

军用EMI 及瞬变方案

原著: Jeffrey Ham - 首席产品线工程师

文稿协助: Robert Pauplis - 高级首席产品线工程师

引言

内容	页	28 伏特国防应用必须符合多项有关噪声及功率的标准, 例如 MIL-STD-461, MIL-STD-704 及 MIL-STD-1275。那些标准有多个不同的版本, 使用任何一个版本与否, 取决于应用上的要求, 令事情更为复杂。另外, 每项标准内包括一些子节内容, 其取舍取决于最终装置要求。本应用笔记会覆阅这些标准并提供 Vicor 的上架军用元件 V·I 晶片(MP028F036M12AL 及 MV036FxxxMxxx 系列) 在使用上能达到这些军规标准的指引。
引言	1	
MIL-STD-461	1	
EMI 基本	2	
抗瞬变	7	

MIL-STD-461:

这项标准的最新版本是 MIL-STD-461E, 它是一本概述传导发射、传导敏感性、幅射发射及幅射敏感性的综合文件。发射是指一个器件产生的噪声, 该噪声冲击所连接的电能来源。敏感性是指系统面对进入的噪声的易损性、脆弱性。

表一显示每个子标准的要求; 表二说明有关每项章节及其在不同装置平台的适用性。从表二可看到, 不是每个章节都是普遍要求的, 因此, 大多数功率转换生产商只专注在力求符合一些影响到所有装置的子标准; 特别是有关传导性的为主, 多于有关幅射性的, 这些标准是 CE102, CS101, CS114 及 CS116。制造商经常地也会提及、参照 CE101, 因为大多数 DC-DC 转换器那些开关频率都远超它相关的频带; 发表引述的也主要是传导发射及敏感性的要求(而不是幅射性的要求), 是因为幅射性内容明显地受实物布局、外部输出电路及电源的外壳箱子影响。一个有效的滤波设计及良好的 PCB 布板表示可很容易符合传导性的要求。

版本 E 与较前版本 D 并没有很大差异, 其实, CE101, CE102, CS101, CS114 及 CS116 章节内只有 CS101 及 CS114 章节是不同的。不同程度如下:

CS101 – 5 kHz 以下都没有改动; 5 kHz 以上则:

461D: 要求水平下降率为每十进 20 dB 直至 50 kHz

461E: 要求水平下降率为每十进 20 dB 直至 150 kHz

CS114 – 30 MHz 以下都没有改动; 30 MHz 以上则:

461D: 要求水平下降率为每十进 10 dB 直至 400 MHz

461E: 要求水平下降率为每十进 10 dB 直至 200 MHz

要求	注述
CE101	传导发射, 功率引线, 30 Hz 至 10 kHz
CE102	传导发射, 功率引线, 10 kHz 至 10 MHz
CE106	传导发射, 天线终端, 10 kHz 至 40 GHz
CS101	传导敏感性, 功率引线, 30 Hz 至 150 kHz
CS103	传导敏感性, 天线端口, 互相调制 15 kHz 至 10 GHz
CS104	传导敏感性, 天线端口, 干扰之讯号抑制, 30 Hz 至 20 GHz
CS105	传导敏感性, 天线端口, 交错调制, 30 Hz 至 20 GHz
CS109	传导敏感性, 结构电流, 60 Hz 至 100 kHz
CS114	传导敏感性, 基本电缆注入, 10 kHz 至 200 MHz
CS115	传导敏感性, 基本电缆注入, 脉冲激励
CS116	传导敏感性, 阻尼正弦瞬态, 电缆及功率引线, 10 kHz 至 100 MHz
RE101	幅射发射, 磁场, 30 Hz 至 100 kHz
RE102	幅射发射, 电场, 10 kHz 至 18 GHz
RE103	幅射发射, 天线乱真及谐波输出, 10 kHz 至 40 GHz
RS101	幅射敏感性, 磁场, 30 Hz 至 100 kHz
RS103	幅射敏感性, 电场, 2 MHz 至 40 GHz
RS105	幅射敏感性, 瞬态电磁场

表 1
MIL-461-E 要求总结

现在我们已经引述了那些标准, 我们怎样以符合之? 以下是 EMI 滤波设计的一般指引, 我们的讨论焦点在 CE102。

EMI 基本

EMI 量度分为两个部份:

- 传导性的
- 幅射性的

传导性量度是量度被测件引线间的电压或流过的电流。(取决于标准所规定的)。共模传导噪声电流是模块之正输入及负输入两者的单向(同相)分量。这电流通过功率输入引线自转换器流到直流供电源及经输出引线连接返回转换器, 这表示潜在地有一个很大的截面积回圈, 如不有效地控制, 可产生磁场。共模噪声是跨过转换器之主开关之 dv/dt 及转换器输入至输出间之有效电容量之函数。差模传导噪声电流是在输入电力功率终端之电流分量, 它们互相对向或相位相反。

我们会集中在 MIL-STD-461, CE102, 这是在 50 欧姆电压之量度。

电场幅射性发射是由于传导电流流过一个适当之天线, 例如被测件的功率引线, 如果我们能大幅减低传导发射, 那么, 我们会同样地减低幅射发射。被测件的包箱, 引线几何结构及被测件内之其他器件运作都会影响发射。由磁场引起的幅射发射最好的针对手段是使用适当的物料屏蔽及适当的布线。

