



# 陶瓷瞬态电压抑制器 CTVS

## 电磁兼容 (EMC) 保护标准

日期: 2014年7月

©爱普科斯(上海)产品服务有限公司版权所有。在未获得爱普科斯(EPCOS)预先许可的情况下, 禁止复制、发行和传播本出版物及其包含的信息。

爱普科斯(EPCOS)是TDK集团成员

本出版物是翻译文件, 具体内容请以英文版为准。

## 1 CE兼容性

最近几年,在EMC领域已经生效并发布了一系列法规和协调标准。欧洲议会发布的欧盟EMC指令89/336/EEC及后续2004/108/EC均应遵守。所有电子设备都必须符合EMC指令的保护要求。与相关标准的兼容性必须由制造商或进口商以一致性声明的方式予以保障。所有设备上都必须粘贴专用的CE标识。

从理论上讲,所有电气或电子设备、装置和系统都必须满足EMC指令和/或各国EMC法规的保护要求。绝大多数设备都需要制造商或进口商的一致性声明和CE标识。特殊的例外情况都在EMC法规中进行了详细说明。

在最大干扰辐射和抗扰度方面都有相应的约束法规。从这个角度来说,除了具备最佳性价比之外,压敏电阻已被证明是可靠的解决方案,能够满足在抗扰度和瞬态过压抑制方面的绝大多数要求。IEC 61000或EN 61000系列标准是所有EMC法规都予以采纳的核心EMC标准。

欧盟标准分为通用、基本和产品系列标准三类。这样更易于找到相关设备的适用规则。通用标准规定了设备按照其预定用途工作时的EMC环境,在没有特定产品系列标准或专门产品标准时适用于所有设备。基本标准包括有关干扰现象和总体测量方法的信息。

### 1.1 电磁兼容 (EMC) 通用标准

根据EEC的EMC指令和国内的EMC法律,目前已经起草出了欧盟协调标准。这些标准规定了电子器件、设备和系统在干扰辐射和干扰耐受性(或抗扰度)方面的测量技术、极限数值或强度等级。

遵守相关EMC标准是至关重要的。这些标准包括:

- 抗扰度 EN 61000-6-1和EN 61000-6-2  
IEC 61000-6-1和IEC 61000-6-2
- 干扰辐射 EN 61000-6-3和EN 61000-6-4  
IEC 61000-6-3和IEC 61000-6-4

## 电磁兼容 (EMC) 保护标准

### 1.2 基本标准: 用于抗扰度测量的IEC标准

一个与EMC相关的重要IEC标准就是IEC 61000-4, 它由一系列EMC专用标准组成。以下标准规定了抗扰度和瞬态过压的度量, 因此尤其适用于CTVS器件:

1. IEC 61000-4-1 – 简介
2. IEC 61000-4-2 – ESD (静电放电) 抗扰度测试
3. IEC 61000-4-3 – 电磁场抗扰度测试
4. IEC 61000-4-4 - 电快速瞬变脉冲群抗扰度测试
5. IEC 61000-4-5 – 浪涌 (高能瞬态) 抗扰度测试
6. IEC 61000-4-6 – 传导抗扰度测试

该标准的每一部分分别着眼于不同种类电磁干扰的测试:

#### 静电放电 (ESD)

标准	测试特性	现象
IEC 61000-4-2	8 kV 接触放电 (4 级) 15 kV 空气放电 (4 级)	静电放电

#### 电磁场抗扰度测试

标准	测试特性	现象
IEC 61000-4-3	1 V/m、3 V/m、10 V/m、30 V/m 或者更大 80 MHz 到 6 GHz	高频干扰电磁场

#### 传导抗扰度测试

标准	测试特性	现象
IEC 61000-4-4	5/50 ns 脉冲, 最高 4 kV, 5 kHz 脉冲群持续时间 15 ms, 100 kHz 脉冲群持续时间为 0.75 ms	电快速瞬变脉冲群 示例: 开关过程
IEC 61000-4-5	1.2/50 $\mu$ s (开路电压) 8/20 $\mu$ s (短路电流)	浪涌 (高能瞬态) 示例: 雷击、电源线附近的开关过程
IEC 61000-4-6	1 V、3 V 和 10 V 150 kHz - 230 MHz	传导干扰 示例: 射频磁场感应出的干扰

