

第一单元 印刷电路板 (PCB) 布线简介

[学习项目]

1. 1 印刷电路板布线发展趋势
1. 2 印刷电路板布线基本准则
1. 3 P—CAD 印刷电路板布线简介

1. 1 印刷电路板布线发展趋势

1. 1. 1 概论

印刷电路板 (PCB) 是一切机电产品必备的。随着 IC 的高度集成化及电子元件的缩小, 提高了 PCB 高密度布线的开发能力, 如导体宽度及导体间隔缩小, 孔径减少, 以及板的多层化等等。当前 PCB 的布线已不再使用人工贴图方式, 而采用 CAD/CAM 方式完成, P—CAD 实际上是一标准的软件系统。对初入门从事 PCB 布线的工程师而言, P—CAD 软件只是辅助 PCB 布线, 一些相关的知识仍是必备的, 如此才能在以后的工作中得心应手。本单元即针对 PCB 布线的一些基本常识进行系统讲解。

1. 1. 2 印刷电路板布线密度越来越高

PCB 上的印制线宽度以 0.05mm 之速度减小, 欲增加 IC 两焊盘 (PAD) 间所能通过的导线 (Traces) 数目, 则非提高布线密度不可, 但当通孔 (Through hole) 增加时, 则可供布线的区域相对减少。因此当通孔数增加时, 孔四周的铜箔岛 (land) 所占面积增多, 因而减少了板上可用布线面积。下图示出通孔与导线间的密度关系。

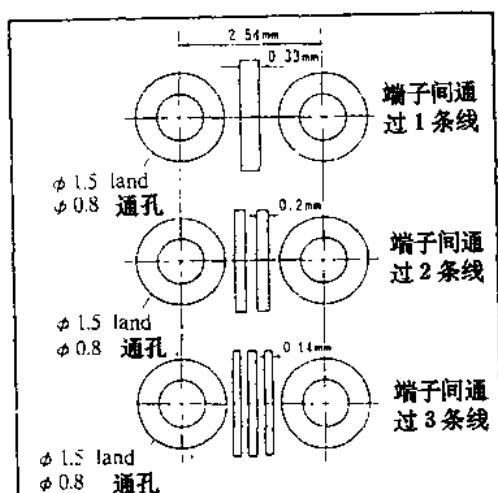
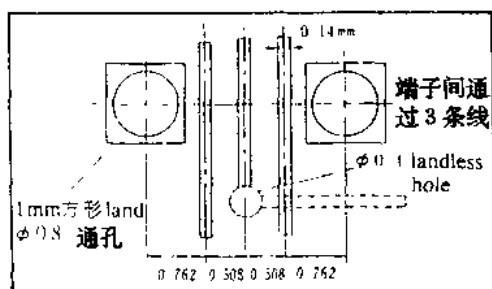


图 1. 1

为改善上述问题，贯通双层板元件面与焊点面间的连接（通孔）所占铜箔面积减少，这样就可提供更多的空间给布线使用，如下图所示。



1. 1. 3 表面封装技术

随着 IC 集成度的增加，其输入输出引脚数必然随之增加，DIP 型的 IC 引脚数以 64 针为最高限。为突破这一限制，并确保电路板工作性能的稳定，SMT 元件应运而生。SMT 的优点在于它可缩小 PCB 面积，减少 PCB 层数且减少通孔数，减少元件并缩短布线距离，从而提高稳定性。SMT 方式的 PCB 要求严格，为当前最流行的布线趋势。

1. 1. 4 多层印刷电路板

高密度多层 PCB 当前在市场上占有重要的地位。多层 PCB 不仅在元件面与焊锡面有导线，且在内部亦有导线，而内外部各层间以通孔作电气连接。最常使用的是 4 层板至 20 层板，20 层以上多层板也有使用的实例。多层 PCB 大致可分三大类，