安装在以下平台或装设或从其投放的器材及子系统	要求适用性																
	CE101	CE102	CE106C	CS101	CS103	CS104	CS105	CS109	CS114	CS115	CS116	RE101	RE102	RE103	RS101	RS103	RS105
水面船只		A	L	A	S	S	S		A	L	A	A	A	L	A	A	L
潜艇	A	A	L	A	S	S	S	L	A	L	A	A	A	L	A	A	L
飞行器, 陆军, 包括战机	A	A	L	A	S	S	S		A	A	A	A	A	L	A	A	L
飞行器, 海军	L	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	L	L	A	L
飞行器, 空军		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L		A	
空间系统, 包装投放的载体		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L		A	
地面, 陆军		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L	L	A	
地面, 海军		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L	A	A	L
地面, 空军		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L		A	

标注:
 A 可适用
 L 有限应用, 根据此标准的个别章节规定
 S 取获活动必须注明在取获文件内

表2 各章节的适用性

为使我们能比较测试结果从而得到重复性的结果, 需要定义出测试装置, 得知其源阻抗及相关限制, 图一所示为标准的测试设置。

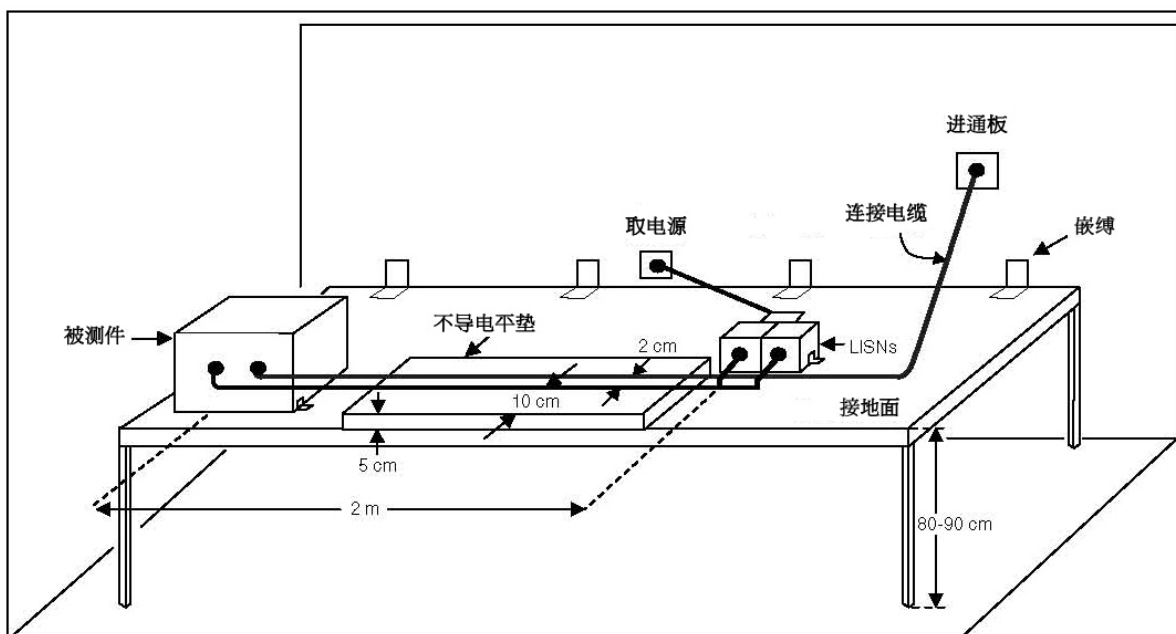
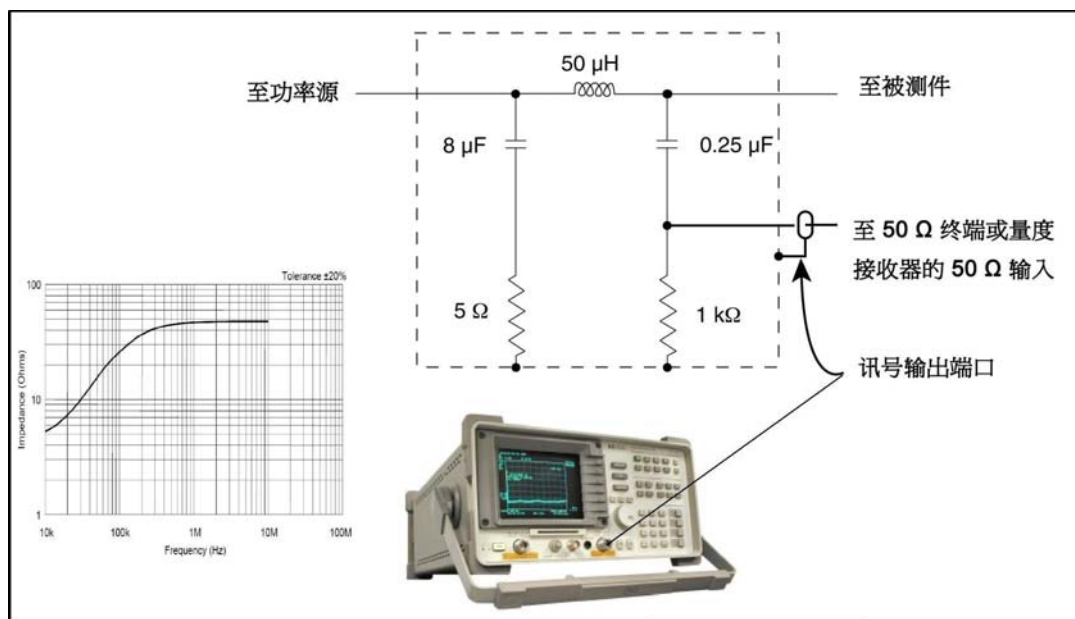