下一节将详细说明适用于压敏电阻瞬态过压保护的标准。

### 1.2.1 符合IEC 61000-4-2标准的静电放电(ESD)

IEC 61000-4-2标准对测试步骤进行了说明, 而且规定了强度等级。图1所示为放电电路 (高压电源、充电电阻 $R_c$ 、有效电容 $C$ 和放电电阻 $R_d$ )，图2所示为放电电流的波形 (0.8 ns的超短上升时间以及高达30到40 A的幅值)。

这种边缘陡峭度的二次影响就是很高的电场和磁场强度。

在ESD测试中, 至少要施加10个测试脉冲, 且使用待测设备最敏感的极性。

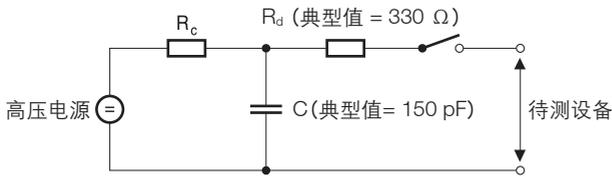


图1

MLV0562-A-E

IEC 61000-4-2标准规定的ESD放电电路 (典型值:  $C = 150 \text{ pF}$ ,  $R_d = 330 \text{ }\Omega$ )

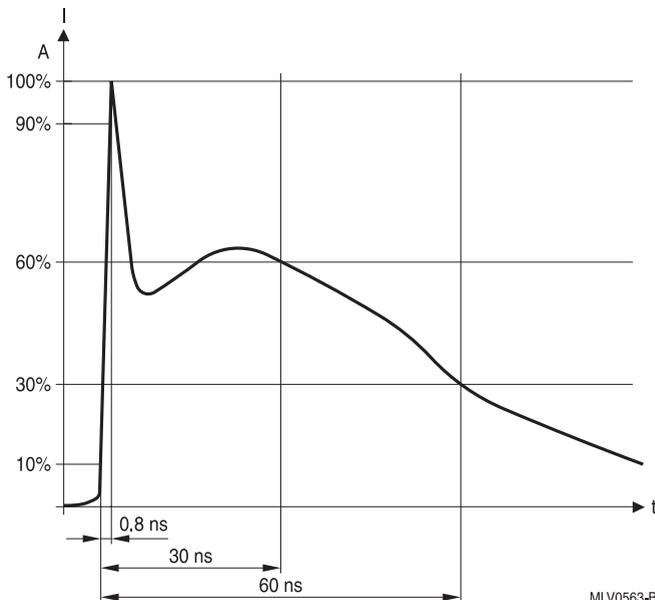


图2

MLV0563-B

IEC 61000-4-2标准规定的ESD放电电流

### CTVS的响应时间

考虑到次纳秒范围内的ESD脉冲具有非常短的上升时间 (参见图2), 因此为了提供高效的ESD保护功能, CTVS的响应时间 (即ESD脉冲产生到CTVS器件将过压钳制到安全值之间所经过的时间) 要求非常短。多层CTVS器件具有非常低的寄生电感 - 典型值从3 nH (较大外壳尺寸, 比如2220) 低至<1 nH (较小外壳尺寸, 比如0201) - 因此响应时间< 0.5 ns。图3所示就是在时域内对4 kV ESD脉冲的无延迟电压响应。

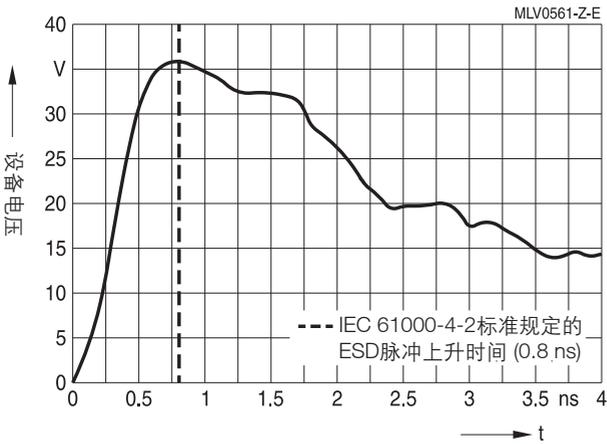


图3

低钳位电压系列CTVS器件在时域内对标准ESD脉冲 (IEC 61000-4-2标准, 4 kV接触放电) 的电压响应。

### 1.2.2 符合IEC 61000-4-4标准的电快速瞬变 (EFT) 脉冲群

根据IEC 61000-4-4标准, 脉冲群是具有陡峭边缘和高重复速率的低能量瞬态。因此, 设备要想成功通过脉冲群测试, 设计 (线路滤波器、接地、外壳等) 和CTVS的选择都至关重要。如果在选择CTVS时已经考虑了IEC 61000-4-5标准, 那么它们在处理脉冲群能量时就不会有任何问题。

