

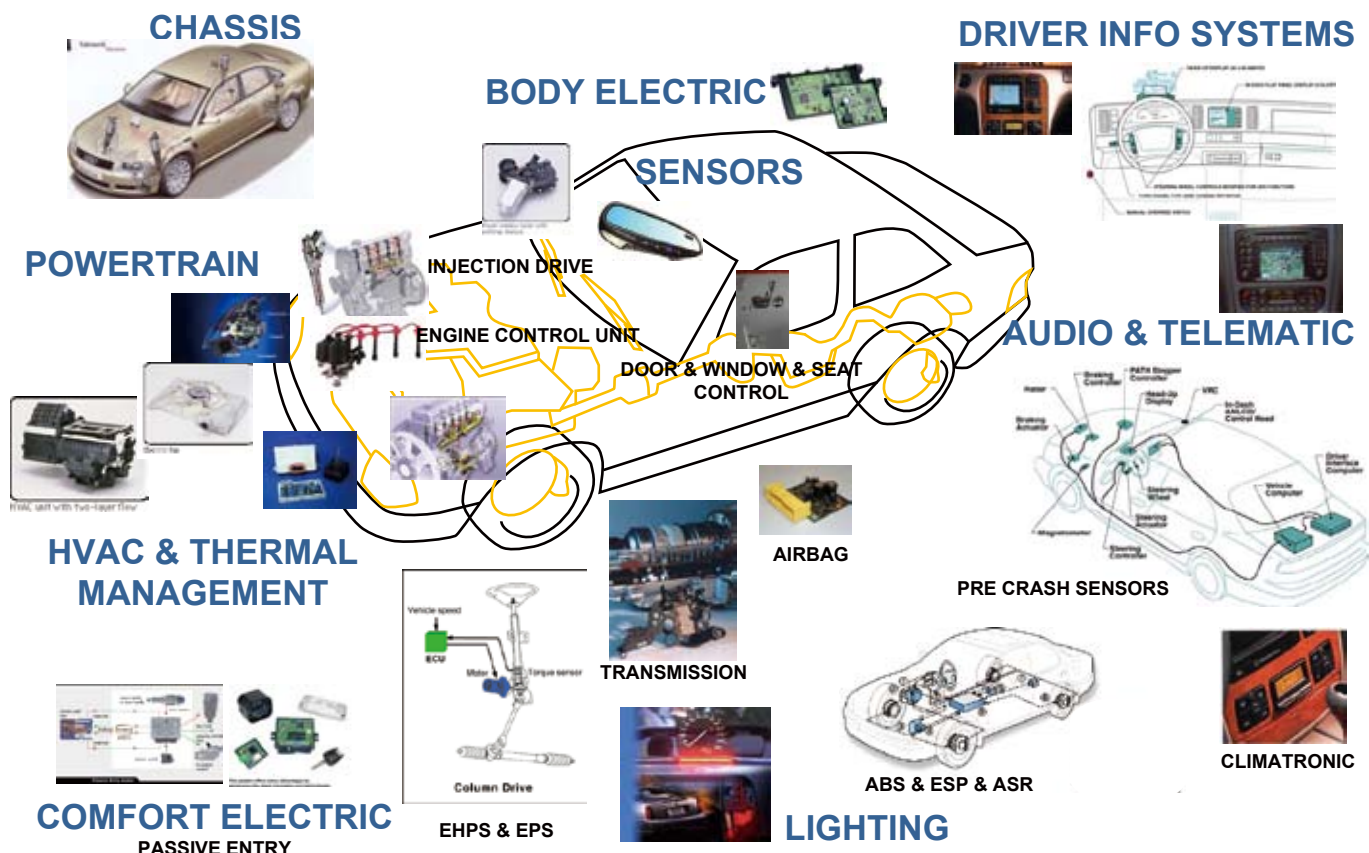


专业生产高品质，性能可靠，领先技术之 汽车专用分立电子元件

AUTOMOTIVE APPLICATION OVERVIEW

Vishay

ELECTRONIC CONTROL UNITS



分立半导体:

整流器
光电子
射频晶体管
二极管光电子
金属氧化物半导体场效应晶体管
集成电路齐纳击穿和干扰抑制二极管

无源组件:

电容器
电阻器
磁性组件

应用:

动力转向
防抱死刹车
车身控制单元
发动机控制单元
自动变速箱控制单元
制热通风空调控制单元
仪表
刹车灯
自动雨刮
氙气车灯
安全气囊
卫星导航

特许专业代理商

WESTPAC ELECTRONICS LIMITED 威柏电子有限公司

香港九龙观塘成业街16号怡生工业中心H1座7字楼 TEL: (852) 2763 5991 FAX: (852) 2343 6979

E-mail: info@westpac-hk.com.hk Website: www.westpac-hk.com

深圳:

深圳市福田区金田路
诺德中心17楼B室
TEL: (0755) 8826 7606
FAX: (0755) 8826 7406

上海:

上海市南丹东路238号
金轩大厦27楼A座
TEL: (021)5489 1461
FAX: (021)5425 9682

青岛:

青岛市市南区丰县路2号
博思公寓2-1902
TEL: (0532) 8823 1566
FAX: (0532) 8580 7948

技术研发中心:

东莞市凤岗镇
金凤凰开发工业区金城路



特许专业代理商

WESTPAC ELECTRONICS LIMITED 威柏电子

针对大功率和混合动力汽车而优化的负载突降保护策略

作者：高级应用经理Sweetman Kim, Vishay通用半导体台湾有限公司

汽车生产状况及预测

全球轻型汽车产量——百万辆

地区	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2015
北美	15.8	15.9	16.1	16.5	16.8	17.0	17.2	17.2
西欧	15.6	15.8	15.8	16.2	16.4	16.6	16.6	16.8
日本	10.5	10.6	10.7	10.7	10.7	10.6	10.4	10.4
韩国	3.7	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	3.7
中国	5.1	6.2	7.1	7.7	8.2	8.8	9.6	10.8
东欧	4.6	5.1	5.6	6.0	6.3	6.5	6.7	6.8
南美	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5
俄罗斯	6.1	6.8	7.7	8.2	8.6	9.0	9.5	9.8
总数	64.3	67.2	69.9	72.4	74.1	75.7	77.3	79.0

数据来源：IMS研究（2007年6月）

42V系统（包括中型混合动力汽车）——轻型汽车总数百分比

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2015
台数	0.129	0.181	0.219	0.330	0.545	0.886	2.441	4.277
轻型汽车总产量 (%)	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7	1.2	3.2	5.4

混合动力汽车

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2015
台数	0.420	0.485	0.612	0.781	1.006	1.325	2.067	2.979
轻型汽车总产量 (%)	1	1	1	1	1	2	3	4

