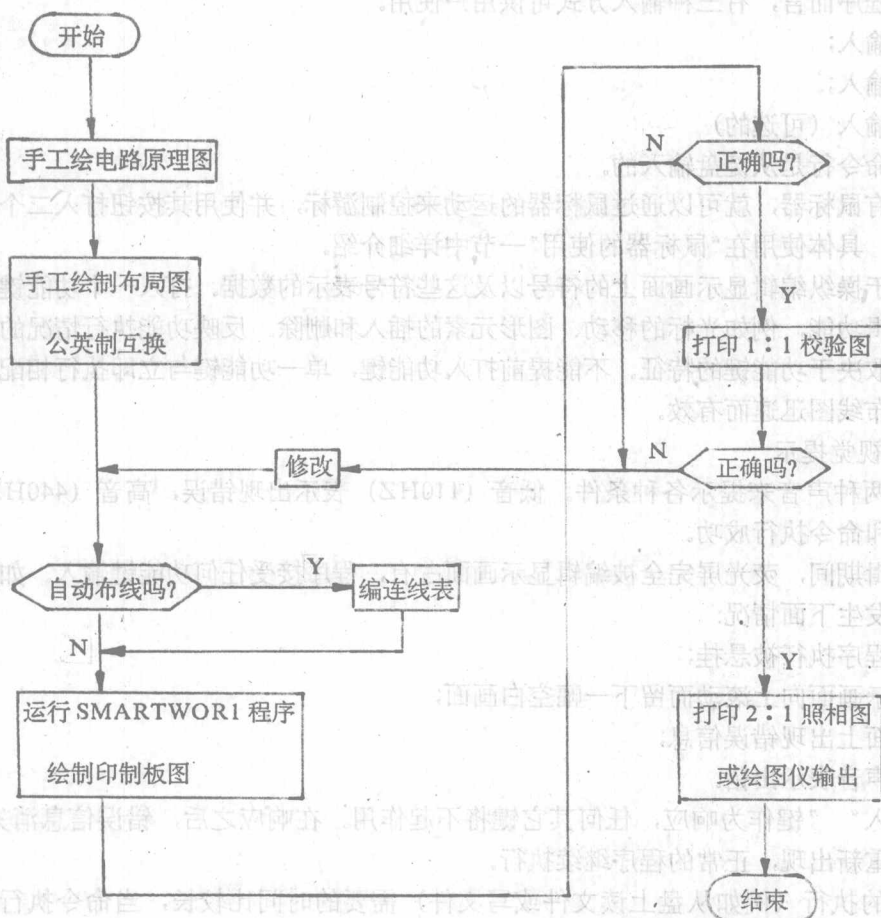


图 1.2 SMARTWORK 程序设计步骤

二、程序的运行

1. 进入编辑状态

在 DOS 状态下，插入 SMARTWORK 程序盘于 A 驱动器；键入：

A> EDIT ↓ ; 进入程序（下有横线表示由用户键入）

过一会，系统装入完毕，程序显示出版本和许可证号，按下“空格”或“回车”键，程序进入系统工作区，此时只能看到 50.1（长）× 101.2（宽）mm² 的空屏幕，移动光标键就可观察工作区的其它部分，并可进行编辑工作。

如果使用鼠标器辅助编辑印制电路板，可在 DOS 提示符下先装进鼠标器运行程序，键入

;连接鼠标器

A> MOUSE ↓

然后重复以上步骤。

2. 输入命令

SMARTWORK 的大多数命令都是通过按某个键发出的，经常用的是功能键 (F₁~F₁₀)、光标键等，这些键都对应着一条命令。另外，还有一些由字符串组成的命令，如装载文件、存储文件等命令，是通过命令行输入的。

按回车键，屏幕底部将会出现提示：

COMMAND>

在此状态下就可以在键盘上打入命令。输入出错时可用 BACKSPACE (←) 键删除命令中的错误字符，也可用 ESC 键删除整条命令，然后输入正确的命令字符。命令输入后，按回车键，程序转去处理此命令，执行相应的操作。如果不想输入命令，有 ESC 键清除输入的字符，然后按回车键，程序恢复正常执行状态。

程序执行完命令后，底行消失，恢复正常执行状态。

3. 错误信息的处理

当用户输入了程序不能接受的错误命令时，程序将报警，并显示错误信息。按回车键可以清除错误信息，使程序恢复到正常执行状态，在此之前程序无法接受其它命令。

4. 退出编辑程序

在命令提示符下，键入

A> COMMAND> QUIT ↓ ;退出程序

屏幕提示：

DISCARD — CURRENT — WORKSPACE(Y / N)?