图1 MIL-STD-461 测试设置

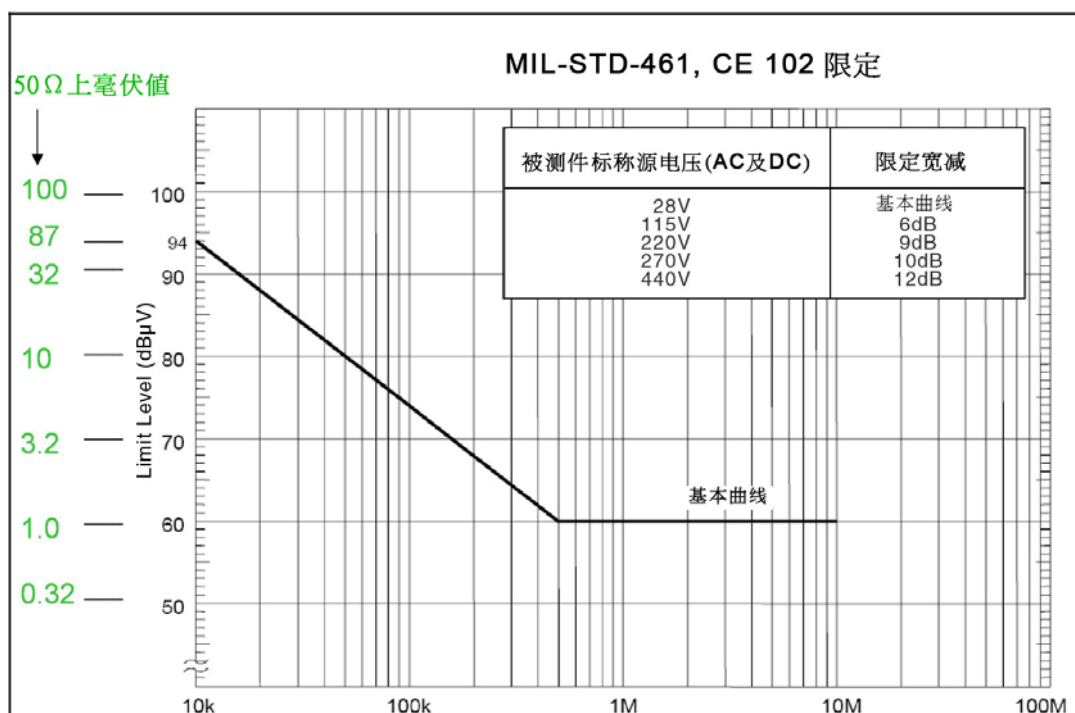
已知阻抗是使用线阻抗稳定网络(LISN)实现, 该网络之终端阻抗是 50Ω (测量仪器之内部)。每个功率引线各自要一个 LISN, 这些由图一及二表示。

图2
LISN 电路及阻抗
图表



图三显示出规格限定, 在标准的 dBμV 单位上对应出其毫伏值限定是有利理解的。

图3



从图三所示对应 28V 系统规限, 可以看到, 在 500 kHz 或以上, 标准是 50Ω 上要 1 毫伏。基于此限定, 我们需要了解噪声的来源以决定要多少衰减才能保持在指标之下, 要设计一个好的滤波器, 了解噪声源之特性是很关键的。

由于大部份情况下器件的噪声特性是为未知，所以最有效方法是在开发滤波器前能有该器件在手，那么，就能通过实验定性噪声源；一旦定性，就可给出相关模型。一系列有用的噪声电压测量如下：

- 输入对地- 开路电路
- 输入对地- 100 Ω 并联终端(加上 DC 隔阻电容)
- 输入对地- 10 Ω 并联终端(加上 DC 隔阻电容)
- 输入对地- 1 Ω 并联终端(加上 DC 隔阻电容)
- 测量输入- 输出共模短路电流

让我们假定所测出之噪声电压为：

- 输入对地- 开路电路 10V 峰-峰值
- 输入对地- 100 Ω 4V 峰-峰值
- 输入对地- 10 Ω 580 mV 峰-峰值
- 输入对地- 1 Ω 280 mV 峰-峰值
- 短路(50 nH)输入-输出电流 290 mA

从开路测试，得知等效电路(模型)是个接近 10V 的源电压，串联电阻约为 35 Ω (从开路测试得出 10V 及从 1 Ω 测试得到 0.28A)

现在，让我们加上“Y”电容(从线到地)以研究。该 4700pF 器件在 2.7MHz 之阻抗约是 13 Ω 。假设这是个在 1 Ω 终端测试时所产生的振波频率。“重复”该测量以观察波形之振幅，让我们假定测量结果得出 1.3V。

现在我们需要检查一下我们得到的结果：

一个 10V, 串联阻抗为 35 Ω 之噪声源是该源之模型，而“Y”电容在 2.7MHz 时具有 13 Ω 阻抗。

解出该 4700p 电容之电压得到 2.7V，但“测出”的电压值是 1.3V。

虽然这看来在百分比上，像是巨大的差异，但在计算上我们只是相距-6.3dB，好消息是该误差是在利好的一边。

那么，到底我们知道了什么呢？

如果我们使用 LISN 测量传导发射，我们会见到一个只是约稍为小于 1.3V 之值。我们的源阻抗仍然相对于 50 Ω 为细小，就是 $1.3 \text{ Vocv}, \text{Isc} 0.29\text{A} = 4.5\Omega$