汽车负载突降保护的重要性

今天，汽车中并联在供电线路上的许多电子控制器和设备与三、四十年前生产的汽车有了很大的不同。那时汽车中的唯一的电子设备就是汽车收音机。

今天，一辆汽车中配备了若干电子设备，其中一些是与安全驾驶有关的，而这些电子设备的故障会引起汽车操作严重的麻烦。

这类并联的电子系统如图1所示，所有连接在供电线路上的电子系统的保护器件不可能平均分担瞬

态能量。瞬态能量对连接的那些最低阻抗的保护器件的影响尤为严重。因此，在汽车电子设计中，一个保护器件要能够安全地承受负载突降状态瞬变的全部能量。

图2是出现故障的仪表板（cluster panel）负载突降的照片，其故障原因在于，流经这个器件的电流没有与汽车中另一个电子单元中的其他保护器件共同分担。

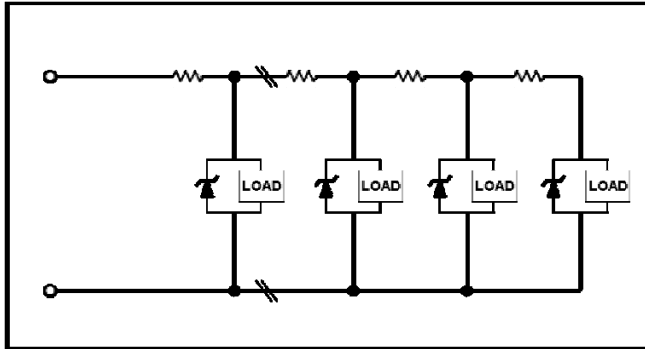


图1：抑制模型

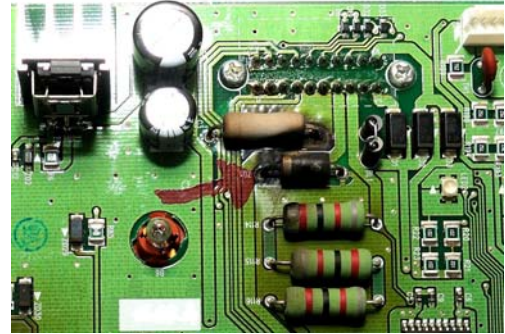


图2：负载突降故障

负载突降保护电路和器件的比较

有几种类型的电路或器件可应用于负载突降保护，而且一些器件的制造商可以使之满足负载突降保护功能的需要。

典型的瞬态电压保护可以划分为如图3所示的三种操作类型。

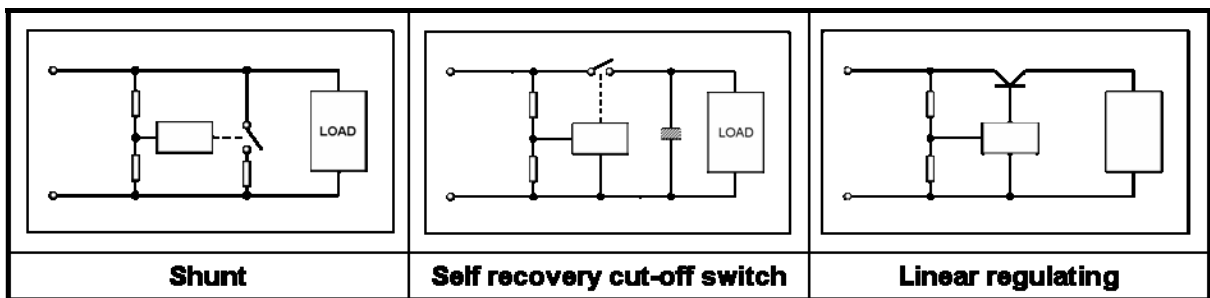


图3：保护电路的类型

分流型是检测输入电压和接通跨电力线对地的器件。

用于分流调节的开关器件或保护电路是晶体管和可控硅。雪崩击穿二极管、齐纳二极管、可控硅型TVS和MOV是这种保护类型的自触发器件。

其优势在于简单的结构，而不利则是要求开关器件具有大功率能力。

当负载出现故障或电气短路时，通常可以使用自恢复截止开关进行大电流保护。某些电源管理IC集成了这个功能，以便为客户提供简单的设计并节省空间。

其优势在于保护器件不需要处理大电流，因此可以减小空间，而缺点是在负载突降状态下开关截止功率期间，需要大存储电容器为负载提供能量。

线性稳压器型在控制供电方面具有良好的特性，缺点是需要大功率晶体管来消除输出电压之间的电压差异和器件本身的高浪涌电压。

在抑制模型下，负载突降状态下的自恢复截止和线性稳压器具有高阻抗，而这种高能量会流向连接电子或电力设备的保护最差的器件。这就是通用设计拓扑结构的负载突降保护采用分流型的原因。

利用Crow bar和箝位型等操作特性可以将分流型保护电路划分为两组。当器件处于导通状态时，Crow bar操作类似于电气短路，不适用于汽车的保护。

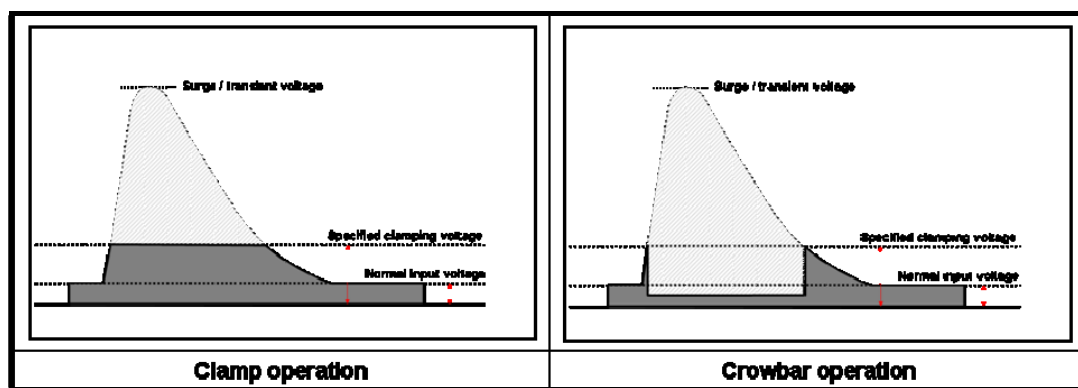


图4：操作波形

汽车电子系统常见的保护方法是将高电压值箝制到器件或电路的设定电压，而Vishay通用半导体有各种额定功率的用于负载突降保护的产品系列。

用于负载突降保护的流行器件是“雪崩击穿二极管”、“齐纳二极管”和“金属氧化物变阻器”。

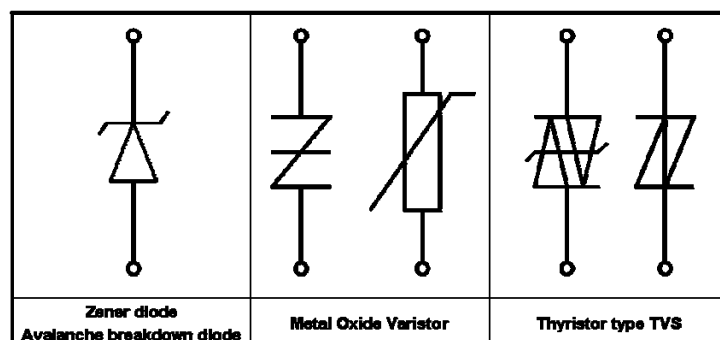


图5：保护器件的符号

金属氧化物变阻器类似于陶瓷电容器，其基本结构是合成氧化锌（ZnO）化合物，它具有双向击穿特性，可以无方向保护反向输入。

在结构方面，多层和多路（multi pass）结构的MOV在响应高能瞬变方面存在一定的时延。同时，处于连续瞬变下的MOV微粒的疲劳会导致箝位电压和浪涌能力下降（参见脚注）。

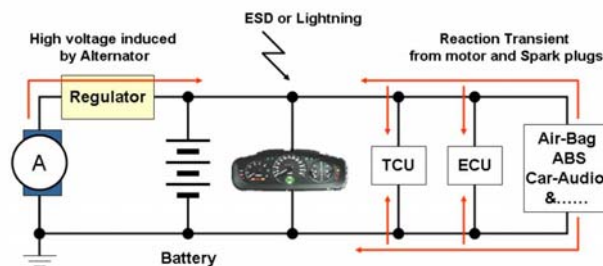
齐纳二极管类似于雪崩击穿二极管，由于具有比雪崩击穿二极管更低的浪涌功率能力，其主要应用是调节而不是防止高能量瞬变。