- 低多层板: 3~4 层板。
- 中多层板: 5~9 层板。
- 高多层板: 10 层以上。下表示出多层板之结构, 特征及用途。

项 目		低多层板 (3~4 层)	低多层板 (5~9 层)	高多层板 (10 层以上)
用 途		PC/AT-286 微电脑及接口卡	PC/AT-486 微机	大型机
基本格 (mm)		2.54	2.54/2	2.54/3
信号线数/基本格		2	2~3	3
信 号 线	密度/网格 (mm)	0.15~0.25/0.15~0.25	0.01~0.20/0.15~0.20	0.07~0.15/0.10~0.15
	容许误差 (mm)	±0.05	±0.04	±0.03
岛 大 小 (mm)	内层	1.5~2.0	1.2~1.7	0.7~1.2
	外层	1.3~1.8	1.0~1.5	0.7~1.2
内层圆环孔大小	直径	1.5~2.1	1.4~1.9	1.1~1.6
	容许误差	+0.10 -0.07	+0.08 -0.05	+0.06 -0.03
信号层与层间隔 (mm)		0.3~0.6	0.2~0.3	0.1~0.2
信号层接地层间隔 (mm)		0.3~0.6	0.2~0.3	0.2~0.3
孔 径 (mm)	通孔电镀前	0.6~1.0	0.6~0.8	0.3~0.6
	通孔电镀后	0.6~1.0	0.5~0.7	0.25~0.55
板厚/孔径比		2~3	2~5	5~10
信号层与接地层间隔公差 (%)		±10~15	±7~15	±7~12

下图分别示出 4 层板与 6 层板剖面图

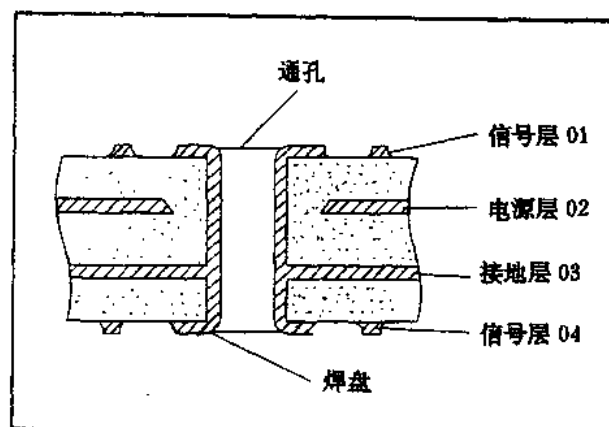


图 1.2 (a)

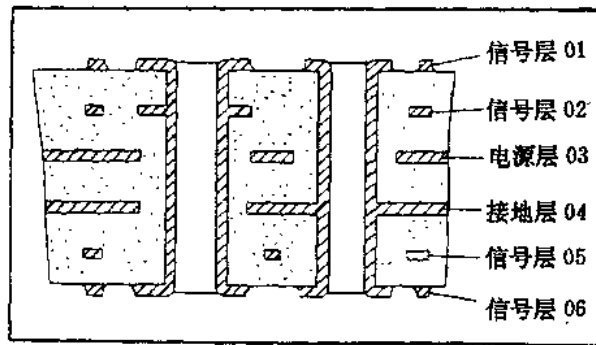


图 1. 2 (b)