由于脉冲边缘非常陡峭, 因此在连接CTVS时必须确保较低的寄生电路电感。

### 1.2.3 符合IEC 61000-4-5标准的浪涌电压

对浪涌电压的抗扰度应该根据IEC 61000-4-5标准进行测试。

瞬态是利用一台组合波 (混合) 发生器生成的。

抗扰度测试的强度等级必须定义为安装条件的一个函数。

在绝大多数情况下, 相应的产品标准通常都需要五个正和五个负的电电压脉冲。IEC 61000-4-5标准将强度等级4 (线电压, 4 kV) 定义为最高的能量负荷。

## 1.3 汽车领域的EMC保护标准

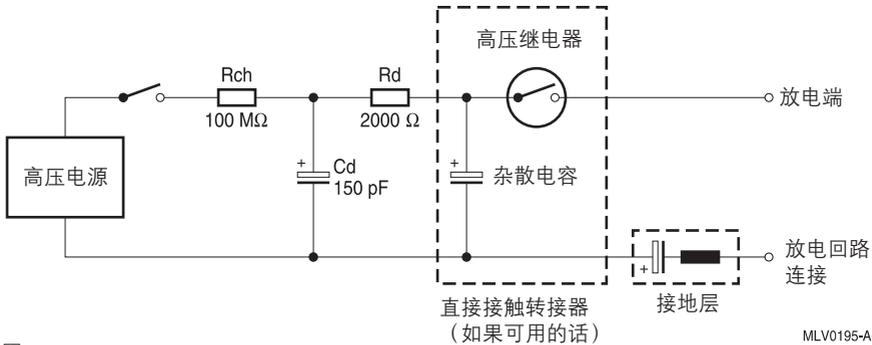
### 1.3.1 静电放电 (ESD) 保护

静电放电 (ESD) 指的是当两个不同物体相互接触、多余电荷在两个物体之间转移时, 在它们之间流过快速而短暂的浪涌电流的现象。通过这样的方式, 最高可以产生25 kV的电压。为了确保汽车系统能够正常工作, 必须对元件级直到系统级都提供ESD保护。共有三个适用于无源电子元件的标准:

- IEC 61000-4-2标准4级 (如前文所述)
- AEC-Q200 (修订版D)
- ISO 10605 (2008) 标准

### 1.3.1.1 AEC-Q200 (修订版D)

图4所示为人体模型 (HBM), 就是使用电路中的电容和电阻模型来模拟人体特性, 以将其作为汽车使用条件下的静电放电源。



MLV0195-A-E

图4

符合AEC-Q200 (修订版D) 要求的HBM ESD仿真电路

此外, 还有机器模型(MM)和充电设备模型 (CDM) 两种ESD模型。MM模型可以模拟机器通过金属触点向电子设备内放电的过程。主要体现就是更小电阻和更大电容产生的放电电流。一般来说, HBM测试足以覆盖MM测试。CDM模型模拟的则是充电元件通过内部等效电容上的位移电流放电到低电阻触点内的过程。该方法通常不适用于多层CTVS。

下表列出了AEC-Q200 (修订版D) 标准中定义的无源元件放电等级。

元件等级	最大耐受电压
1A	< 500 V (DC)
1B	500 V (DC) 到 < 1000 V (DC)
1C	1000 V (DC) 到 < 2000 V (DC)
2	2000 V (DC) 到 < 4000 V (DC)
3	4000 V (DC) 到 < 6000 V (DC)
4	6000 V (DC) 到 < 8000 V (DC)
5A	8000 V (DC) 到 < 12000 V (AD)
5B	12000 V (AD) 到 < 16000 V (AD)
5C	16000 V (AD) 到 < 25000 V (AD)
6	≥ 25000 V (AD)

DC = 接触放电

AD = 空气放电

### 1.3.1.2 ISO 10605标准

ISO 10605 (2008)标准规定了针对汽车中元件（模拟人体在装配或检修过程中的放电现象）和集成系统两个级别进行汽车电子ESD抗干扰测试的方法。HBM电路与IEC 61000-4-2标准（参见第1.2.1节）或AEC-Q200标准（修订版D，参见第1.3.1.1节）中的电路相似，只不过电容有所变化，具体电容大小取决于静电放电区域是由人从车辆内部够到（比如开关、显示器、控制器等）还是从车辆外边接触。请参见下表。