Vishay通用半导体的雪崩击穿二极管型负载突降系列，适用于各种负载突降仿真测试的高能瞬变，以及快速响应和高可靠性的实际应用。

汽车电子，如电子控制单元、传感器和娱乐系统，都是连接在一根电力线上。

这些电子产品的功率来源是电池和发电机，两者的输出电压都不稳定，会受到温度、操作状态和其他条件的影响。

此外，由于这些系统使用了螺线管负载，如燃料喷射、气门、发动机、电气和水解控制器，ESD、尖峰噪声和各种瞬变及浪涌电压都会进入电源及汽车系统的信号线。

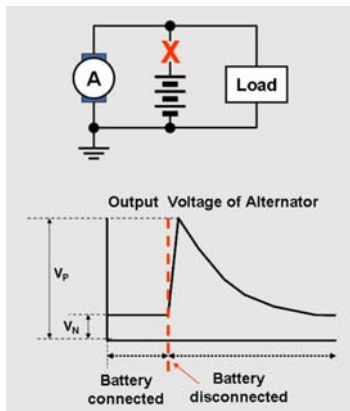


图A-1：典型的汽车电源总线

什么是负载突降？

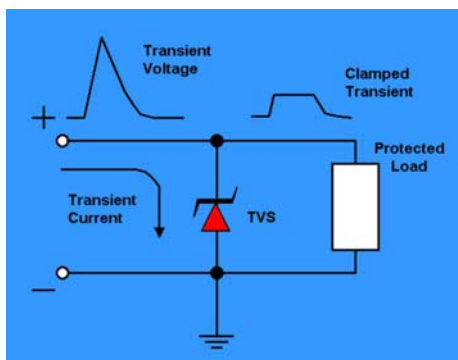
在引擎运行过程中断开电池时，要由发电机向汽车的电力线提供电流，就会出现最糟糕的浪涌电压情况。这种情况就是“负载突降”，大多数汽车制造商和行业协会都为这种负载突降情况规定了一个最高的电压、线路电阻和持续时间，如图A-2所示。这种情况的两个著名的测试仿真是：用于14 V传动系统的美国的ISO-7637-2 Pulse 5和日本的JASO A-1，以及用于27 V传动系统的JASO D-1。

在本节中，我们将讨论14 V传动系统负载突降的TVS应用。



图A-2：输出负载突降条件下的发电机电压

如图A-3所示，Vishay的大功率硅TransZorb® TVS可用来防止易受攻击的电路受到电气过应力的影响，以确保高可靠性。至于初级保护，TVS可以吸收负载突降条件下的高能量。



图A-3：典型的保护电路



D0-218AB

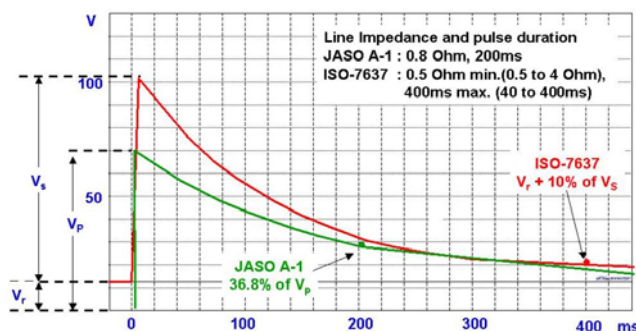
I) 负载突降测试的规范和结果

表1是用于14 V传动系统的美国的ISO-7637-2 Pulse 5和日本的JASO A-1测试的仿真。两项测试的电压波形如图A-4a所示。

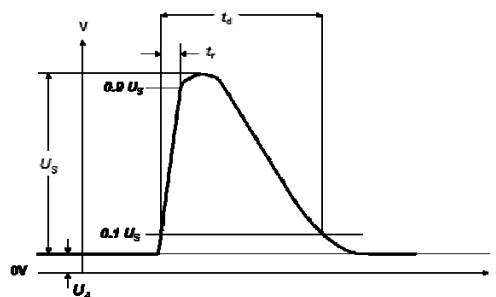
	总电压 (V _P) (V)	V _S (V)	V _A (V)	R _i (Ω)	时间 (ms)	周期时 间
JASO A-1	70		12.0	0.8	200	1
	88		12.0	1.0	200	1
ISO 7637-2 Pulse 5	78.5 - 100.5	65 - 87	13.5	0.5 - 4.0	400	1

表A-1: 14 V传动系统的主要负载突降测试条件

对ISO-7637-2测试条件来说, 标准条件为65 V至87 V的V_S范围, R_i (线路电阻) 的范围为0.5 Ω至4 Ω。一些汽车制造商为基于ISO-7637-2 Pulse 5的负载突降测试规定了不同的条件。负载突降TVS的峰值箝位电流是由以下公式A-1计算出来的:



图A-4a: 测试条件波形



图A-4b: ISO-7637-2 graph5a的波形

负载突降状态的额定功率是由内阻表示的, 由该公式得到了一个发电机的内阻, 如公式A-1所示。

$$R_i = (10 \times U_{nom} \times N_{act}) / (0.8 \times I_{rated} \times 12,000 \text{ min}^{-1})$$

U_{nom} 表示发电机的电压; N_{act} 表示发电机的实际速度, 为分钟的倒数; I_{rated} 表示速度为6,000min⁻¹ (如ISO8854中规定的那样) 的发电机设定电流

公式A-1: 峰值箝位电流的计算

以上公式适用于当前传统的小型旅行车使用的常见的发电机, 其线路电阻为: 60 A输出发电机的最



小Ri为1.1 Ω，120 A输出发电机为0.6 Ω。

ISO 7637-2规定了负载突降情况下的浪涌条件为5-6-5 c）。

C) 在5-6-5测试脉冲的5a和ISO-7637-2的5b中规定了“该脉冲是由峰值电压Us、箝位电压Us*、内阻Ri和脉冲持续时间td决定的；在所有情况下，低Us值与低Ri和td值有关，而高Us值与高Ri和td值有关。”

但是，Us、Ri和td没有明显的匹配。

汽车工程师们是在汽车制造商的标准下进行器件和电子单元的测试。

Vishay每个额定功率的负载突降系列都可以满足ISO-7637-2的要求，而不仅是汽车制造商的测试规范。

$$I_{pp} = (V_{in} - V_c) / (R_i + R_d)$$

I_{pp}: 峰值箝位电流, *V_{in}*: 输入电压, *V_c*: 箝位电压, *R_i*: 线路电阻, *R_d*: TVS内阻
 （简单计算的零关系）