我们的目标测量电压是 1mV，我们只需额外 63 dB 之衰减，继续加上并联电容或阻抗是否实际可行呢？

不是，即使假定我们能加我们想要的有几多就几多的并联电容，但整体阻抗，对 Isc 电流为 290mA 来说，总并联阻抗会是需要 < 3.4 m Ω ，这就断定一个实际可行的滤波器必需由并联及串联器件级联建构，形成 AC 电压分压器，这由图四显示。

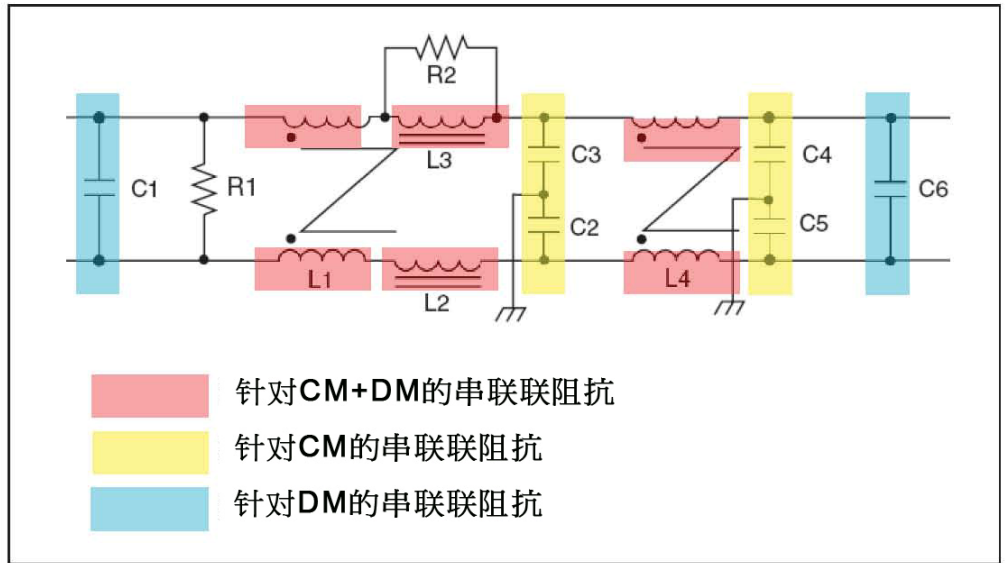


图4
多级滤波器以符合
MIL-STD-461

要有一个良好的设计，我们需要了解每部份之阻抗及其潜在的相互作用。维持电感的低“Q”值及电容的低 ESR 是良好的习惯，以得到良好的衰感而又不致产生阶振，有时这称为“峰抖”。滤波器的布线是非常重要的，避免无意中产生的寄生耦合。以上滤波器例子里，从输入到输出的寄生电容可很容易就有 1pF，即是在 2.7 Mhz 时约 60 kΩ 的寄生阻抗。如果回望滤波器那里没有并联阻抗，就会在 LISN 产生超过 1 mV，本身就会令我们超出限定。

C1 附近的滤波器阻抗(望入输入端的阻抗)以及附加的“Y”电容，不论是真实的或是寄生的，能有助缓和寄生效应。也要重视的是，电感耦合会有相同的效应。良好布线习惯是避免输入到输出及级与级间耦合的不二法门。

在功率元件前具备滤波器可衰减源电压上的瞬态变动，提供附加益处。短暂高 dv/dt 的尖峰，由于只涉及少能量，因此，滤波器上电感及电容有时足够积分综合那些能量使其峰值减低，及扩展它出现在滤波器输出的时间。

不幸地，电源在应用上(由标准定义的应用)经常超出滤波器减轻功率抖动的能力范围，故此或需附加电路把它转化，以免影响功率器件。

瞬态抗扰性:

MIL-STD-704 及 MIL-STD-1275 指涉参照飞行器及陆基系统, 述及该些系统上预期的电力素质, 以及一个器件必须符合或超出的水平, 以便能够在应用上满意地运行。其他标准或是需要, 但不在本文讨论范围内。

表 4 至 7 总结 28Vdc 系统所需符合的各项最新版本的要求。

表 3
28V 瞬态标准
总结

规格	测试描述	起动电压 (Vdc)	时间 (秒)	浪涌 (Vdc)	上升时间 (ms)	维持时间 (msec)	下降时间 (ms)	标称电压 (Vdc)	时间 (秒)	注解	间距 (秒)
RTCA DO-160E 第 16 节 飞机设备 电力输入 类别 Z	常态浪涌 16.6.1.4	28	300	50	1	50	1	28	5	重复 3 次	5
		28	300	12	1	30	1	28	5	重复 3 次	5
	不常浪涌 16.6.2.4 部份	28	300	80	ns	100	ns	28	ns	重复 3 次	10
		28	300	48	ns	1000	ns	28	ns	重复 3 次	10
DEF STAN 61-5, 第 6 部份, 28Vdc 军用车载 电力系统	浪涌发生器 加上电池	26.4	300	40	ns	50	50	26.4	1	重复 5 次	1
		26.4	300	20	ns	500	500	26.4	1	重复 5 次	1
	只有 浪涌发生器	26.4	300	100	ns	50	150	26.4	1	重复 5 次	1
		26.4	300	15.4	ns	500	150	26.4	1	重复 5 次	1
Mil-Std-1275D 28Vdc 军用车载 电力系统	浪涌发生器 加上电池	28	300	40	1	50	1	28	ns	重复 5 次	1
	只有发生器	28	300	100	1	50	1	28	ns	重复 5 次	1
空中巴士 ABD0100.1.8 惯常 DC 网络 电力装置	电压浪涌 通常瞬态 测试 3.1 测试 3.2 测试 3.3 测试 3.4	27.5	300	40	ns	30	ns	27.5	5	每项 测试 重复 3 次	5
		27.5	300	17	ns	15	ns	27.5	5		5
		27.5	300	39	ns	50	ns	27.5	5		5
		27.5	300	19.5	ns	30	ns	27.5	5		5
		27.5	300	37	ns	100	ns	27.5	5		5
		27.5	300	21	ns	50	ns	27.5	5		5
		27.5	300	35	ns	200	ns	27.5	5		5
		27.5	300	23.5	ns	100	ns	27.5	5		5

