

电源产品的雷击防制技术

(日期: 2011-06-08] 作者: 洪胜群/林玉焜)

雷击是大自然现象,当雷击中地面或障碍物时,瞬间的突波电压会藉由传输系统(如电力线/天线/网络)等进入电源产品(Power supply) ,此异常能量容易造成产品内部的组件损毁。另外,在现实生活中,电源开关切换与插头的插拔,也有可能出现类似的瞬间的突波电压。

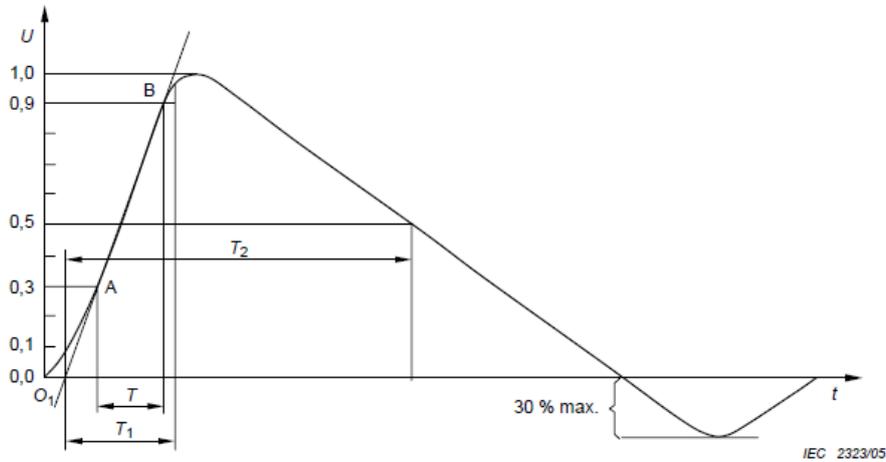
为了有效验证产品对雷击防制的耐受程度 , 因此 IEC 针对不同的产品定出的雷击测试规范(IEC-61000-4-5) , 表一就针对不同产品所订定的规范。

Table A.1 – Selection of the test levels (depending on the installation conditions)

Installation class	Test levels (kV)											
	AC power supply and a.c. I/O directly connected to the mains network Coupling mode		AC power supply and a.c. I/O not directly connected to the mains network Coupling mode		DC power supply and d.c. I/O directly connected thereto Coupling mode		Unsymmetrical operated circuits/lines Coupling mode		Symmetrical operated circuits/lines Coupling mode		Shielded I/O and communication lines † Coupling mode	
	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	All lines-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	0,5	NA	0,5	NA	NA
2	0,5	1,0	NA	NA	NA	NA	0,5	1,0	NA	1,0	NA	0,5
3	1,0	2,0	1,0 ^e	2,0 ^{b,e}	1,0 ^e	2,0 ^{b,e}	1,0 ^c	2,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^c
4	2,0	4,0 ^b	2,0 ^e	4,0 ^{b,e}	2,0 ^e	4,0 ^{b,e}	2,0 ^c	4,0 ^{b,c}	NA	2,0 ^{b,c}	NA	4,0 ^c
5	^a	^a	2,0	4,0 ^b	2,0	4,0 ^b	2,0	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^c

^a Depends on the class of the local power supply system.
^b Normally tested with primary protection.
^c The test level may be lowered by one level if the cable length is shorter or equal to 10 m.
^d No test is advised at data connections intended for cables shorter than 10 m.