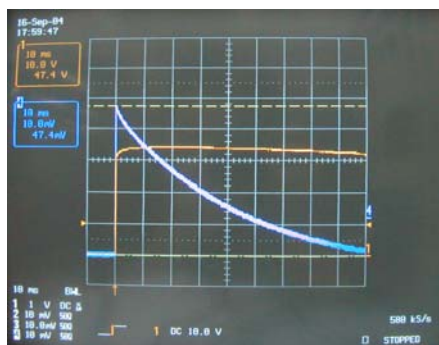
公式A-2：峰值箝位电流的计算

表A-2所示为Vishay的大功率硅TVS在不同测试规范下的测试结果。

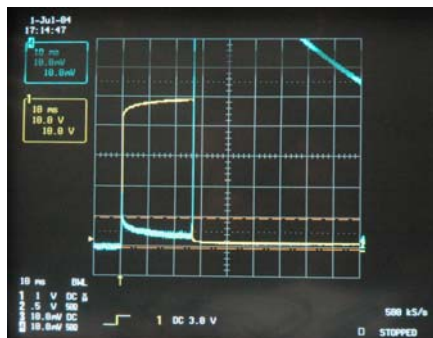
	V _c 指标	JASO-A1	ISO-7637-2 Pulse 5
测试条件	10/1000 μs波形	V _p = 70 V, t = 200 ms, R _i = 0.8 Ω	V _s = 87 V, t = 300 ms, R _i = 0.75 Ω
SM5A27	40.0 V, 在I _{pp} = 55 A	34.1 V, 在I _{pp} = 47.4 A	36.5 V, 在I _{pp} = 59.4 A
SM5S24A	38.9 V, 在I _{pp} = 93 A	33.8 V, 在I _{pp} = 47.6 A	36.1 V, 在I _{pp} = 60.1 A
SM6A27	40.0 V, 在I _{pp} = 65 A	33.7 V, 在I _{pp} = 48.1 A	35.8 V, 在I _{pp} = 60.4 A
SM6S24A	38.9 V, 在I _{pp} = 118 A	33.5 V, 在I _{pp} = 48.3 A	35.8 V, 在I _{pp} = 60.4 A
SM8A27	40.0 V, 在I _{pp} = 75 A	33.2 V, 在I _{pp} = 48.4 A	34.9 V, 在I _{pp} = 61.1 A
SM8S24A	38.9 V, 在I _{pp} = 170 A	32.1 V, 在I _{pp} = 48.8 A	34.4 V, 在I _{pp} = 62.0 A

表A-2：Vishay的负载突降TVS箝位电压

这些测试中Vishay的大功率硅TVS的箝位电压低于37 V，满足汽车应用稳压器对37 V至40 V的最大输入电压范围的要求。图A-5a所示为JASO A-1测试中SM5A27的电流和电压波形。



图A-5a：JASO A-1测试中SM5A27的箱位电压和电流



图A-5b：ISO-7637-2测试中负载突降TVS故障的箱位电压和电流

图A-5b所示为ISO 7637-2测试中负载突降TVS故障的箱位电压和电流。箱位压降接近为零，而流经器件的电流增加到了线路电阻允许的最大值。

表A-3所示为Vishay的负载突降TVS在各种负载突降测试条件下的失败率。SM8S24A是ISO-7637-2 Pulse 5测试最大额定值条件下最强大的器件。

	JASO测试			ISO-7637-2 Pulse 5			
	t = 200 ms, Ri = 0.8 Ω			t = 300 ms, Ri = 0.5 Ω			
电源电压	70 V	77 V	84 V	87 V	100 V	110 V / 25℃	110 V / 85℃
SM5A27	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/20	—
SM5S22A	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/20	—
SM5S24A	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/20	—
SM6A27	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/20	—
SM6S24A	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/20	—
SM8A27	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/3	20/9
SM8S24A	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0

表A-3：各种负载突降测试条件下的失败率

ISO-76372最大测试条件下的峰值电流可以由以下公式计算：

$$I_{pp} = (V_{in} - V_c) / R_i = (110 - 35) / 0.5 = 150 A$$

II) 两组Vishay负载突降TVS

Vishay有两种类型的汽车电子初级保护负载突降TVS：EPI PARTVS和Non-EPI PARTVS。PAR TVS的产品组列在表A-4当中。

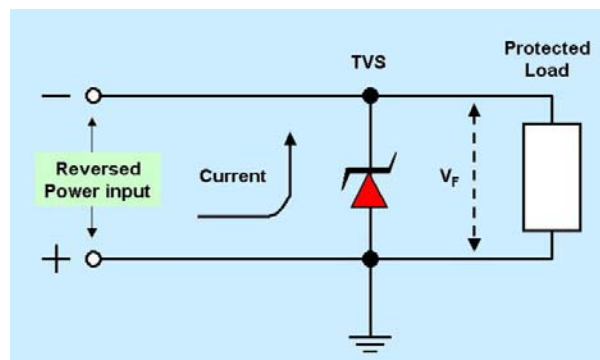
封装类型	EPI PAR TVS	Non-EPI PAR TVS
轴向	6KA24	
表面贴装封装	SM5A27 SM6A27 SM8A27	SM5S系列 SM6S系列 SM8S系列

表A-4：PAR负载突降TVS产品组

两组产品在反向偏压模式下的击穿工作特性类似。差异在于EPI-PAR TVS在正向模式下具有低 V_F 的特性，而Non-EPI PAR TVS在相同条件下具有比较高的 V_F ，如表A-5所示。这个特性对提供给电力线的反向电压非常重要。

	V_F （典型值） (0.3 ms脉宽) V			反向泄漏电流关态 电压	反向电流击穿电压
	0.1 A	6 A	100 A		
SM5A27	0.70	0.93	0.95	22 V, 在0.2 μ A	27 V, 在10 mA
SM6A27	0.70	0.91	0.94	22 V, 在0.5 μ A	27 V, 在10 mA
SM8A27	0.70	0.89	0.93	22 V, 在1.0 μ A	27 V, 在10 mA
SM5S24A	0.70	0.92	1.65	24 V, 在10 μ A	28 V, 在5 mA
SM6S24A	0.70	0.88	1.50	24 V, 在10 μ A	28 V, 在5 mA
SM8S24A	0.70	0.86	1.45	24 V, 在10 μ A	28 V, 在5 mA

表A-5：PAR负载突降TVS参数



图A-6：反向偏压状态

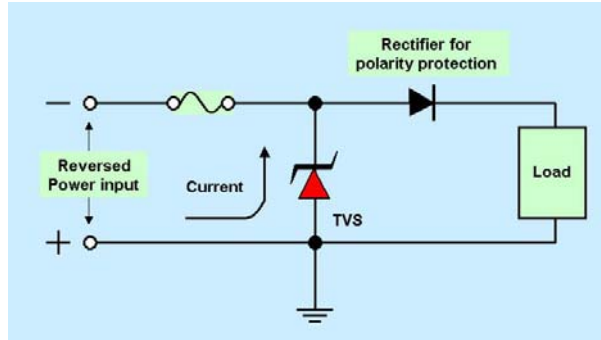
大多数CMOS IC和LSI的反向电压能力都十分糟糕。在-1 V以下，MOSFET的栅极在反向电压方面也很薄弱。在反向电源输入模式下，电力线的电压与TVS正向压降（ V_F ）相同。这种反向偏压模式会引起电路故障。对于这个问题，低正向压降EPI PAR TVS是一个很好的解决方案。