	R (单位为 $\Omega$ )	C (单位为pF)	最大测试电压
车内	330或2 k	330	15 kV
车外	330或2 k	150	25 kV

符合ISO 10605 (2008)标准的HBM条件

对于标准中规定的车辆测试方法来说，有许多不同的强度等级，具体取决于放电模式（接触放电或空气放电）和施加的测试电压。

### 1.3.2 符合ISO 7637-2 和ISO 16750-2标准的汽车瞬态

ISO 7637-2和ISO 16750-2标准详细说明了汽车电气系统的EMC测试，包括测试脉冲1、2a/2b和3a/3b（ISO 7637-2标准）以及测试脉冲A和B（ISO 16750-2标准）。最严苛的瞬态抑制测试是脉冲A和B（如图5和6所示），以此可以模拟负载突降。在引擎运行过程中，如果电池（因为电缆断开）突然从发电机上切断，那么就会发生负载突降。对于脉冲A来说，将以1分钟间隔施加10个脉冲，而对于测试脉冲B来说，则需要以1分钟间隔施加5个脉冲。

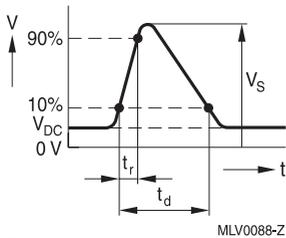


图5

符合ISO 16750-2标准的负载突降测试脉冲A (未抑制)

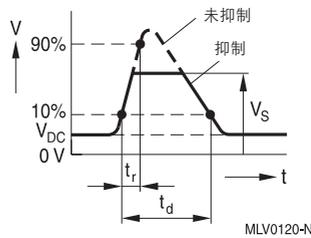


图6

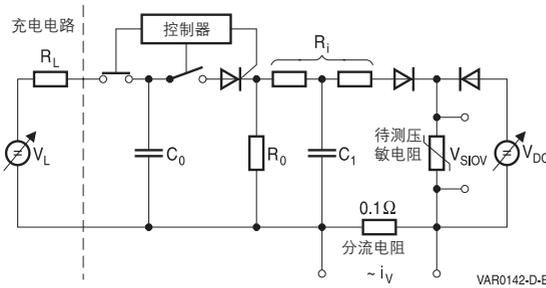
符合ISO 16750-2标准的负载突降测试脉冲B (抑制)

图释:

- 充电电压（测试等级）  $V_S$
- 上升时间  $t_r$
- 持续时间  $t_d$

### 1.3.2.1 测试

可以使用传统测试发生器对EMC维持情况进行检查。图7和图8所示就是在施加工作电压时进行负载突降测试的框图。



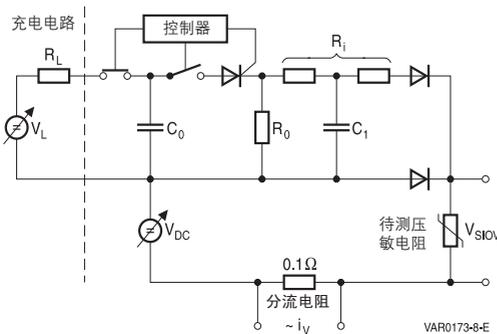
#### 典型值

$C_0$	20 ... 35 mF
$R_0$	4 ... 10 $\Omega$
$C_1$	0 ... 10 $\mu$ F
$R_i$	0.5 ... 8 $\Omega$
$V_L$	0 ... 200 V
$V_{DC}$	12 ... 28 V
$t_d$	40 ... 400 ms
$V_{VAR}$	压敏电阻防护等级
$i_{VAR}$	流过压敏电阻的电流

图7

电池并联连接的负载突降发生器原理

图8中的电路可以产生符合ISO 16750-2标准的测试脉冲A；时间常数 $t_d$ 可以单独调整，不受电池电压影响。请注意，最大放电电流不受电源VDC限制。



#### 典型值

$C_0$	4.7 ... 47 mF
$R_0$	4 ... 5 $\Omega$
$C_1$	47 ... 470 $\mu$ F
$R_i$	0.5 ... 8 $\Omega$
$V_L$	0 ... 200 V
$V_{DC}$	12 ... 28 V
$t_d$	40 ... 400 ms
$V_{VAR}$	压敏电阻防护等级
$i_{VAR}$	流过压敏电阻的电流

图8

电池串联连接的负载突降发生器原理