



# DC/DC 模块电源 应用手册

广州德励电子科技有限公司

二零零八年九月十九日

## 目 录

一、	<b>基本术语解释</b> .....	1
	输入电压范围 (Input Voltage Range) .....	1
	负载电压调整率 (Load Voltage Regulation) .....	1
	输入 (线性) 电压调整率 (Line Voltage Regulation) .....	1
	输出电压精度 (Output Voltage Accuracy) .....	1
	输入和输出波纹电压 (Input and Output Ripple) .....	1
	输入与输出隔离电压 (Input to Output Isolation) .....	1
	绝缘阻抗 (Insulation Resistance) .....	1
	全负载效率 (Efficiency at Full Load) .....	1
	温度漂移 (Temperature Drift) .....	1
	温升 (Temperature above Ambient) .....	1
	开关频率 (Switching Frequency) .....	1
	空载功耗 (No Load Power consumption) .....	1
	隔离电容 (Isolation Capacitance) .....	1
	平均无故障时间 (Mean Time Between Failure) [MTBF] .....	1
	躁声 (Noise) .....	1
	工作温度范围 (Operating temperature range) .....	2
二、	<b>电源的设计及选用</b> .....	3
	确定电源规格 .....	3
	系统配电设计 .....	4
三、	<b>电源的测试</b> .....	7
	开尔文四端测试法 .....	7
	模块的性能 .....	7
四、	<b>电源的应用</b> .....	11
	隔离 (Isolation) .....	11
	串联使用 (Connecting DC/DC Converters in Series) .....	11
	并联使用 (Connecting DC/DC Converters in Parallel) .....	11
	模块并联使用的推荐值 .....	12
	滤波 (Filtering) .....	12
	输出滤波计算 .....	12
	限制涌浪电流 (Limiting Inrush Current) .....	13
	容性负载 .....	13
	隔离电容和漏电流 .....	13
	过载保护 .....	14
	输入欠压保护 .....	15
	无负载过压上锁 .....	15
	输入短路保护 .....	15
	EIA-232 接口 .....	16
	隔离数据采集系统 .....	16
	远距离传输 .....	16
	减小噪声 .....	17
	电磁兼容 .....	17

## 一、基本术语解释

### 输入电压范围 (Input Voltage Range)

指产品维持正常工作性能所能容忍的输入电压波动范围。

### 负载电压调整率 (Load Voltage Regulation)

指输出负载变化时的输出电压的变化率。通常是按照标称输出负载时的输出电压的百分比来规定的，例如：在12V输出的装置的输出脚测出1V的变化，负载电压调整率是8.3%。对于不稳压产品，负载电压调整率所规定的负载范围为满载的10%~100%。

### 输入（线性）电压调整率 (Line Voltage Regulation)

指输出电压的变化率对应特定的输入电压范围，通常表示为百分比。假设一个12V标称输入电压、5V输出电压装置，在输入电压变化1.2V时，输出电压变化0.5V，这时的输入电压调整率就是1%/。

### 输出电压精度 (Output Voltage Accuracy)

它表示输出电压接近标称输出电压的程度。对于非控压型装置而言，这是在给定的标称输入电压下的输出电压的公差范围。例如：一个规定5V输出的装置在100%的负载的情况下，输出电压可能测为4.75V，也就是说输出电压精度是-5%。

### 输入和输出波纹电压 (Input and Output Ripple)

它表示输入或输出在转换周期内起伏的电压值。这个波纹电压值是滤波电容的滤波能力的体现。

### 输入与输出隔离电压 (Input to Output Isolation)

这是表示在输入和输出电路之间绝缘击穿的测试电压。这个绝缘电压是装置在规定的时间内耐压能力，通常是60秒。

### 绝缘阻抗 (Insulation Resistance)

这个阻抗是输入和输出脚之间的阻抗。它通常在500V直流电压下测量得出。

### 全负载效率 (Efficiency at Full Load)

它表示装置工作在100%负载和标称输入电压的条件下的功率转换效率。

### 温度漂移 (Temperature Drift)

它是表示每一度环境温度变化引起输出电压的变化的百分比。这个参数还涉及到其它几个温度相关参数，大体上是内部元器件的温度漂移。

### 温升 (Temperature above Ambient)

它表示装置在全负载的情况下高于环境温度的温度上升幅度。它与装置的功率转换效率有关。

### 开关频率 (Switching Frequency)

它是指在DC/DC变换器内部的开关电路的工作频率。可观测的输入或输出管脚的纹波波形通常是开关频率的两倍，这是由装置的全波整流和推挽配置特性决定的。

### 空载功耗 (No Load Power consumption)

它是开关电路必需测量的参数。它是装置的零负载时输入功耗，这个参数对装置的功率转换效率起制约作用。

### 隔离电容 (Isolation Capacitance)

它表示输入和输出间的耦合电容。它不是一个事实上的电容，除了在变压器初级和次级之间耦合产生的寄生电容，它是在1MHz情况下测的典型值，以减少板内的滤波电容的影响。

### 平均无故障时间 (Mean Time Between Failure) [MTBF]

用MIL-HDBK-217F标准来计算MTBF在+25℃环境温度和100%负载的情况下的数值。当比较其他公司产品的MTBF值时，请考虑不同的条件和标准。

### 噪声 (Noise)

每个DC/DC模块的输入传导噪声是由联线的传导频谱产生的。值得注意的是，噪声受PCB设计、测试系统

配置、终端阻抗等相当大的影响。去论证正确性和精确度是困难的，除非通过频谱分析典型图。有些开关噪声会叠加在纹波上，就如应用指南中所提出的一样，这些噪声的大多数很容易被小电容和滤波电感滤除的。