另一种防止电路受到反向电源输入影响的方法是在电力线上采用一个极性保护整流器，如图A-7所示。

一个极性保护整流器应该有足够的正向电流额定值和正向浪涌，以及反向电压能力。

Vishay拥有各种用于极性保护以及宽工作温度范围和卓越电气特性的标准整流器和肖特基整流器。

备注：所有测试数据均为典型值，而且存在 $\pm 5\%$ 的容差。



图A-7：极性保护

III) 汽车电力线的次级保护

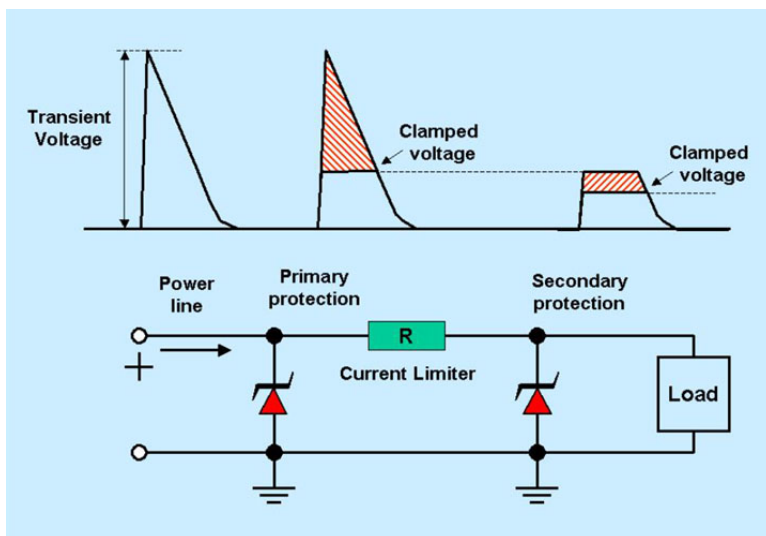
汽车系统中保护电路的初级目标是高电位浪涌电压，但是箝位电压仍然很高，如表A-1和B-1所示。次级保护对24 V传动系统尤为重要，如在卡车和货车当中。其主要原因是汽车应用中大多数稳压器和DC-DC转换器IC的最大输入电压是45 V至60 V。

在24V测试条件下，初级保护TVS的击穿电压如表B-1所示。这些将导致在稳压器、仪表总成集成电路和其他电子设备上出现高电压。

P/N	JASO D-1			
	$t = 400 \text{ ms}, R_i = 1.5 \Omega$			
	$V_p = 110 \text{ V}$		$V_p = 130 \text{ V}$	
	V_C	I_{PP}	V_C	I_{PP}
SM5S36A	56 V	39.2 A	N/A	
SM6S36A	53 V	41.1 A	57 V	52 A
SM8S36A	52 V	42.0 A	55 V	53 A

表B-1：JASO D-1负载突降测试

对于这类应用，Vishay推荐采用次级保护，如图B-1所示。



图B-1：次级保护电路

在电力线上增加电阻器R可以减少瞬态电流，有助于次级保护使用较小功率额定值的TVS。电子单元中微处理器和逻辑电路的电流要求是150 mA至300 mA，最小输出电压的12 V电池在-18℃条件下为7.2 V，而在相同条件下的24 V电池为14.4 V。

在上述条件下的24 V电池中，300 mA负载的电源电压在 $R = 20 \Omega$ 时为8.4 V；在最低电压为14.4 V的电池（-18℃时的24 V电池电压）条件下， $R = 10 \Omega$ 时为11.4 V。

$$V_L = (V_{min} / (V_{min} / I_L)) \times ((V_{min} / I_L) - R)$$

V_L : 负载电压, V_{min} : 最小输入电压, I_L : 负载电流, R : 电阻值, R 的额定功率= $I^2 R$

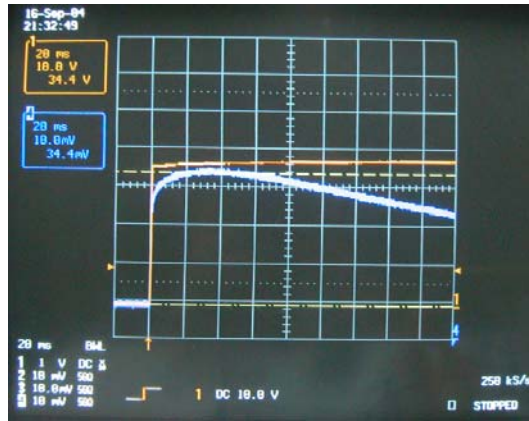
这个电源电压要比大多数稳压器和DC-DC转换器IC的最小输入电压还高。

在JASO D-1测试（110 V, $t = 400 \text{ ms}$, $R_i = 1.5 \Omega$ ）中，用于24 V传动系统次级保护的中小功率TVS的箝位电压如表B-2所示，它采用了一个限流电阻器。

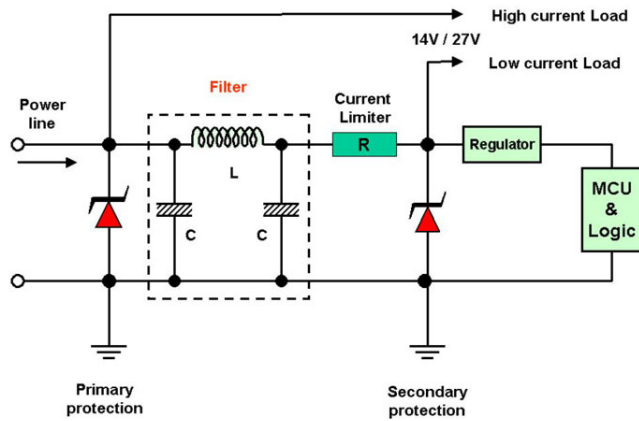
初级保护		次级保护				
P/N	箝位电压	P/N	箝位电压			
			R = 10 Ω , 2W		R = 20 Ω , 2W	
			V_c	I_{pp}	V_c	I_{pp}
SM8S36A	51.3 V	TPSMC39A	42.8 V	0.93 A	41.3 V	0.56 A
		TPSMB39A	44.9 V	0.85 A	42.2 V	0.50 A
		TPSMA39A	45.6 V	0.75 A	43.3 V	0.45 A
		TPSMC36A	40.3 V	1.25 A	37.8 V	0.70 A
		TPSMB36A	43.5 V	1.00 A	39.1 V	0.65 A
		TPSMA36A	44.0 V	0.90 A	40.6 V	0.60 A

表B-2：JASO D-1测试条件下次级保护TVS的箝位电压

备注：所有测试数据均为典型值，而且存在±5 %的容差。



图B-2：JASO D-1测试的箝位电压和电流波形



图B-3：采用噪声滤波器的次级保护电路

IV) 大型发电机和中型混合动力汽车的负载突降保护

一些发电机制造商发布了新一代汽车的大型发电机和集成式起动机/发电机（皮带传动发电机（belt alternator）系统或起动-停止系统）。目前的传统发电机的输出是14 V，功率为60至120 A，而应用于汽车的采用改进技术的大功率大型发电机为14 V，220至300 A，这种汽车配备了电动助力便利系统，如电子制动系统、电动助力转向、信息、娱乐、驾驶辅助和其他功能。



图C-1：采用ISA的引擎

用于中型混合动力系统的ISG（集成式起动机/发电机），轻型汽车为14 V，120 A，而在制动和停车期间没有燃料喷射时，空转引擎为42 V，60至80 A输出。

大型发电机

对于14 V系统的大型发电机来说，由以下ISO7637-2和ISO-8854的公式1）得出的220 A的发电机内阻为0.33 Ω ，300 A型的内阻为0.24 Ω 。

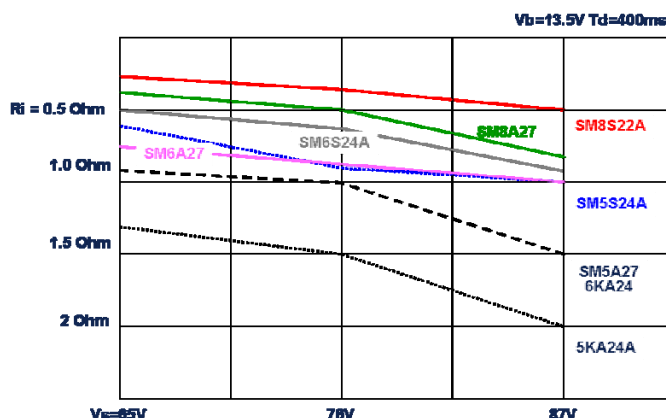
$$R_i = (10 \times U_{nom} \times N_{act}) / (0.8 \times I_{rated} \times 12,000 \text{min}^{-1})$$

