

网口防护设计要求

首先，在以太网口电路设计时应树立高压线路和低压线路分开的意识。其中变压器接外线侧的以太网差分信号线、Bob-Smitch电路是直接连接到RJ45接头上的，容易引入外界的过电压（如雷电感应等），是属于高压信号线。而指示灯控制线、电源、GND是由系统内提供，属于低压线路。

根据网口连接器不同，网口电路分为带灯和不带灯两种，其中尤以带灯连接器的网口防雷问题更为突出，因此下面以网口带灯电路为例具体说明如何区分高压线路与低压线路。

网口带灯的典型电路如下图所示：

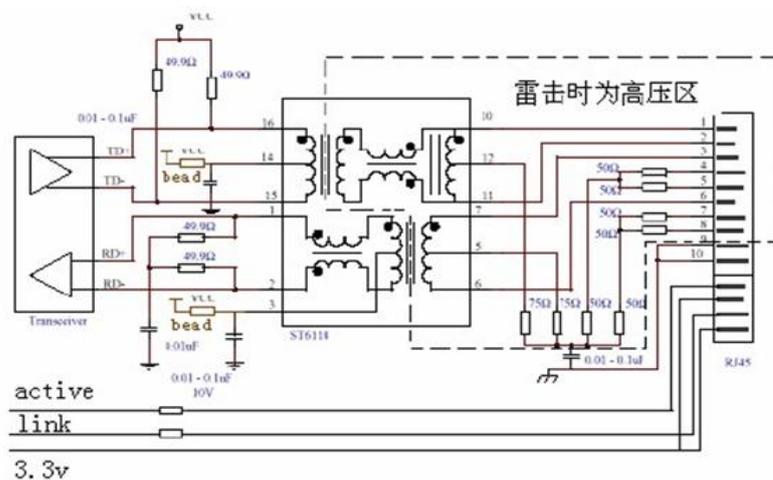


图 7-10 网口部分电路组成

当网线上遭受感应雷击时，会在 8 根网上同时产生过电压。从安全的角度分析，应把网口部分分为高压区和低压区，如上图所示，虚线框内即为高压区。因此网线感应雷电时主要在高压区有比较高的过电压。但是，在高压区仅有 8 根网线和相连的网络为高压线，而指示灯驱动线、3.3V 供电电源、连接器外壳地 P G N D 为低压线，网口电路 Bob-Smitch 电路中匹配电阻属于高压，指示灯限流电阻属于低压范围，变压器线缆侧中间抽头电容一端为高压端，接 P G N D 的一端为低压端。

其次，网口防雷电路在器件选型和 P C B 设计过程中要注意以下几点：

- 1、 为了保证共模隔离耐压的承受能力，变压器需要满足初级和次级之间的交流绝缘耐压不小于 AC 1 5 0 0 V 的指标。
- 2、 优先选择不带灯的 R J 4 5，要引灯的话，建议采用导光柱技术在芯片侧将

指示灯的光线引到面板上，避免指示灯控制信号穿越高压信号线和 Bob-Smitch 电路所在的区域。

- 3、 指示灯控制电路的限流电阻应放在控制芯片侧，位置靠近控制芯片，防止过电压直接对控制芯片造成冲击。
- 4、 以太网信号线按照差分线走线规则，保证阻抗匹配，并且一对差分线的长度尽量一样长。
- 5、 如果变压器前级（靠 RJ45 接头侧）有中间抽头并且采用 Bob-Smitch 电路，即 75Ω 电阻加一个 $1000pF$ 的接 PGND 的电容。建议电容选取耐压大于 DC2000V，电阻功率建议选择 $1/10W$ 的单个电阻，不宜采用排阻。
- 6、 一个以太网接口采用一个 Bob-Smitch 电路，避免将多个以太网接口的 Bob-Smitch 电路复接在一起。
- 7、 对于 PCB 层数大于 6 层的单板，由于相邻层的绝缘材料小于 $12mil$ ，因此高压线和低压线不应布在相邻层，更不应交叉或近距离并行走线。
- 8、 由于通过变压器的隔离特性完成共模防护，所以高压信号线（差分线和 Bob-Smitch 电路走线）和其它信号线（指示灯控制线）、电源线、地线之间应该保证足够的绝缘，不存在意外的放电途径。

最后，要达到高压区与低压区之间有效的隔离，就要重视二者之间的 PCB 走线设计。

在高压区，带高压的可能有：连接器管脚、布线、过孔、电阻焊盘、电容焊盘。带低压的可能有：布线、过孔、电阻焊盘、螺钉。根据测试结果和分析，我们总结得到在网口 PCB 部分高低压各种形式两两之间的绝缘耐压数据，具体如下表（表中给出的是高压与低压部分距离为 $10mil$ 时候的耐压情况）：

压管脚 低压	高 RJ45 连接器	PCB 走线	过孔	焊盘	
				电阻	电容
PCB 走线	推断 $>2200V$	推断 $>2200V$ (表内)	$2200V$	内层 $1200V$	推断 $1200V$
过孔	-----	推断 $>2200V$	$1000V$	$1500V$ (建议按照 $750V$ 设计)	推断 $750V$
电阻焊盘	-----	-----	-----	-----	-----
螺钉	-----	$1000V$	推断 $320V$ 到 $750V$ 之间	推断 $>320V$	$320V$

变压器管脚	1250V
-------	-------

表 7-1 绝缘耐压测试结果

注：上表中红色数据为直接试验得到，黑色数据为根据试验和具体情况分析得到。

蓝色数据为原理分析数据，设计过程中建议按照该数值进行设计。

从表中可以看出，对于相同的绝缘距离，耐压能力为接地螺钉 < 电容、电阻焊盘 < 走线过孔 < 表层走线 < 内层走线，因此当共模防护指标一定时，高压部分与低压部分的绝缘距离应该为接地螺钉 > 电容、电阻焊盘 > 走线过孔 > 表层走线 > 内层走线。这是因为螺钉整个为金属体，暴露面积比较大，容易成为放电通路。电容和电阻焊接两端表面为金属，同时由于形状为长方体，有棱角，很容易形成尖端放电。过孔在网口部分有很多，表面是亮锡的，也容易产生击穿放电，但与电阻和电容焊接两端相比较，金属面积相对就小一些。PCB板的表层走线涂有绝缘绿油，内层的走线有介质包围，相对上面几种，耐压能力就应该高一点。

在设计中，根据具体产品要求的抗浪涌等级，利用表 7-1 中的数据，就可以推算出 PCB 设计需要控制的各种绝缘距离。表 7-2 给出了在防护等级是 4 kV 的时候，PCB 设计要达到的安全绝缘距离。

高压 \ 低压	连接器管脚	线	过孔	焊盘（电容、电阻）
线	20mil	20mil	20mil	33mil
过孔	-----	20mil	40mil	53mil
螺钉	-----	40mil	120mil	120mil

表 7-2 PCB 设计安全绝缘距离数据（按照 4 kV 耐压进行计算）

综上所述，采用图 7-9 的防护电路，通过良好的器件选型和 PCB 设计，可以实现共模 2 kV（1.2 / 50 us，最高可达 4 kV），差模 0.5 kV（1.2 / 50 us）的防护能力。它可以应用于绝大多数室内走线的情况，特别是对于接入和终端设备，在实际使用中以太网线不采用屏蔽电缆，而且安装使用长度大于 50 米，在网口的防护电路设计过程中宜对以上问题加以重视。





