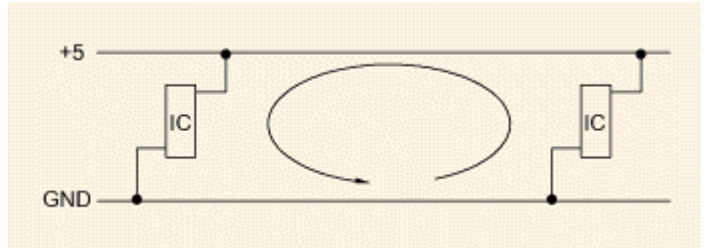


# PCB 设计的 ESD 抑止准则

PCB 布线是 ESD 防护的一个关键要素，合理的 PCB 设计可以减少故障检查及返工所带来的不必要成本。在 PCB 设计中，由于采用了瞬态电压抑止器(TVS)二极管来抑止因 ESD 放电产生的直接电荷注入，因此 PCB 设计中更重要的是克服放电电流产生的电磁干扰(EMI)电磁场效应。本文将提供可以优化 ESD 防护的 PCB 设计准则。

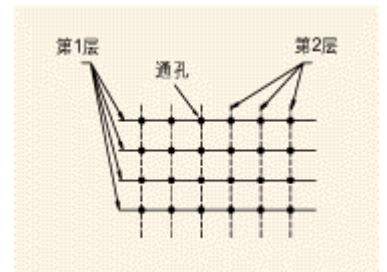
## 电路环路

电流通过感应进入到电路环路，这些环路是封闭的，并具有变化的磁通量。电流的幅度与环的面积成正比。较大的环路包含有更多的磁通量，因而在电路中感应出较强的电流。因此，必须减少环路面积。

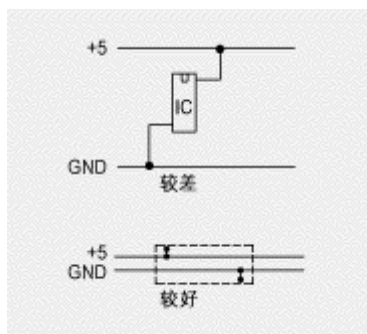


最常见的环路如图 1 所示，由电源和地线所形成。在可能的条件下，可以采用具有电源及接地层的多层 PCB 设计。多层电路板不仅将电源和接地间的回路面积减到最小，而且也减小了 ESD 脉冲产生的高频 EMI 电磁场。

如果不能采用多层电路板，那么用于电源线和接地的线必须连接成如图 2 所示的网格状。网格连接可以起到电源和接地层的作用，用过孔连接各层的印制线，在每个方向上过孔连接间隔应该在 6 厘米内。另外，在布线时，将电源和接地印制线尽可能靠近也可以降低环路面积，如图 3 所示。



减少环路面积及感应电流的另一个方法是减小互连器件间的平行通路，见图 4。



当必须采用长于 30 厘米的信号连接线时，可以采用保护线，如图 5 所示。一个更好的办法是在信号线附近放置地层。信号线应该距保护线或接地线层 13 毫米以内。

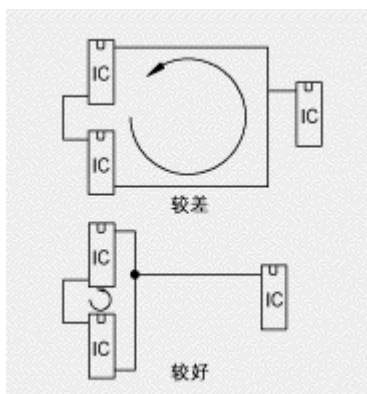
如图 6 所示，将每个敏感元件的长信号线(>30 厘米)或电源线与其接地线进行交叉布置。交叉的连线必须从上到下或从左到右的规则间隔布置。

## 电路连线长度

长的信号线也可成为接收 ESD 脉冲能量的天线，尽量使用较短信号线可以降低信号线作为接收 ESD 电磁场天线的效率。

尽量将互连的器件放在相邻位置，以减少互连的印制线长度。

## 地电荷注入



ESD 对地线层的直接放电可能损坏敏感电路。在使用 TVS 二极管的同时还要使用一个或多个高频旁路电容器，这些电容器放置在易损元件的电源和地之间。旁路电容减少了电荷注入，保持了电源与接地端口的电压差。

TVS 使感应电流分流，保持 TVS 钳位电压的电位差。TVS 及电容器应放在距被保护的 IC 尽可能近的位置(见图 7)，要确保 TVS 到地通路以及电容器管脚长度为最短，以减少寄



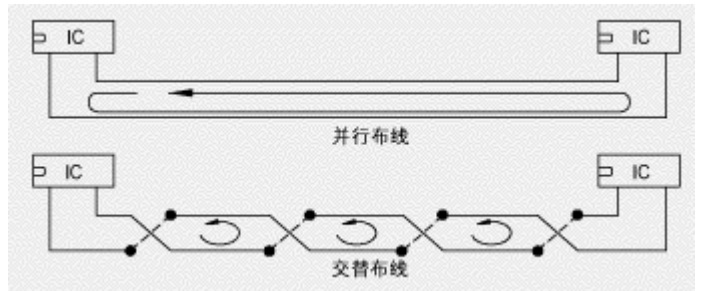
要确保 TVS 到地通路以及电容器管脚长度为最短，以减少寄

生电感效应。

连接器必须安装到 PCB 上的铜铂层。理想情况下，铜铂层必须与 PCB 的接地层隔离，通过短线与焊盘连接。

### PCB 设计的其它准则

1. 避免在 PCB 边缘安排重要的信号线，如时钟和复位信号等；
2. 将 PCB 上未使用的部分设置为接地面；
3. 机壳地线与信号线间隔至少为 4 毫米；
4. 保持机壳地线的长宽比小于 5:1，以减少电感效应；
5. 用 TVS 二极管来保护所有的外部连接；



### 保护电路中的寄生电感

TVS 二极管通路中的寄生电感在发生 ESD 事件时会产生严重的电压过冲。尽管使用了 TVS 二极管，由于在电感负载两端的感应电压  $V_L=L \times di/dt$ ，过高的过冲电压仍然可能超过被保护 IC 的损坏电压阈值。

保护电路承受的总电压是 TVS 二极管钳位电压与寄生电感产生的电压之和， $V_T=V_C+V_L$ 。一个 ESD 瞬态感应电流在小于 1ns 的时间内就能达到峰值(依据 IEC 61000-4-2 标准)，假定引线电感为每英寸 20nH，线长为四分之一英寸，过冲电压将是 50V/10A 的脉冲。经验设计准则是将分流通路设计得尽可能短，以此减少寄生电感效应。

所有的电感性通路必须考虑采用接地回路，TVS 与被保护信号线之间的通路，以及连接器到 TVS 器件的通路。被保护的信号线应该直接连接到接地面，若无接地面，则接地回路的连线应尽可能短。TVS 二极管的接地和被保护电路的接地点之间的距离应尽可能短，以减少接地平面的寄生电感。

最后，TVS 器件应该尽可能靠近连接器以减少进入附近线路的瞬态耦合。虽然没有到达连接器的直接通路，但这种二次辐射效应也会导致电路板其它部分的工作紊乱。