1. 2 印刷电路板布线基本准则

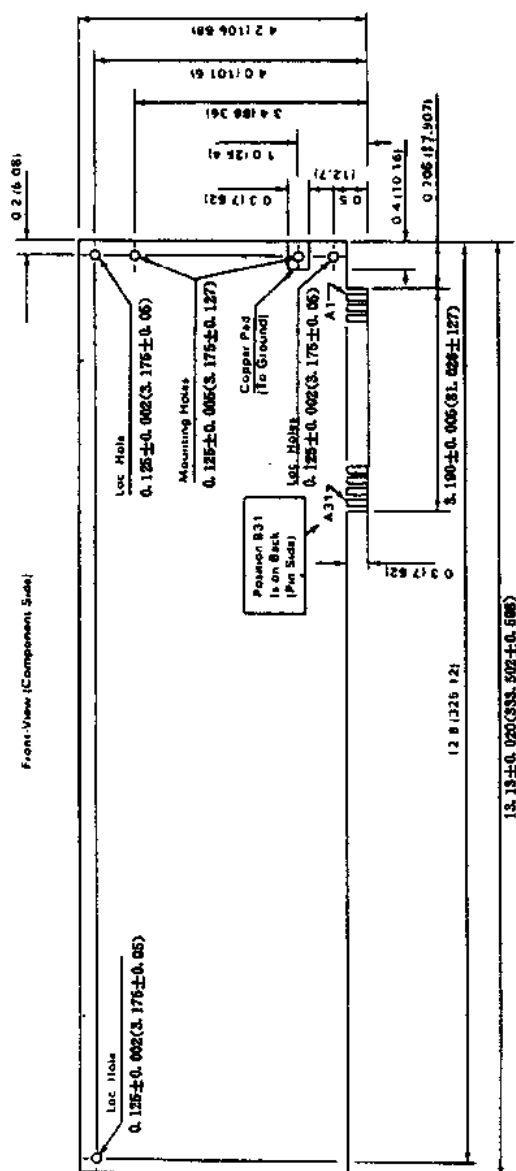
1. 2. 1 概论

以前在从事印刷电路板布线时，都由贴图员在工作台上利用贴带及工具完成，耗时亦费人力。如今多采用 CAD 方式完成，虽然一般 PCB 布线软件都具有自动布线 (Auto-Routing) 功能，但是一般有经验的布线工程人员仍多采人工布线 (Manuel Layout) 方式，这样可以掌握较佳的布线布局。因此一些布线的基本准则，仍是初学者必须熟悉的。

1. 2. 2 印刷电路板的外框 (Board Outline)

在布线之前，需先定义印刷电路板的工作区，如下图所示：

Card Specifications



►板外框大小

依经验, 计算板外框大小公式为

$$S = K \cdot \frac{N}{14} \quad (\text{cm}^2)$$

其中 N 为所使用元件引脚数。

对每引脚间通过一条铜箔的通孔 PCB 而言, K 为 3. 2~4. 7。

由上式知, K 为 14 只引脚芯片所需的 PCB 面积, K 值越小表示密度越高, 铜箔设计越困难。

►板装框方式

一般接口卡皆需用边缘连接器, 但也需固定在机座上, 需使用一些机械固定物来架设板子, 故应注意需有足够空间以防元件或导线与外壳固定物短路或干扰。

►板子工作区

不论板子形状怎样, 需注意下列各项:

☐ 容许公差:

一般板子容许公差为 0. 010~0. 020 英寸。

☐ 元件干扰:

板子装入框架中相邻元件产生干扰或阻碍时, 需细心设计, 需预留较大空间。

►接口连接

一般做接口连接的为金手指、端子及电缆 (cable)。

金手指视所接接口而决定其类型。端子可使不用拆板子情况下使用接口连接, 其与电缆可一起使用。

►工具孔

工具孔用于做 PCB 的基准点, 在制造板子时有用, 如下图示:

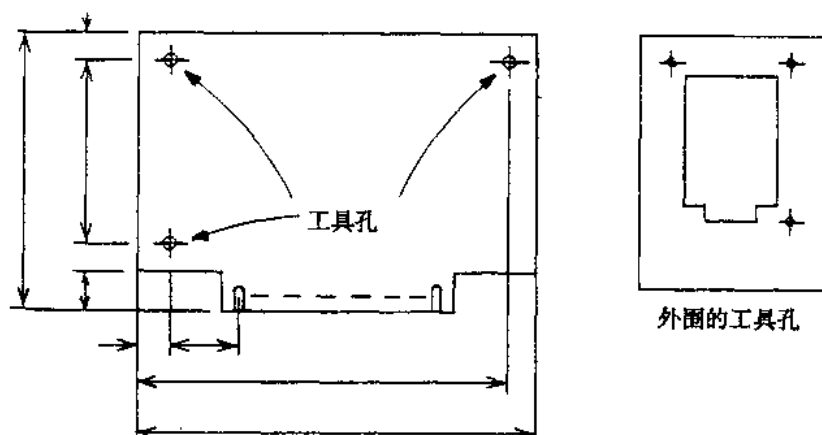


图1. 4

1. 2. 3 有关布线相关项目

►网格尺寸

与印刷电路板有关的规格中,最基本的便是网格尺寸即所谓的网格,如下图所示:

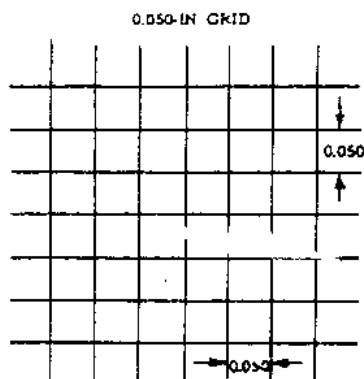


图1. 5

在 JIS 规格中,网格采用2.54mm 和2.5mm 边长的格点。在 PC—CARD 中使用50DBU (即0.05英寸)的格点。

►信号导线

在 PCB 中,信号导线比电源或接地导线细,它并不需要太大的宽度和间隔。下表列出所使用导体的宽度范围:

表1. 2

0.015	0.050	0.125	0.187	0.312	0.300
0.020	0.062	0.140	0.200	0.375	1.000
0.026	0.070	0.150	0.218	0.400	2.000
0.031	0.080	0.166	0.250	0.500	
0.040	0.093	0.180	0.280	0.750	
0.046	0.100		0.300		

导线的宽度一般在 0.012~0.02 英寸之间,因此,相邻的焊盘与导轨的间距也是 0.012~0.02 英寸之间。密度较高的 PCB 可使用 0.001 英寸的导线。导线的间距越小,板子的可靠性越高,但板子的制造成本越高。实际上,如使用 0.012 英寸宽度的导线,就可容忍制造上的公差。下图示出导线在喷流焊时,可避免造成两导线的短路。

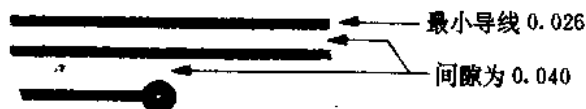


图1. 6

►电源/接地导线

由于电源或接地导线必须与 SPS 相接,故它的导线必须有足够的截面积,从而可以流过

额定的电流，下图示出电源与信号导线：



图 1. 7

►导体层面色

可由层颜色知道导线布在 PCB 的哪一层，如双面板的红色代表元件层，绿色代表焊锡层。

►通孔

通孔用来连接不在同一板面的导线，若通孔本身没有引脚通过，则其焊盘可稍小些，这样可以节省空间。数字电路的布线中，通孔、重直线、水平线等应尽量在板子的不同板面。导线经由通孔，故可在不同板面布置，通孔的大小可根据导线密度而定。

►焊盘

焊盘的间距如下图所示：

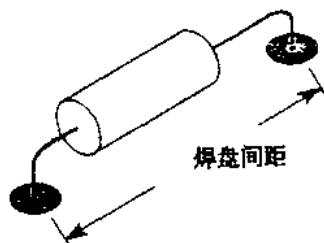
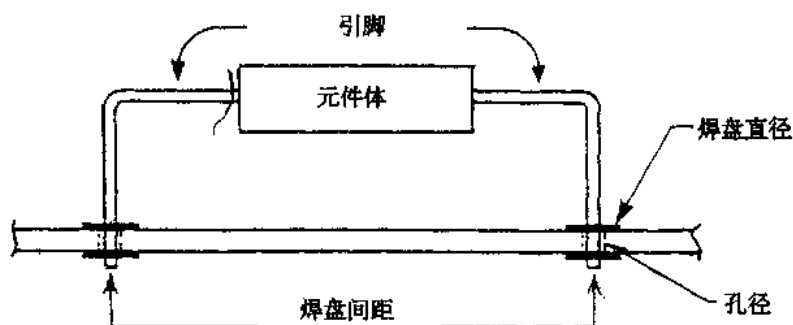