ns=没有标明

规格	测试描述	起动电压 (Vdc)	时间 (秒)	浪涌 (Vdc)	上升时间 (ms)	维持时间 (msec)	下降时间 (ms)	标称电压 (Vdc)	时间 (秒)	注解	间距 (秒)
空中巴士 ABD0100.1.8 惯常 DC 网络 电子装置	不常瞬态 电压浪涌										
	测试 4.1	27.5	300	46	ns	100	ns	27.5	5	重复 3 次	5
	测试 4.2	27.5	300	38	ns	1000	ns	27.5	5		5
		27.5	300	0	ns	5000	ns	27.5	5		5
空中巴士 ABD0100.1.8 不间断功率传输 DC 网络电子装置	常态浪涌										
	测试 2.1	27.5	300	36	ns	100	ns	27.5	5	重复 3 次	5
	测试 2.2	27.5	300	35	ns	200	ns	27.5	5		5
	测试 2.3	27.5	300	34	ns	300	ns	27.5	5		5
	测试 2.4	27.5	300	18.5	ns	5000	ns	27.5	5		5
	不常瞬态 电压浪涌										
	测试 3.1	27.5	300	36	ns	1000	ns	27.5	5	重复 3 次	5
	测试 3.2	27.5	300	33	ns	3000	ns	27.5	5		5
测试 3.3	27.5	300	0	ns	5000	ns	27.5	5	5		
Mil-Std-704F 及 Mil-HDBK-704 第 8 部份	常态电压 瞬态过压										
	AA	29	300	50	<1	12.5	<1	29			
	BB	29	300	50	<1	12.5	70	29			
	CC	29	300	40	<1	45	<1	29			
	DD	29	300	40	<1	45	37.5	29			
	EE	29	300	50	<1	10	<1	29		重复 3 次	.0005
	FF	22	300	50	<1	12.5	<2	22			
	GG	22	300	50	<1	12.5	95	22			
HH	22	300	40	<1	45	<1	22				

表 4
28V 瞬态标准
总结

ns=没有标明

规格	测试描述	起动电压 (Vdc)	时间 (秒)	浪涌 (Vdc)	上升时间 (ms)	维持时间 (msec)	下降时间 (ms)	标称电压 (Vdc)	时间 (秒)	注解	间距 (秒)	
Mil-Std-704F 及 Mil-HDBK-704 第 8 部份 (续)	常态电压 瞬态过压											
	II	22	300	40	<1	45	62.5	22				
	JJ	22	300	50	<1	10	<1	22		重复 3 次	.0005	
	欠压											
	KK	29	300	18	<1	15	<1	29				
	LL	29	300	18	<1	15	234	29				
	MM	29	300	18	<1	10	<1	29		重复 3 次	.0005	
	NN	22	300	18	<1	15	<1	22				
	OO	22	300	18	<1	15	85	22				
	PP	22	300	18	<1	10	<1	22		重复 3 次	.0005	
	混合瞬态											
	QQ	29 然后	300	18 50	<1 <1	10 12.5	<1 70	29 29	<.001	重复 5 次		
	RR	22 然后	300	18 50	<1 <1	10 12.5	<1 62.5	22 22	<.001	重复 5 次		
	重复性 常态 电压瞬态		28.5	0.00 3	18	30	45Vdc	2.5	28.5		维持 30 分钟	.0005

表 5
28V 瞬态标准
总结

规格	测试描述	起动电压 (Vdc)	时间 (秒)	浪涌 (Vdc)	上升时间 (ms)	维持时间 (msec)	下降时间 (ms)	标称电压 (Vdc)	时间 (秒)	注解	间距 (秒)
Mil-Std-704F 及 Mil-HDBK-704 第8部份 (续)	不常电压瞬态过压										
	AAA	29	300	50	<1	50	<1	29			
	BBB	29	300	50	<1	50	15	45			
		然后			45		减少	30	40		
		然后			40		减少	60	35		
		然后			35		减少	4850	30		
		然后			30		减少	1000	29		
	CCC	29	300	50	<1	50	<1	29		重复3次	0.5
	DDD	22	300	50	<1	50	<1	22			
	EEE	22	300	50	<1	50	15	45			
		然后			45		减少	30	40		
		然后			40		减少	60	35		
		然后			35		减少	4850	30		
		然后			30		减少	8000	22		
	FFF	22	300	50	<1	50	<1	22		重复3次	0.5
	欠压										
	GGG	29	300	7	<1	50	<1	29			
	HHH	29	300	7	<1	50	15	12			
		然后			12	30	增加	Na	17		
		然后			17	60	增加	Na	22		
然后				22	4850	增加	Na	28			
然后				28	1000	增加	na	29			
然后			29								