(是否放弃当前的工作区)

由于退出操作会破坏工作区中的内容，所以在执行此操作之前，程序会提醒用户注意操作的后果，如果你已保存了工作区中的内容 (工作区中的内容可用 SAVE 命令存盘) 或不想保存，则按“Y”，然后按 键，程序将结束运行。否则，按“N”，再按 键，QUIT 命令中止执行，屏幕恢复为正常的显示状态，可以继续进行编辑操作。

5. 如果在操作中有异常，则程序将在屏幕最下方发出信息，如表 1-1 所示。

表 1-1 SMARTWORK 信息

提 示	含 义
active block exists	动态子图块存在
active route exists	动态走线存在，不允许发出此操作或命令
bad or missing parameter	不合法或遗漏参数
block is not fully defined	子图块没有全部定义
Can't fatten a Pad	粗单元不能放置在焊盘上
Can't find a route	找不到一条连线
Can't read input file	读不出输入的文件
Can't Write output file	输出文件写不进
CLIP AT WORKSPACE BORDER(Y / N)?	在工作区边图块被切去吗?

COMMADN>

Cursor is straddling traces

DISCARD CURRENT WORKSPACE(Y / N)?

missing filename

missing / improper startup file

MODIFY EXISTING CONDUCTORS (Y / N)?

mouse installation failed

no expansion space at board edge

not busy—interrupt ignored

notching to backspace

occupied cell in Cylinder

Program too big to fit in memory

route has no anchor

routing interrupted

stopped at workspace border

too close to adjacent conductor

too many parameters

unknow command

unknow pad size / shape

等待打入命令

光标跨（在两个并行导线上）跟踪，表明

标定因模棱两可不能确认

丢失当前的工作图（空间）吗？

遗漏文件名

遗漏 / 非法的起动文件名

复盖已有的导体吗？

（鼠标器电路板）安装有故障

电路板边缘与工作区间没有间隙扩展不了

不应中断，此时程序没有处在探索期内

没有工作布线存在，Backspace 键无效

在此处已有管脚存在

程序太大与存储器无法匹配

线没有固定点

路径被中断

在工作区边缘停止设置焊盘

导体之间太紧密

参数太多

不认识的命令

不认识的焊盘尺寸 / 形状

1.3 鼠标器的使用

如果用户有鼠标器，那么就可以用它来更方便地编辑布线图。

在使用鼠标器之前，用户首先应学习有关鼠标器的手册，了解鼠标器硬件和软件的安装。在运行 SMARTWORK 软件之前，用户必须用 MOUSE 命令（无论通过人工方式或通过 BAT 文件）启动鼠标器驱动软件。

输入命令：

COMMAND>MOUSE

启动鼠标器。

如果没有硬件、硬件有故障或者没有鼠标器驱动软件，将出现错误信息提示：

Mouse Installation failed

否则，一个高音提示启动成功。

使用鼠标器最方便的方法是将其放在计算机键盘右侧的一个平面上，将电缆和按钮放在用户一边，这样就可以用右手控制光标。鼠标器如图 1.3 所示。

鼠标器上的两个按钮可以帮助用户执行最普通的编辑功能。按下左边按钮执行标记布线功能，按右边按钮执行删去连线功能。使用这两个功能时，用户必须按下按钮、释放，然后再一次按下按钮。当采用鼠标器定位按钮时，没有“自动重复”功能。

2-1 SMARTWORK 功能

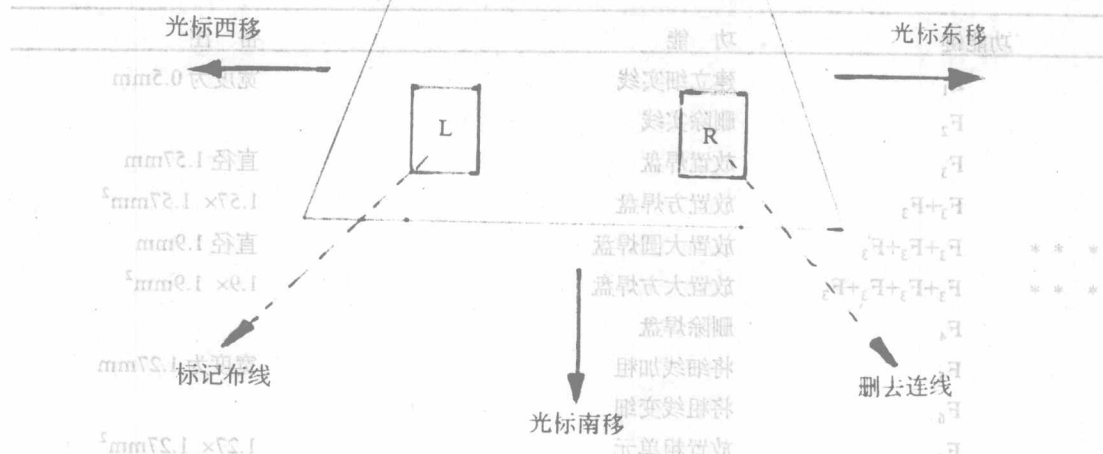


图 1.3 鼠标器示意图