图 1. 8

焊盘间距包括元件本身长度和被折弯引脚部分的长度。

该间距可由厂商或由样品计算而得。

焊盘间距公式在使用之前，需先查出元件的尺寸再加上引脚各弯曲0.06英寸，即可得到最小元件间隔。如下图所示：

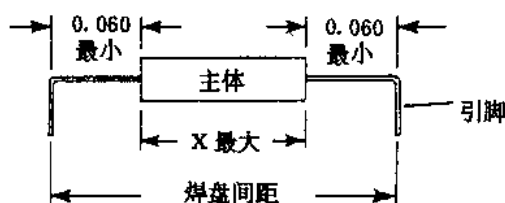


图1. 9

图中元件主体长 $X=0.375$ 英寸，故最小焊盘间距为：

$$0.375 + 0.06 \times 2 = 0.495 \text{ 英寸 (实取 } 0.5 \text{ 英寸)}$$

通孔直径公式为引脚线直径加上0.006~0.02英寸，即为最小的通孔直径。焊盘尺寸公式为最大的孔径加上0.020英寸。以下说明计算步骤：

1. 在厂商规格表中查到引脚直径为0.019英寸，容差为 ± 0.02 英寸，故最大直径为0.021英寸，如图所示：



图1. 10

2. 最小孔径为引脚直径加上与孔壁间距0.006英寸，故最小孔径为0.027英寸。
3. 最大孔径为引脚直径加上最大间距0.02英寸，故为0.041英寸。
4. 最大和最小孔径算出后，可在板子上找出大部分元件的引脚所需的孔径。如下图所示：

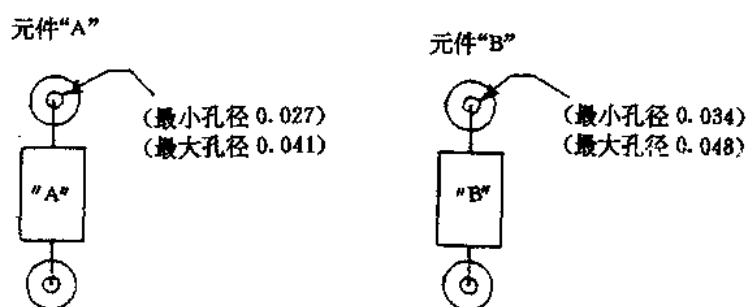


图 1. 11

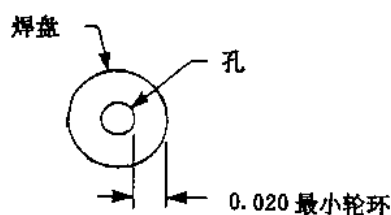
比较元件 A 与 B 的最大与最小孔径，看哪一个孔径适合要求。

元件 A 孔径区间 0.027~0.041 英寸

元件 B 孔径区间 0.034~0.048 英寸

由上述两区间选一适合元件 A 与 B 的孔径区间，该区间均为 0.027~0.041 英寸

5. 焊盘尺寸公式为最大孔径加上 0.020 英寸，以 0.037 英寸引脚直径而言，焊盘最小直径为 0.037 英寸+0.041 英寸=0.078 英寸。如下图所示：



$$0.037 + 0.040 = 0.077 \text{ 最大孔径}$$

图 1. 12

6. 用上述步骤可选择大多数孔径的焊盘。可将焊盘依其尺寸大小分为几个组，如下表所示。由表中可知，0.080 英寸的焊盘最佳。

表 1. 3

OD in. mm	ID in. mm	CAT. NO.
0. 050 1. 27	0. 015 0. 38	D135
0. 062 1. 57	SOLID 0. 025 0. 63	S101 D136
0. 075 1. 90	SOLID	S121
0. 080 2. 03	0. 031 0. 79	D216
0. 088 2. 23	SOLID	S119
0. 093 2. 36	SOLID 0. 031 0. 79	S102 D137
0. 100 2. 54	SOLID 0. 031 0. 79 0. 040 1. 02 0. 050 1. 27 0. 062 1. 57	S123 D101 D207 D211 D148
0. 125 3. 17	SOLID 0. 025 0. 63 0. 031 0. 79 0. 040 1. 02 0. 050 1. 27 0. 062 1. 57	S103 D180 D102 D179 D230 D169
0. 150 3. 81	0. 031 0. 79 0. 040 1. 02 0. 050 1. 27 0. 062 1. 57 0. 080 2. 03	D144 D203 D164 D231 D165
0. 156 3. 96	SOLID 0. 031 0. 79	S104 D103
0. 175 4. 45	SOLID	S120
0. 187 4. 75	SOLID 0. 025 0. 63 0. 031 0. 79 0. 040 1. 02 0. 050 1. 57 0. 062 1. 57 0. 093 2. 36	S122 D181 D138 D104 D150 D105 D182
0. 200 5. 08	SOLID 0. 025 0. 63 0. 031 0. 79 0. 040 1. 02 0. 050 1. 27 0. 062 1. 57 0. 062 1. 57 0. 080 2. 03 0. 093 2. 36	S124 D183 D139 D204 D158 D147 D206 D106 D184
0. 208 5. 28	0. 062 1. 57	D168