U_{nom} 代表设定的发电机电压； N_{act} 代表发电机速度，为分钟的倒数； I_{rated} 代表速度为6,000 min^{-1} （如ISO8854中规定的那样）的发电机设定电流

公式1：峰值箝位电流的计算

在负载突降条件下，用户需要抑制35 V的浪涌电压，浪涌抑制器将处理比同样条件下的目前传统发电机更大的电流。

图C-2显示了Vishay通用半导体各种条件下负载突降系列的最大能力。



图C-2：功率能力

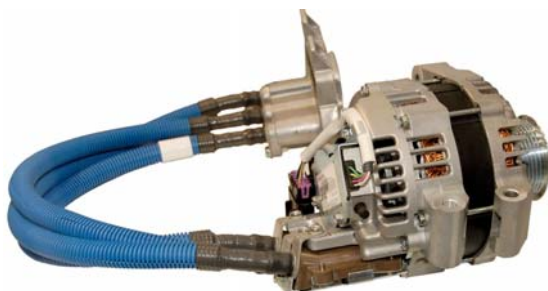
SM8S22A可以利用87 V V_i 条件下的0.5 Ω R_i ，65 V V_i 条件下的0.3 Ω ，将汽车电子设备的普通DC-DC转换器IC或线性稳压器箝位电压抑制在37 V以下，以用于引擎ECU、雨刷控制器、ABS、安全气囊，仪表板，雨刷控制器等等。

Vishay负载突降系列的这种大功率能力可以成本有效地用于大型发电机的安全运行。请参阅文件 I) [负载突降测试规范和结果](#)，II) [两组Vishay负载突降TVS](#)章节了解更多细节信息。

用于中型混合动力汽车的42 V ISG (ISA)

负载突降保护

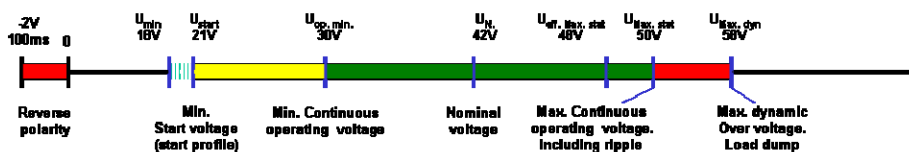
在长期无视和仍在争论汽车采用42 V左右的系统的运行安全性和稳定性的时候，最近一些中型混合动力汽车使用了42 V电源总线和发电机。42 V电源系统的基本概念是实现比12 V电源系统更高的功率效率和减轻汽车中电力线束的重量。这种新型42 V电源系统对半导体元件的影响在于比12 V系统需要高得多的绝缘强度。



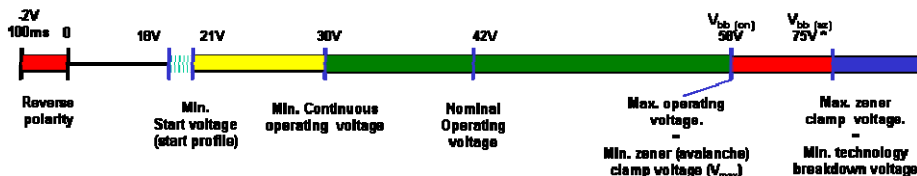
图C-3：42 V ISA

Vishay的负载突降系列为以具有成本效益的方式抑制包括负载突降瞬变在内的瞬变和浪涌做好了准备。图C-4所示为DIN和ISO标准提出的规定的电压水平。图C-4考虑到了汽车电子中半导体的最大输入电压的约定是75 V的需求，某些Vishay负载突降系列可以满足42 V电源系统的要求。

Definition of 42V powerNet:

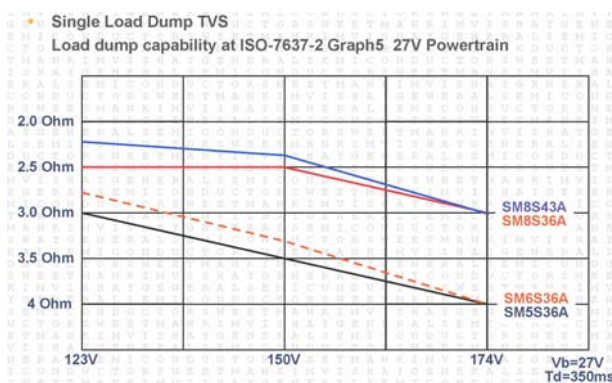


Definition of semiconductor requirements at 42V:



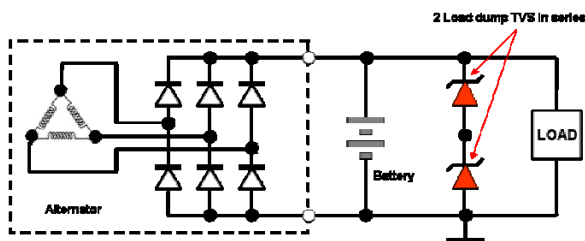
* Dependant on semiconductor technology and circuit concept

图C-4: 42 V电源系统的电压范围和随之而来对42 V功率半导体的电压要求



图C-5: Vishay高压负载突降TVS的功率能力

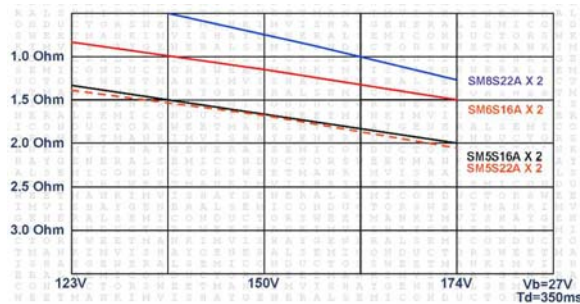
为了满足75 V的最大齐纳箝位电压，一至两个串联的Vishay负载突降器件可以根据线路电阻把负载突降电压抑制在这个电压。峰值负载突降电压是由重载卡车应用的27 V系统演变而来的。ISO7637-2规定的42 V发电机的线路电阻是70 A 3.1 Ω ，110 A输出型则为2 Ω 。单个SM8S43A或SM8S36A可以将3 Ω 线路电阻条件下的174 V的负载突降电压抑制到55至60 V，而不出现故障。对于高输出的42 V发电机来说，在负载突降状态下内阻会降低而电流将增加，瞬态电压抑制器可以处理更大的电流。



图C-6: 串联在电力线上的TVS

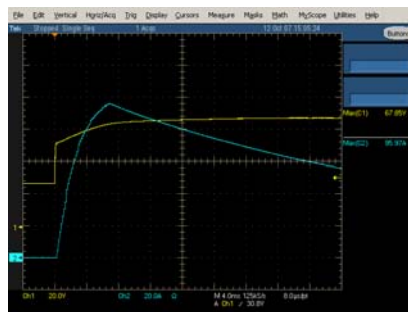
图C-6是两个串联TVS的典型应用，图C-7是各种线路电阻和电压条件下两个串联的负载突降TVS的功