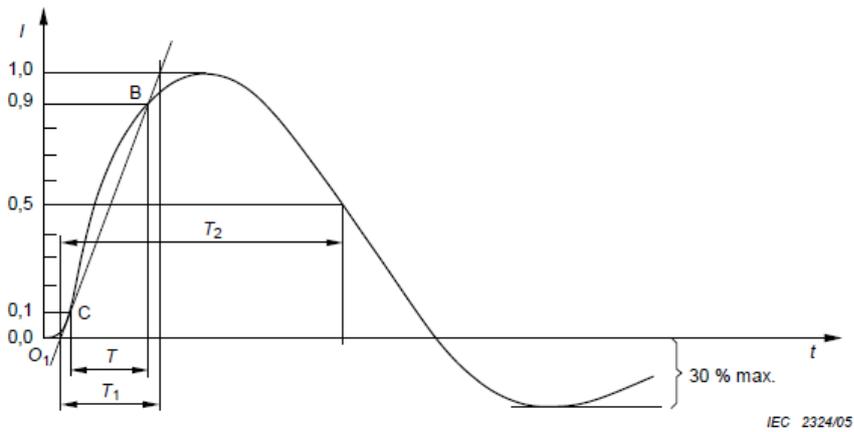
为了模拟雷击波形与能量，测试的方式主要分为以下两种



Front time: $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu\text{s} \pm 30 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 50 \mu\text{s} \pm 20 \%$

NOTE The open circuit voltage waveform at the output of the coupling/decoupling network may have a considerable undershoot, in principle as the curve shown in Figure 3.

开路电压(open circuit voltage) (图二)



Front time: $T_1 = 1,25 \times T = 8 \mu\text{s} \pm 20 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 20 \mu\text{s} \pm 20 \%$

NOTE The 30% undershoot specification applies only at the generator output. At the output of the coupling/decoupling network there is no limitation on undershoot or overshoot.

与短路电流(short circuit current) (图三) :

雷击的测试项目主要针对电源火线(L),地线(N),安全地(E)进行不同组合测试

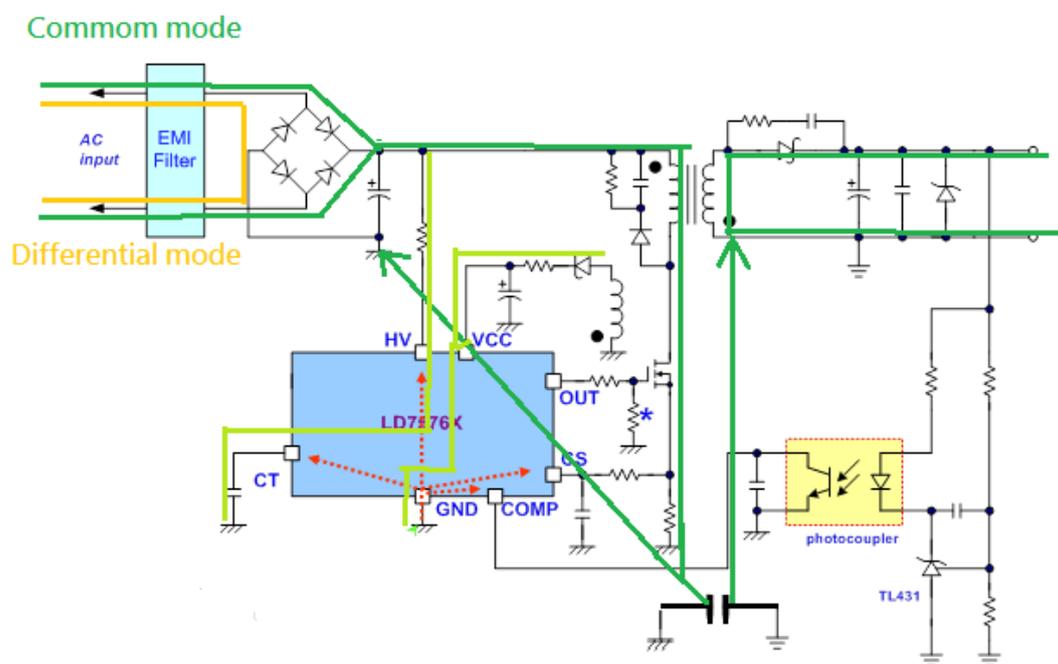
主要测试项目有四种(L→E , N→E, L&N→E, L→N), 一般设计考虑上分为共模

(Common Mode)与差模(Differential mode)两大类,

A. L→E , N→E, L&N→E 测试属于共模(Common Mode)

B. L→N 测试属于差模(Differential mode)

以下是做雷击测试时 Common Mode 和 Differential mode 的路径如图四所示



图四

共模的雷击对策: (Common Mode)

共模雷击能量泄放路径,(参考图四绿线),首先考虑跨初、次级会因安全距离不足而造成其雷击跳火或组件损坏的路径有那些?(变压器 /光耦合器 /

Y-Cap)针对这三个组件选择与设计考虑如下:

1. 变压器:

因变压器横跨于初、次级组件,依照工作电压有不同的安规距离要求,一般采用 Class B 的等级,零件本身初次级需通过 Hi-POT 3000Vac,需特别注意脚距与铁心的距离以及绕组每层胶带数量是否符合绝缘强度。

2. 光耦合器:

组件本身的距离需符合安规的要求,layout 时零件下方不可有 Trace 避免距离不足的问题。

3. Y-Cap:

本身的特性是高频低阻抗的组件,当共模雷击测试时,能量会快速通过 Y-Cap 所摆放的路径,因此 layout 布局时半导体组件(PWM IC, TL431, OP...) GND trace 应避免 Y Cap 雷击能量泄放路径,以避免成零件的损坏

差模的雷击对策: (Differential

雷击能量流经的路径主要在桥式整流器前的 L 和 N 回路, 主要对策如下: Varistor (MOV) 或 Spark Gap(雷击管)吸收 等组件吸收并抑制能量流入 power supply 内部。

1. Thermistor (NTC) :串接于 L or N 的路径上,会增加回路的阻抗值,进而降低进入 Power supply 的电流能量。
- 2.MOV(Metal Oxide Varistor) :金属氧化物或突波吸收器, 使用上并联于 L 和 N 上, 组件本身为一个高阻抗的组件,在一般的情形下并不会产生损耗,只有稍许的漏电流,当瞬间的雷击高电位进入电源输入端且超过 MOV 的崩溃电压,此时产生抑制电压的动作,而让瞬间上升电流流经 MOV 本身进行能量吸收,降低雷击的能量进入 Power Supply 本身。
3. Spark Gap or Gas Discharge Tube : 使用上并联于 Common Choke 同一次侧的两端, 针对雷击所产生的动作保护原理当瞬间的高电位在 Common Choke 两端超过其额定的电压时会激发惰性气体, 此时 Spark Gap 会产生电弧放电,将突波的能量抑制下来,不让大量的能量进入 Power Supply ,
4. 在 layout 上规划出锯齿状的铜箔形式,两端距离约 1mm,当 Common Choke 两端的压差太大时,产生尖端放电的现象,将能量进而宣泄。