OD in. mm		ID in. mm		CAT. NO.
0. 218 5. 54		SOLID		S105
		0. 031	0. 79	D140
		0. 040	1. 02	D143
		0. 050	1. 27	D155
		0. 062	1. 57	D107

1. 2. 4 模拟电路板（分立元件）

►模拟电路板（分立元件）

首先执行下列步骤来简化设计程序：

1. 了解设计者所使用的符号及参考编号。
2. 用规格表列出规格，以确定元件外壳大小及实体最大宽度。
3. 用外壳大小来决定引脚间距，以便将元件固定在 PCB 上。
4. 有极性元件必须标示其极性。
5. 选择焊盘的大小。
6. 以元件俯视图为参考，决定元件方位。
7. 决定元件尺寸大小。
8. 将电路作电性分组，并在连接元件之前检查元件所需空间，做适当安排。如下图所示：

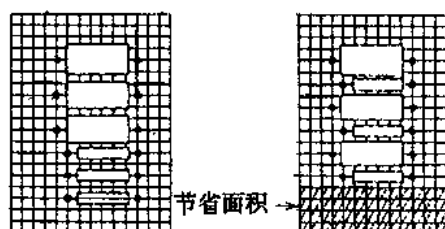


图 1. 13

9. 分组说明独立元件，以下图为例：

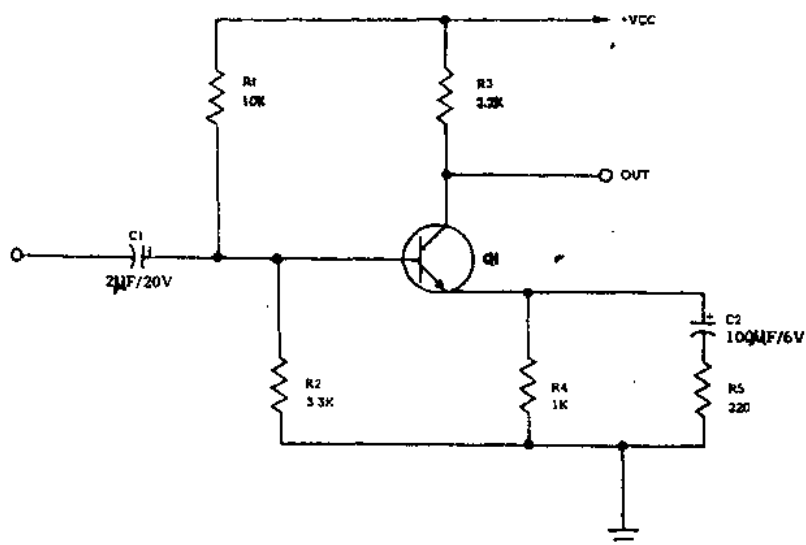


图 1. 14

(a) 检查元件参考编号

(b) 先做元件布局实验，下图为未修正前的布局：

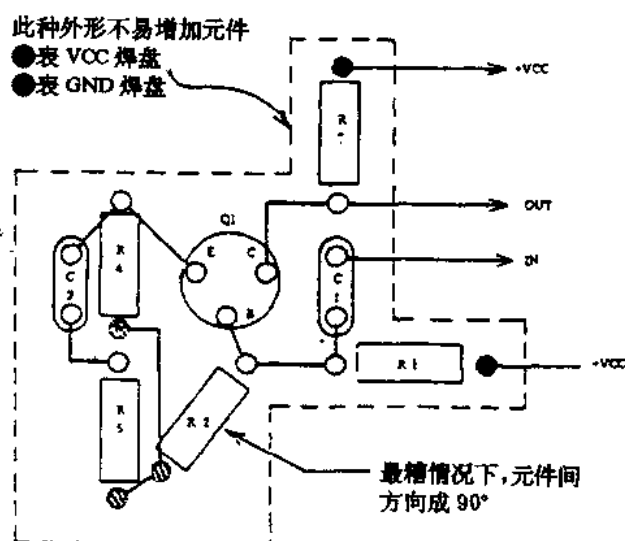


图 1. 15

10. 下图为上图修正后的图

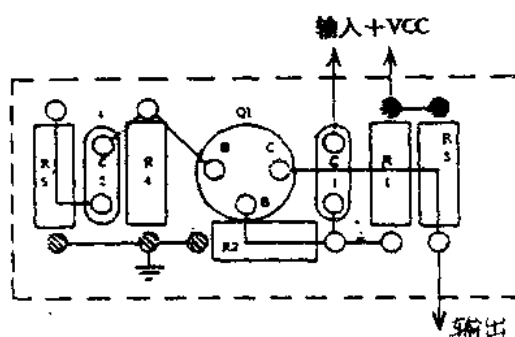


图 1. 16

修正方法为元件分组，将元件围绕电晶体放在长形板上。

11. 下图与上图的差别是元件放是在正方形的板子上。