率能力。



图C-7：串联的Vishay负载突降TVS的功率能力

至少，两个串联的SM5S22A箝位负载突降电压输入为174 V，线路电阻为2 Ω ，而SM6S22A或SM8S22A具有更低的箝位电压和更低的线路电阻。

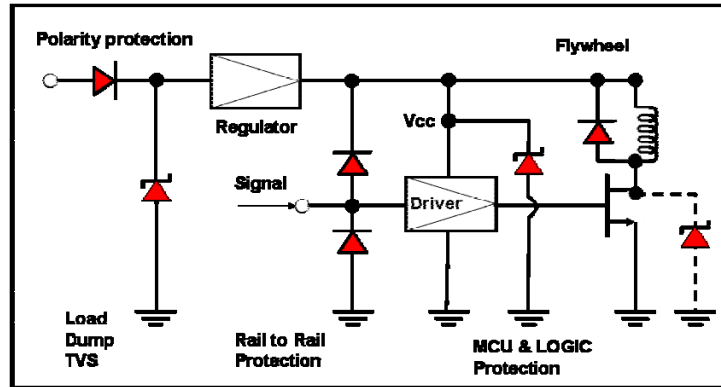


图C-8：两个SM8S22A输入为174 V， R_i 为1.25 Ω

负载突降测试的波形如图C-8所示，最大箝位电压为174 V， $R_i=1.25 \Omega$ 时为6 V \pm 1V，流经负载突降TVS的电流是95至100 A。这将使42 V电源网络（PowerNet）半导体电平的精度比75 V更低，汽车中每个电子单元的次级保护器件可在这个箝位电压与最大工作电压之间的范围进行箝制。

42 V电源网络的反向极性保护

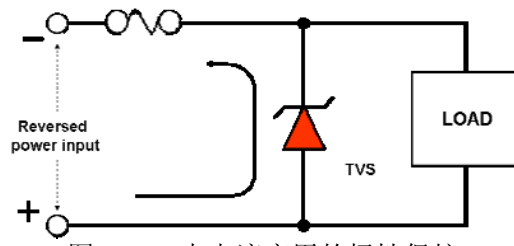
12 V电源系统中的极性反向规范习惯上通常允许在25 $^{\circ}$ C条件下1分钟以内为-2 V，而常用解决方案在汽车中每个电子单元的电源输入线上使用一个整流器，以降低电流损耗，如图C-9所示，这不适用于大电流应用。



图C-9：典型的保护电路

极性保护二极管规范是由负载电流和输入电压确定的，通常使用400 V级别的标准恢复整流器，因为ISO 7637-2 test pulse 3a的-12 V电源系统为-150 V，而ISO 7637-2 pulse 1的24 V系统为-600 V整流器。

在改进的技术或中型混合动力汽车中采用了许多大电流应用，如停车时无喷射的发动机驱动引擎，以及作为电动助力转向和电子制动系统的液压动力控制，都要求大电流，而且中型混合动力汽车中的14 V电力线还需要DC-DC转换器模块。



图C-10：大电流应用的极性保护

大电流应用极性保护的一种解决方案是使用高正向电流能力的整流器，或者是在电力线中使用没有极性保护二极管的负载突降TVS，如图C-10所示。

这种应用的基本工作概念和局限性是：- 负载突降TVS旁路所有反向偏压电流；- 大电流时的正向压降应该低于2 V；- 高正向浪涌能力可承受大电流，直至保险丝熔断

Vishay负载突降系列可以满足上述所有条件，第一个条件是整流器的基本功能，第二个条件是通过表1满足的。Vishay负载突降系列的正向压降在100 A电流条件下低于1.7 V。第三个条件取决于保险丝类型和额定值。



产品系列	V _F (典型值) (0.3 ms脉宽) V		
	0.1 A	6 A	100 A
SM5S	0.70	0.92	1.65
SM6S	0.70	0.88	1.50
SM8S	0.70	0.86	1.45

表1: Vishay负载突降系列的正向压降

标准型汽车保险丝是快动作和不规定时间与电流关系的。一家典型快动作保险丝制造商规定，在600 %额定值时开路时间最小为30 ms，最大为100 ms。

用于汽车的典型20 A慢动作 (slo-blo) 型保险丝规定的120 A的开路时间为1秒，400 A时为10 ms。

汽车中电力电缆或普通跳线启动 (jump start) 电缆中的电阻为每米0.01 Ω ，而计算反向偏压的浪涌电流的通用规范在14 V条件下为0.035 Ω 或0.050 Ω 。Vishay负载突降系列SM5S的正向浪涌能力是500 A，SM6S为600 A，而8.3 ms热启动SM8S型为700 A正弦波。每个系列的熔断率 (I^2T) 是1000 A²S、1500 A²S和2000 A²S。电路利用了20 A 慢动作型保险丝和反向偏压的36 V电池，冲流可以低于700 A峰值 $(36\text{ V}-V_F)/0.05\ \Omega$ ，而保险丝规范规定的慢动作保险丝的开路时间小于5 ms，SM8S可以旁路这个巨大的电流，而不会造成器件故障或损坏电子单元。

结论

汽车的新趋势是需要更多的电子控制和更多的电能，发电机也比过去更大。中型混合动力汽车中使用较大的发电机或集成式起动机/发电机，瞬变和浪涌能量的增加也比负载突降条件下的传统汽车更多，负载突降保护对汽车安全更加重要，而Vishay半导体元件可以为这个新的趋势提供方便、简单、具有成本效益和高可靠性的解决方案。

1000 W
500 W
800 W

Westpac
Electronics

540 V



TVS简介

瞬态电压抑制器(Transient Voltage Suppressor)简称TVS,是一种二极管形式的高效能保护器件。当TVS二极管的两极受到反向瞬态高能量冲击时,它能以极快的速度,将其两极间的高阻抗变为低阻抗,吸收高达数千瓦的浪涌功率,使两极间的电压箝位于一个预定值,有效地保护电子线路中的精密元器件,免受各种浪涌脉冲的损坏。由于它具有响应时间快、瞬态功率大、漏电流低、击穿电压偏差小、箝位电压较易控制、无损坏极限、体积小等优点。目前已广泛应用于计算机系统、通讯设备、交/直流电源、汽车、电子镇流器、家用电器、仪器仪表(电度表)、RS232/422/423/485、I/O、LAN、ISDN、ADSL、USB、MP3、PDAS、GPS、CDMA、GSM、数字照相机的保护、共模/差模保护、RF耦合/IC驱动接收保护、电机电磁波干扰抑制、声频/视频输入、传感器/变速器、工控回路、继电器、接触器噪音的抑制等各个领域。具体有以下三大特点:

- 1、将TVS二极管加在信号及电源线上,能防止微处理器或单片机因瞬间的肪冲,如静电放电效应、交流电源之浪涌及开关电源的噪音所导致的失灵。
- 2、静电放电效应能释放超过10000V、60A 以上的脉冲,并能持续10ms;而一般的TTL器件,遇到超过30ms的10V脉冲时,便会导至损坏。利用TVS二极管,可有效吸收会造成器件损坏的脉冲,并能消除由总线之间开关所引起的干扰(Crosstalk)。
- 3、将TVS二极管放置在信号线及接地间,能避免数据及控制总线受到不必要的噪音影响。

TVS选用指南

- 1、首先确定被保护电路的最大直流或连续工作电压,电路的额定标准电压和“高端”容限。
- 2、TVS的额定反向关断电压VWM应大于或等于被保护电路的最大工作电压,若选用的VWM太低,器件有可能进入雪崩状态或因反向漏电流太大影响电路的正常工作。
- 3、TVS的最大箝位电压VC应小于被保护电路的损坏电压。
- 4、TVS的最大峰值脉冲功率PW必须大于被保护电路内可能出现的峰值脉冲功率。
- 5、在确定了TVS的最大箝位电压后,其峰值脉冲电流应大于瞬态浪涌电流。