除了上述设计上所应注意的地方之外, Layout 上如何达到对电击的防制亦是重要一环

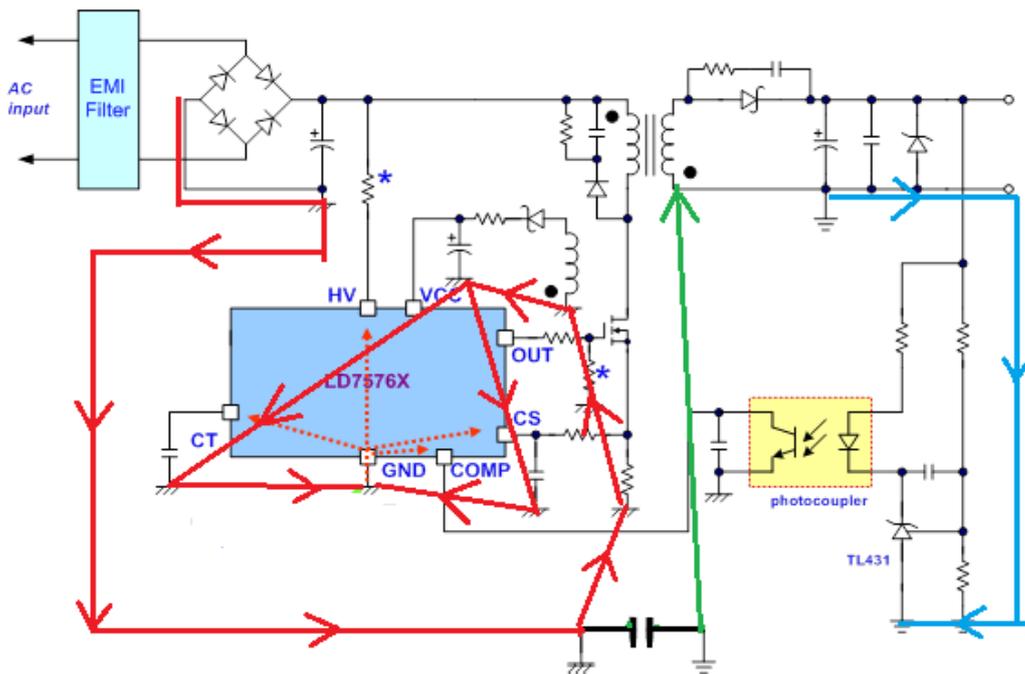
1. 地线(Ground) 的处理,如图五所示,

A. 一次侧的部分,Ground 的 layout 顺序大电容的 Ground →Current

sensor→Y-Cap→一次侧变压器辅助绕组 Vcc 电容的 Ground→PWM IC 外围组件的 ground →PWM IC 的 ground 。

B. 二次侧的部分:1. TL431 的地接至第二级输出电容的地。

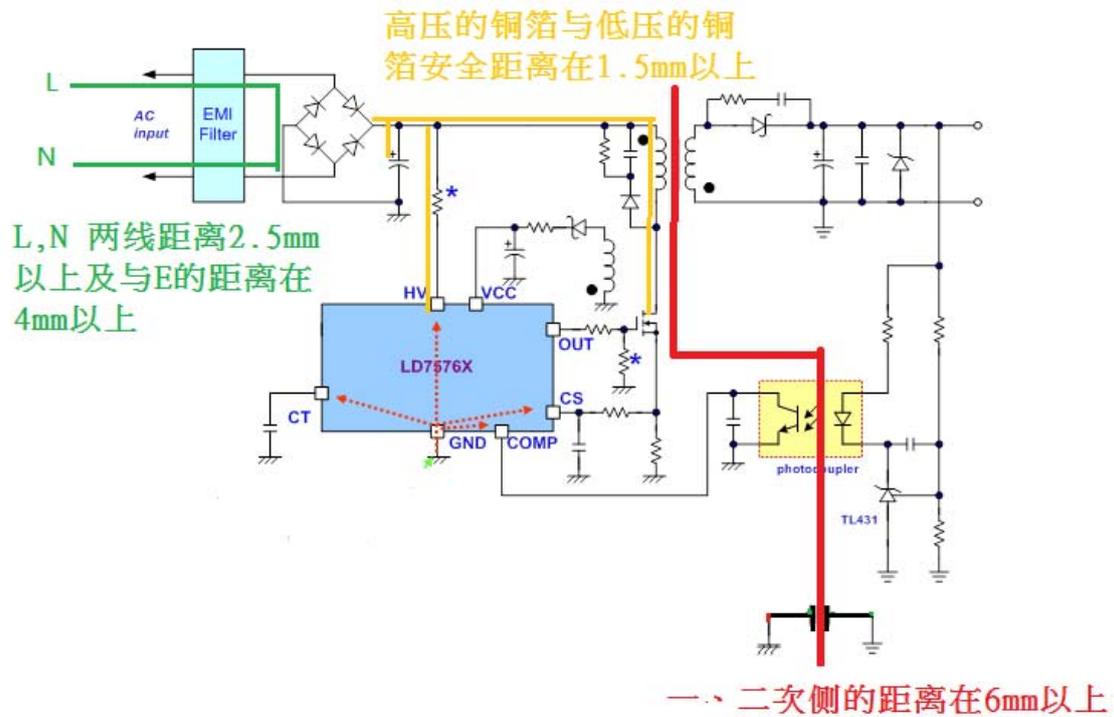
C. 二次侧 Y-cap 的出脚接至二次侧变压器的 ground 。



图五

2. 正端高压部分的处理, 如图六所示。

- A. L,N 两线距离 2.5mm 以上及与 E 的距离在 4mm 以上。
- B. 高压的铜箔与低压的铜箔安全距离在 1.5mm 以上。
- C. 一、二次侧的距离在 6mm 以上。



图六

4. PWM IC layout 的注意事项 ,因 PWM IC 相较于其它的组件而言是属于比较脆弱且易损伤的组件, ,举例笔者所任职通嘉科技(Leadtrend Technology Corp.)的 PWM IC LD7576 产品做个说明(客户 power board 实测可通过 6KV surge),在一般的 PWM IC 都会定义每支脚位所能承受的最大电位及负向电压如图七所示,所以一开始 layout 其组件的摆置相形重要。