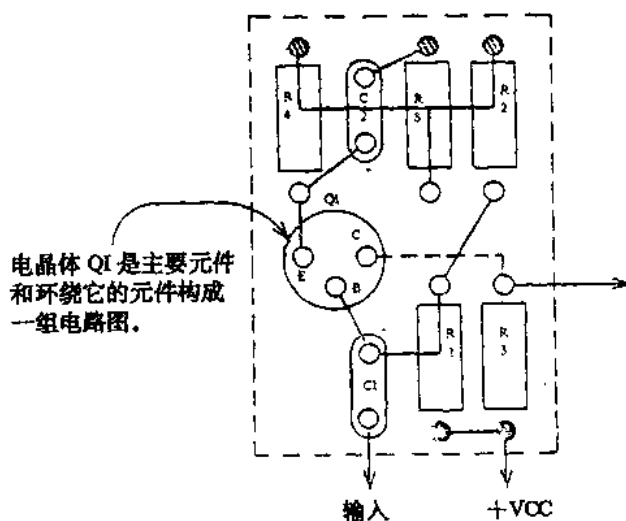


图 1. 17

12. 最后再从事布线的工作。

► 模拟电路布线及布局方针

模拟印刷电路板在设计时考虑信号的频率范围、阻抗大小、信号位准的高低，并注意信号间互相干扰，对电源设计时更需注意电流大小及电压高低。模拟电路所能处理的频率范围覆盖所欲测定外来信号频率范围，故电路结构较复杂精密。为防上各电路相互干扰，在高频率时用电路块予以隔离。选择 PCB 板质材料也非常重要。布线时需注意电路频率，低阻抗电路需缩短导线长度以减少滞留电感；高阻抗电路设计时需注意布线以防上产生寄生电容。当前多采 SMD 元件可以使 PCB 板用于更高频率且提高元件密度减少

残留电感及寄生电容。采用多层板设计亦为未来的趋势。对于电解电容、电感器、半固定 VR、电位器、开关、变压器及插座等元件需评估后选择最佳元件。此地为模拟电路板设计重点之一。

以下列出几项准则提供参考：

1. 需先考虑结构特殊元件的位置布局。
2. 安排元件至适当的位置以得到最佳板子外框。
3. 建议元件间导线尽量缩短。
4. 某些元件不可相离太近，以防电磁或电容耦合。
5. 某些导线间电位差较大时，其间距亦须增加。
6. 有金属外壳而未绝缘的元件，应避免接触。
7. 建议某些电路采用接地分离。
8. 可调变或可变元件应置于方便操作的位置。
9. 电源与接地导线大小。
10. 布线时信号导线应先较电源或接地导线完成布线。
11. 使用接地面者应先规划好。
12. 大功率元件须加装散热板片。
13. 尽可能将热敏感及有热射元件比较远距离分开布局。
14. 元件重量超 1/20Z 时须用托架来固定。