表6
28V 瞬态标准
总结

规格	测试描述	起动电压 (Vdc)	时间 (秒)	浪涌 (Vdc)	上升时间 (ms)	维持时间 (msec)	下降时间 (ms)	标称电压 (Vdc)	时间 (秒)	注解	间距 (秒)
Mil-Std-704F 及 Mil-HDBK-704 第8部份 (续)	不常电压瞬态过压										
	III	29	300	7	<1	50	<1	29	<1	重复3次	0.5
	JJJ	22	300	7	<1	50	<1	22	<1		
		然后			12		增加	30	17		
		然后			17		增加	60	22		
	LLL	22	300	7	<1	50	<1	22		重复3次	0.5
		混合瞬态									
	MMM	29	300	7	<1	10	<1	50			
					50	<1	50	15	45		
		然后			45		减少	30	40		
		然后			40		减少	60	35		
		然后			35		减少	4850	30		
		然后			30		减少	1	29		
	NNN	22	300	7	<1	10	<1	50			
					50	<1	50	15	45		
		然后			45		减少	30	40		
		然后			40		减少	60	35		
		然后			35		减少	4850	30		
		然后			30		减少	8000	22		
	然后			22							

表7
28V 瞬态标准
总结

像 MIL-STD-461, 704 及 1275 也有较早版本, 或是根据装设要求而需要的。要确知要符合的是那一个版本, 因为其限定可有很大差异。

MIL-STD-704F 相对上容易符合。下表 8-10 总结出 704 不同版本的重要差异。

表 8
704 版本总结

		28Vdc 稳压		
		常态电压(V)	不常电压(V)	紧急电压(V)
MIL-STD-704A	类别 A	25-28.5	23.5-30	17-24
	类别 B	24-28.5	22.5-30	16-24
	类别 C	23-28.5	21.5-30	15-24
MIL-STD-704C		22-29	20-31.5	16-30
MIL-STD-704D		22-29	20-31.5	16-29
MIL-STD-704E		22-29	20-31.5	18-29
MIL-STD-704F		22-29	20-31.5	16-29

浪涌上的差异为:

表 9
704 版本总结

		28 Vdc 浪涌							
		常态操作				不常操作			
		高线瞬态		低线瞬态		高线瞬态		低线瞬态	
		电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-704A	类别 A	70	20 mS	10	50 mS	80	50 mS	0	7 S
	类别 B	70	20 mS	8	50 mS	80	50 mS	0	7 S
	类别 C	70	20 mS	7	50 mS	80	50 mS	0	7 S
MIL-STD-704C		50	12.5 mS	18	15 mS	50	45 mS	0	7 S
MIL-STD-704D		50	12.5 mS	18	15 mS	50	45 mS	0	7 S
MIL-STD-704E		50	12.5 mS	18	15 mS	50	50 mS	0	7 S
MIL-STD-704F		50	12.5 mS	18	15 mS	50	50 mS	0	7 S

以及瞬态上差异是:

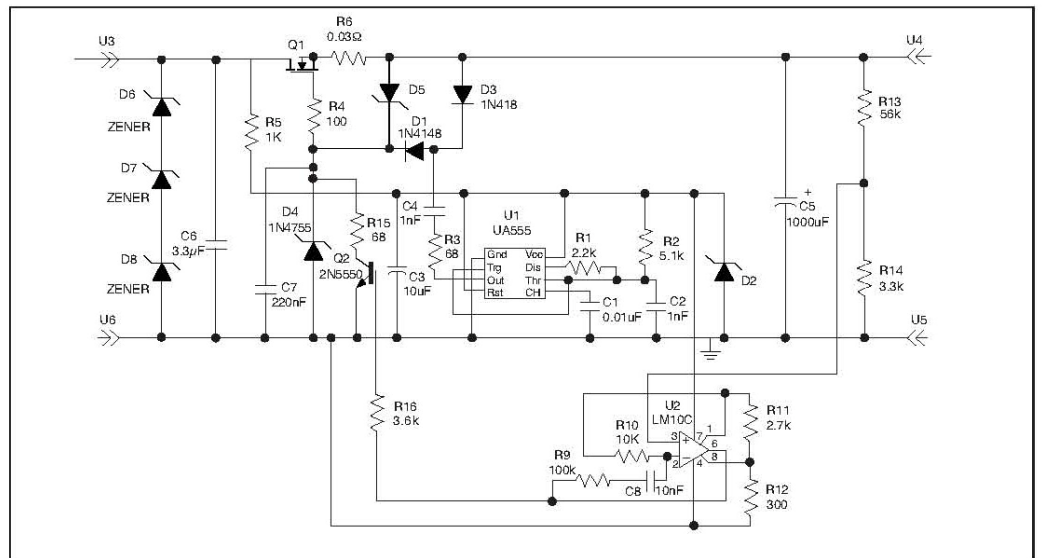
表 10
704 版本总结

		28Vdc 尖峰			
		高线瞬态		低线瞬态	
		电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-704A	类别 A	600	50 μ s	-600	50 μ s
	类别 B	600	50 μ s	-600	50 μ s
	类别 C	600	50 μ s	-600	50 μ s
MIL-STD-704C		N/A			
MIL-STD-704D		小于 50 μ s 的尖峰电 MIL-E-6051 规范			
MIL-STD-704E		N/A			
MIL-STD-704F		N/A			

可从表 8-10 看到，如果功率器件标称输入范围有 16-50Vdc，立即就可满足 704F，不需特别留神或加额外电路。Vicor 的 M-PRM 型号 MP028F036M12AL 具备此等输入范围，能直接符合该标准。