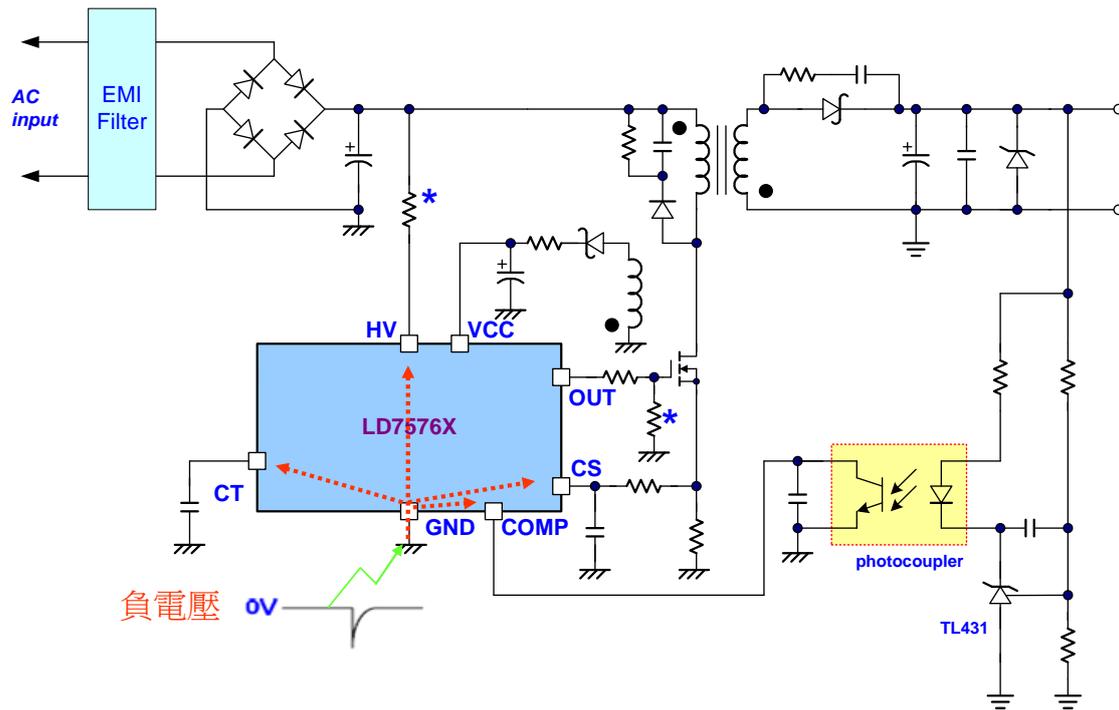
- 1. Vcc 的电解电容及陶瓷电容。

2. Cs pin 的陶瓷电容。
3. CT pin 的陶瓷电容。
4. COMP pin 的陶瓷电容。

以上电容都要尽量要靠近 IC,以防止瞬间电压进入 PWM IC(尤其是负电压)。再来就 Ground 的处理, 首先将 PWM IC 之 CT / CS / COMP 所有 GND 接在一起后,单点进入 IC GND,再接至 Vcc 电解/陶瓷电容的 Ground 最后再接至辅助绕组的 Ground。

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage VCC.....	-0.3V~30V
High-Voltage at HV pin.....	-0.3V~600V
COMP, CT, CS	-0.3V~7V



图七

对于 layout ground 的部分用实例来解释 如图八所示, Ground 的 layout 准则

1. Current sense 电阻直接回到大电容的地。

2. 由大电容的地先到变压器的地再到辅助绕组 Vcc 电解电容的地。
3. 由辅助绕组 Vcc 电解电容再分出去给光耦合器的地及 IC 外围陶瓷电容的地,最后接到 PWM IC 的地。



图八

撰写本文的目的是将笔者这几年在设计 power supply 上针对雷击防制上的经验上做一个汇整能够对目前正从事于 Power Supply 设计的专业人员有些帮助。

参考文献:

1. IEC-61000-4-5 second edition 2005-11

(本文作者现任职于通嘉科技 Leadtrend Technology Corp.)