- 6、对于数据接口电路的保护，必须注意选取尽可能小的电容值C的TVS器件。
- 7、带A的TVS二极管比不带A的TVS二极管 的离散性要好，在TVS二极管A前面加C的型号表示双向TVS二极管。
- 8、直流保护一般选用单向TVS二极管，交流保护一般选用双向TVS二极管，多路保护选用TVS阵列器件，大功率保护选用TVS专用保护模块。
特殊情况，如：RS-485和RS-232保护可选用双向TVS二极管或TVS阵列。
- 9、TVS二极管可以在-55℃到+150℃之间工作，如果需要TVS在一个变化的温度下工作，由于其反向漏电流ID是随温度的增加而增大；功耗随TVS结温度增加而下降，故在选用TVS时应考虑温度变化对其特性的影响。
- 10、TVS二极管可以串/并应用，串行连接分电压，并行连接分电流。
但考虑到TVS的离散性，使用时应尽可能的减少串/并数量。

二、注解

- 1、VWM—是TVS最大连续工作的直流或脉冲电压，当这个反向电压加于TVS两极时，它处于反向关断状态，流过它的电流小于或等于其最大反向漏电流ID。
- 2、VBR—是TVS最小的雪崩电压。25℃时，在这个电压之前，保护TVS是不导通的。当TVS 流过规定的1mA电流IR时，加于TVS两极间的电压为其最小击穿电压VBR。
- 3、IT—--测试电流。
- 4、ID—--反向漏电流。
- 5、VC—当持续时间为20us的脉冲峰值电流IPP流过TVS时，其两极间出现的最大峰值电压为VC。它是串联电阻和热温升两者电压上升的组合。
- 6、IPP—最大的峰值脉冲电流。
- 7、C----电容值（pF）。在收/发的总线接口电路里，选取电容值小的TVS器件尤为有利。

VISHAY 汽车TVS选型指导

P/N	功率 (W)	结温 (C)	精度 (%)
1.5KAxx	1500	185	10
1.5KAxxA			5
3KASMCxx	3000	185	10
3KASMCxxA			5
6KAxx	6000	185	10
P4KAxx	400	185	10
P4KAxxA			5
P6KAxx	600	185	10
P6KAxxA			5
SM5A27	3600	175	



DO-218AB

SM5Sxx	3600	175	10
SM5SxxA			5
SM6A27	4600	175	
SM6Sxx	4600	175	10
SM6SxxA			5
SM8A27	6600	175	
SM8Sxx	6600	175	10
SM8SxxA			5
TMPG06xx	400	185	10
TMPG06xxA			5
TPC6.8 Thru	1500	185	10
			5
TPSMAxx	400	185	10
TPSMAxxA			5
TPSMBxx	600	185	10
TPSMBxxA			5
TPSMCxx	1500	185	10
TPSMCxxA			5
TPSMP6.8	250	185	10
TPSMP43A			5
	300		10
			5

eSMP™ Series



DO-220AA (SMP)



RoHS
COMPLIANT
HALOGEN
FREE

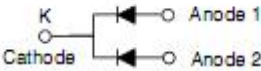
采用SMPC封装的肖特基二极管

Part number	IF(AV) (A)	Rev. V (V)	VF@IF (V, A)	Tj max (°C)
SS10P2CL	10	20	0.52 @ 5	150
SS10P3	10	30	0.51 @ 10	150
SS10P3C	10	30	0.53 @ 5	150
SS10P3CL	10	30	0.52 @ 5	150
SS10P4	10	40	0.51 @ 10	150
SS10P4C	10	40	0.53 @ 5	150
SS10P5	10	50	0.67 @ 10	150
SS10P6		60		175
SS10PH10	10	100	0.88 @ 10	175
SS10PH45	10	45	0.72 @ 10	175
SS10PH9	10	90	0.88 @ 10	175
SS12P2L	12	20	0.54 @ 12	150
SS12P3L		30		

eSMP™ Series



TO-277A (SMPC)





PAR® Automotive Transient Voltage Suppressors

Vishay Semiconductors

PPM ⁽¹⁾ (W)	DEVICE ⁽²⁾	PACKAGE		V _{DRM} RANGE (V)	V _(BR) RANGE ⁽³⁾ (V)	V _(BR) TOLERANCE (Suffix)
		FAMILY	TYPE			
400	TPSMAnn	Surface Mount	SMA (DO-214AC)	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
	TMPG06-nn	Plastic Axial	MPG06	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
	P4KAnn	Plastic Axial	DO-41 (DO-204AL)	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
600	TPSMBnn	Surface Mount	SMB (DO-214AA)	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
	P6KAnn	Plastic Axial	DO-15 (DO-204AC)	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
1500	TPSMCnn	Surface Mount	SMC (DO-214AB)	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
	1.5KAnn	Plastic Axial	1.5KA	5.5 - 36.8	6.8 - 43.0	5%(A)/10%(blank)
3600 ⁽⁴⁾	SM5A27	Surface Mount	DO-218AB	22	27	±3V
	SM5Sxx	Surface Mount	DO-218AB	9.0 - 36	10 - 40	5%(A)/10%(blank)
4600 ⁽⁴⁾	SM6A27	Surface Mount	DO-218AB	22	27	±3V
	SM6Sxx	Surface Mount	DO-218AB	9.0 - 36	10 - 40	5%(A)/10%(blank)
6000	6KA24	Plastic Axial	P600	24	29.7	10%
6600 ⁽⁴⁾	SM8A27	Surface Mount	DO-218AB	22	27	±3V
	SM8Sxx	Surface Mount	DO-218AB	9.0 - 36	10 - 40	5%(A)/10%(blank)

Notes:

(1) Tested with 10/1000µs pulse.

(2) In part numbers, "xx" designates VWM and "nn" designates nominal voltage.

(3) Nominal voltages are specified for part numbers with "nn" and minimum voltages are specified for part numbers with "xx"

(4) For 10µs/10ms load-dump pulse rating, see datasheet.

(5) All automotive TVS are unidirectional polarity only.

(6) All automotive TVS use the patented PAR® process for superior high-temperature performance.

(7) Most Vishay TVS products have Underwriters Laboratory Recognition for the classification of protectors (QVGQ2) under the UL standard for safety 497B and file number E136766 for both uni-directional and bi-directional devices. See the individual datasheets for specific information.

特许专业代理商

WESTPAC ELECTRONICS LIMITED 威柏电子

Tony Yang

Westpac 
Electronics
Sales engineer

* * * * *

Westpac Electronics LTD SZ office

香港威柏電子深圳辦事處(深圳威柏德)

电话:0755-8826 7606

传真:0755-8826 7406

E-mail: TonyYang@westpac-hk.com.hk

* * * * *

特许专业代理商

WESTPAC ELECTRONICS LIMITED

威 柏 电 子 有 限 公 司

香港九龍觀塘成業街16號怡生工業中心H1座7字樓

TEL: (852) 2763 5991

FAX: (852) 2343 6979

E-mail: info@westpac-hk.com.hk

Website: www.westpac-hk.com

深圳:

深圳市福田区金田路
诺德中心17楼B室

TEL: (0755) 8826 7606

FAX: (0755) 8826 7406

上海:

上海市南丹东路238号
金轩大厦27楼A座

TEL: (021)5489 1461

FAX: (021)5425 9682

青岛:

青島市市南區豐縣路2號
博思公寓2-1902

TEL: (0532) 8823 1566

FAX: (0532) 8580 7948

技术研发中心:

东莞市凤岗镇
金凤凰开发工业区金城路