如需要满足 704A，那么该 MP028F036M12AL 需要附加保护电路。通常以输入并联瞬吸收器钳定脉冲至合理水平，然后以使用 FETs 之有源钳位电路把输出的电压减低到 DC 器件能承受的最高水平。以下图 5 表达此概念。

图 5
钳位电路例子



Q1 是主要的钳位元件，必需适当地取裁以承接在 80V(50ms)不正常的功耗要求。显然地，如下游之器件能承受高些的电压，那么 Q1 的功耗必较少。在这例子里，D6-8 是 33V 600W 器件。

MIL-STD-1275D 是更强烈的要求，其浪涌幅度及时间要求是 100Vdc，50ms。11-13 列出 MIL-STD-1275 不同版本的差异。可以从这些表内看到，除 704A 要求的 600V 尖峰脉冲外，1275D 是更严苛的。故此，如能够符合 MIL-STD-1275D，那么也就符合 704F；也由于该瞬态吸收器处理该 600V 脉冲，也就能符合 704A。

图 5 之电路可用分立元件建构。使用前述的方法，也可设计出一个 EMI 滤波器，但进行上需要迭代制作、测试、评估、改动过程-拖长项目的设计阶段。为节省时间及为确保符合要求，应使用成品模块例如 Vicor 的 M-FIAM7。

表 11
1275 版本总结

	28Vdc 稳压		
	正常电压(V)	只有发电机(V)	只有蓄电池(V)
MIL-STD-1275A (AT)	25-30	23-33	20-27
MIL-STD-1275B	25-30	23-33	20-27
MIL-STD-1275C	25-30	23-33	20-27
MIL-STD-1275D	25-30	23-33	

表 12
1275 版本总结

	28Vdc 浪涌							
	不出错操作				单次出错操作			
	高线瞬态		低线瞬态		高线瞬态		低线瞬态	
	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-1275A (AT)	40	50 mS	18.5	100 mS	100	50 mS	15	500 mS
MIL-STD-1275B	40	50 mS	18.5	100 mS	100	50 mS	15	500 mS
MIL-STD-1275C	40	50 mS	18	100 mS	100	50 mS	15	250 mS

	28Vdc 浪涌							
	常态操作模式				只有发电机模式			
	高线瞬态		低线瞬态		高线瞬态		低线瞬态	
	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-1275D	40	50 mS	18	500 mS	100	50 mS	15	500 mS

表 13
1275 版本总结

	28Vdc 尖峰							
	不出错操作				单次出错操作			
	高线瞬态		低线瞬态		高线瞬态		低线瞬态	
	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-1275A (AT)	250	70 uS	-250	70 uS	250	70 uS	-250	70 uS
MIL-STD-1275B	250	70 uS	-250	71 uS	251	71 uS	-249	71 uS
MIL-STD-1275C	250	70 uS	-250	72 uS	252	72 uS	-248	72 uS

	28Vdc 尖峰							
	常态操作模式				只有发电机模式			
	高线瞬态		低线瞬态		高线瞬态		低线瞬态	
	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间	电压(V)	时间
MIL-STD-1275D	250	70 uS	-250	70 uS	250	70 uS	-250	70 uS