1. 2. 5 数字电路布置

► IC 的组合

在从事数字电路布局设计者可依制造规格表来做规划分组，利用表中所列 IC 可以确认每个门在电路中的位置及脚做，以便获知空脚门。下图示出 IC 使用情况，

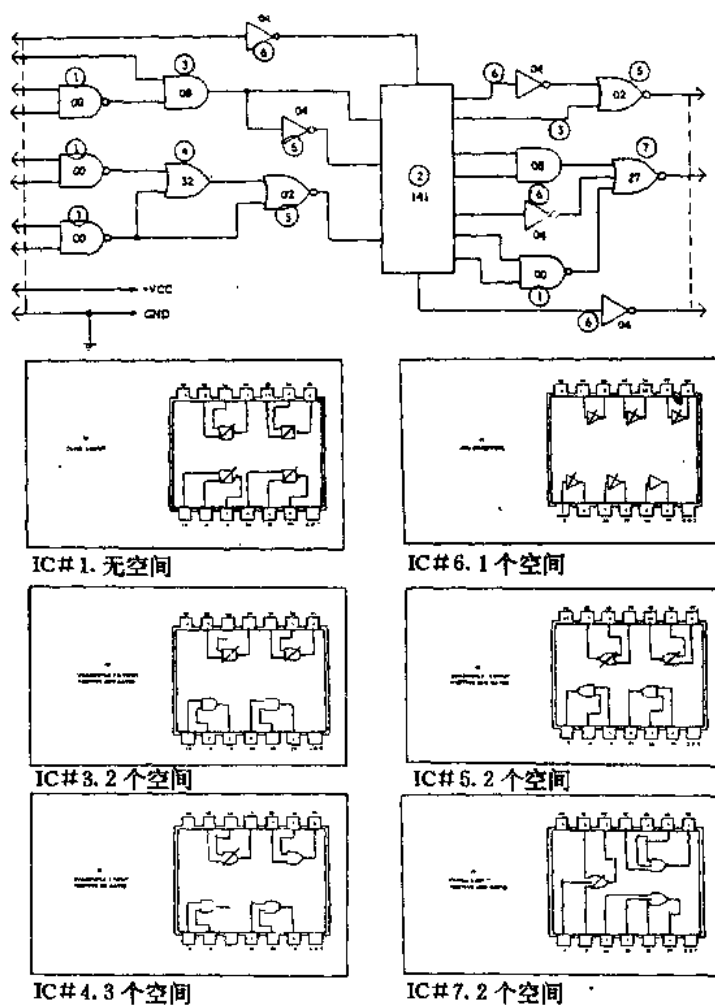


图 1. 18

下图示出如何来设定 IC 包装所占的空间：

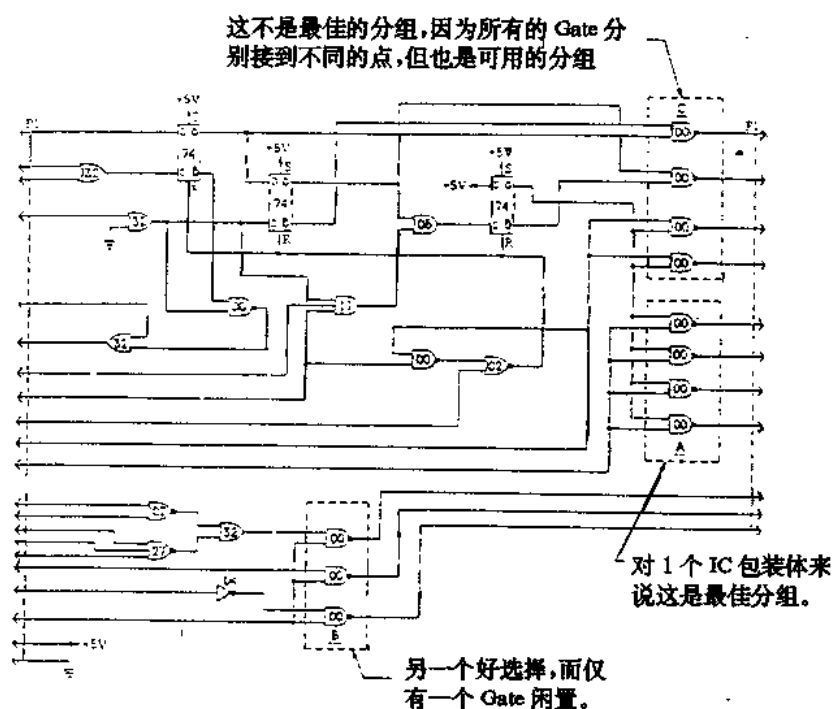


图 1. 19

这种设计程序可减小导线的长度,减小通孔数量。一个成功的规划如上图所示。同组门接近靠近,并与连接器接近。该原则也应用到较复杂的电路上。