以下图 6 是 M-FIAM7 之瞬态保护表现图表

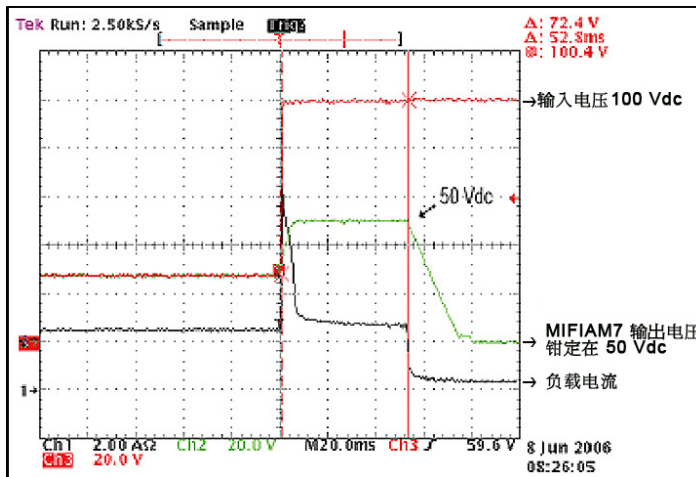


图 7 所示为原 PRM/VTM 配对在未滤波前的传导发射(CE102)图表。图 8 显示加上 M-FIAM7 及以图 9 所示的测量装置得出的同样图表。

图 7
注意需要衰减的
主要能量是在该
PRM/VTM 配对之
开关频率

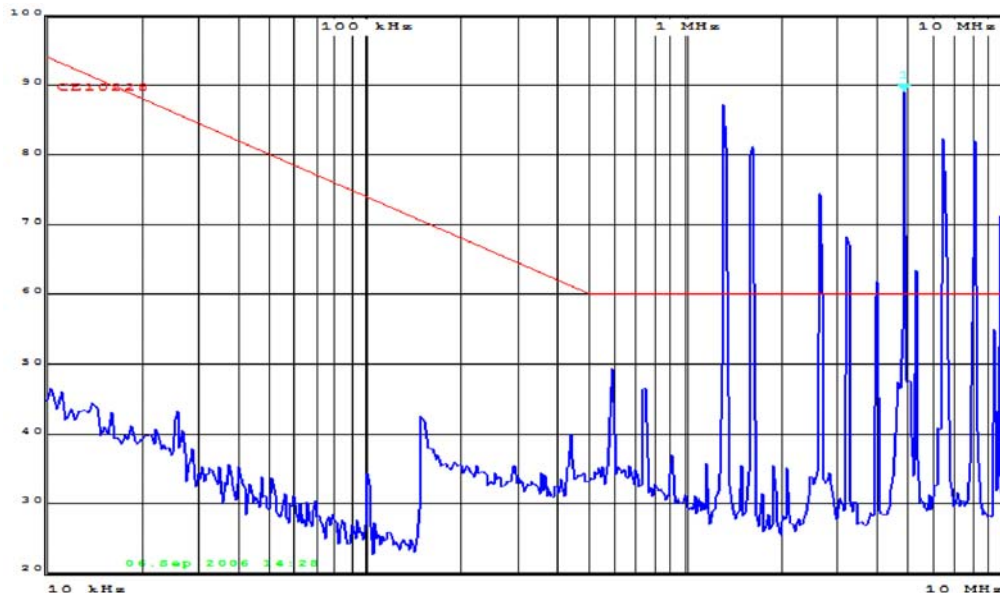
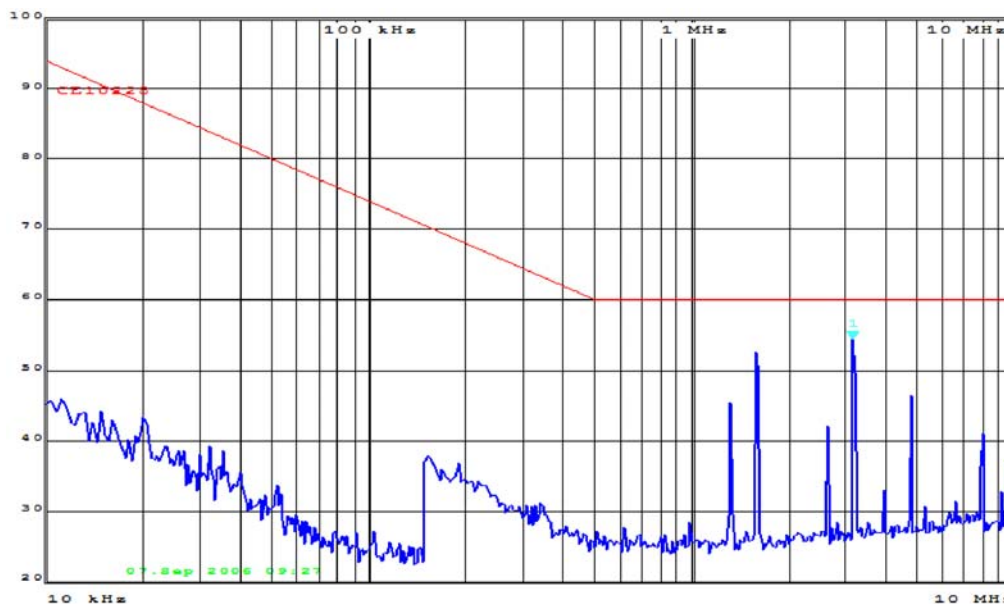


图 8
附加 M-FIAM7 及
Y 电容后之 CE102 图表



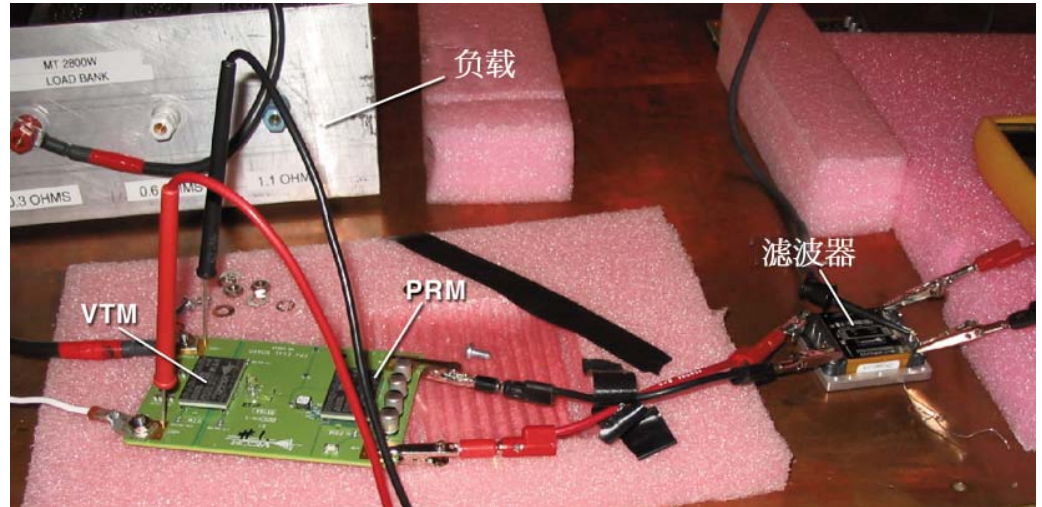


图9
测量装设

总结

符合 EMI 瞬态保护限定可以是令人却步的任务，从零开始设计一个滤波器之步骤，虽然可行，但是是烦厌及费时的。然而，若依从本文勾划的步骤是可以做到的；较佳的方法是使用现成元件例如 M-FIAM7。这是功率元件厂家针对性地设计好的，这样做确保该器件兼容及大幅省却设计工作。