### 工作温度范围 (Operating temperature range)

模块的工作温度范围受限于模块的内部元器件的规格。温度与输出功率的关系图表示模块的可靠工作范围 (SOA)。

在达到某一个确定的温度前，装置可以输出100%的功率，超过这个温度，输出功率必须降低才能确保模块在工作寿命内的正常运转和符合规格。

这些温度值仅适用于自然散热。如果模块被用在一个封闭的场合或者被用在封闭的PCB板上，高温将在模块的周围出现，这是因为自然通风的条件被破坏。如果在高温情况下需要相同的功率，必须选用更高瓦数的模块，或者考虑外加散热器。

## 二、电源的设计及选用

最初的小功率电源是由应用电路工程师在设计电路时一并设计的。但伴随着科技的飞速发展，新产品投产的进度日益加快，为适应这一形势的发展，电源逐步开始由专业制造厂家设计及制造。

电源是电子系统中非常重要甚至最关键的元件，对于高品质的电子产品来说更需要精心地去选择一款合适的电源及应用方案。在开发的初期合理地设计电源方案、布局，可以降低成本，避免干扰、振荡、过热、过流等恶劣现象，并提高电路的可靠性，节约开发时间。

### 确定电源规格

首先确定电源的规格，按照我们需求的指标进行筛选，确定使用标准模块还是需要定制。

基本要求如下：

#### A、输入电压：

前级输入电源的类型和电压的精度直接决定了模块的类型。例如：

- 1) 开关电源、线性稳压器、稳压二极管等输出较稳定的电源，可以选择定压输入系列（输入电压变化范围一般小于 $\pm 5\%$ ），一般常见的输入电压有 5V、12V、24V。
- 2) 对 24V 工业总线电源、48V 通讯总线电源、220V 变压整流输出以及各式电瓶、蓄电池、干电池、远距离传输等输出电压变化较大的场合，应选择宽压输入系列的模块，如 2 : 1 或 4 : 1 输入范围，具体的应根据实际情况选择合适的模块，以提高新产品的性价比。一般常见的输入标称电压有：5V (4.5~9V)，12V (9~18V)，24V (18~36V)，48V (36~72V)。对于 3W 以上的输出功率，为提高整机效率，建议选择较高电压作为输入电压。

#### B、输出电压：

输出电压由负载的电路类型所决定，输出电压的常见规格有 3.3V、5V、9V、12V、15V。

- 1) 普通数字电路、放大直流或低频信号的运放、RS232/485、CAN 总线等对电源精度要求不高的场合，可选择非稳压系列。
- 2) 对于传感器，高精度的运放，A/D、D/A 芯片等对电源精度和纹波较敏感的器件应选用稳压系列或宽压系列的产品。
- 3) 在成本和效率兼顾的情况下，可以考虑非稳压模块和线性稳压器的结合使用。
- 4) 在负载有正负电压或多种电压供电时，要考虑正负输出或采用双路和多路输出，这时应尽可能地减少输出路数，并将输出功率大和精度要求高的做为主边输出，确定副边的要求精度，使模块设计更可靠地满足要求。
- 5) 对输出的精度及纹波如有过高的要求，可能会导致模块成本的大幅上升。

#### C、输出电流：

负载选定后，输出电流就基本确定，负载电流的大小是决定功率的关键，同时也直接影响到模块的价格。功率余量建议选择 20%~30%。

对于输出功耗很小或空载的电路情况，如给光耦、继电器供电，用于 RS232/485、CAN 总线，做电压基准等使用时，建议加合适的假负载提高模块使用的可靠性，对于电源负载极不稳定，变化范围较大的情况，假负载的选择要兼顾在 10~100% 范围内，避免轻载和过载。在高温情况下 DC/DC 应降额使用，可以选择在 30~40% 以上的功率余量，对于长期工作于 70℃ 以上的场合，请向技术服务人员说明以选取适合高温环境的模块。总之，输出电流的选择是设计成功的关键，过大或过小的电流均会导致较低的可靠性及过高的成本。

#### D、隔离性质：

隔离特性使模块的输入与输出完全为两个独立的（不共地）电源。在工业总线系统中，面临恶劣环境（如雷击、电弧干扰等）时进行安全隔离，能起到消除接地环路的作用；在混合电路中，实

现敏感模拟电路和数字电路的噪声隔离；在多电压供电系统中实现电压的转换。

#### E、封装尺寸：

对模块需留足够的空间来考虑其散热辐射对信号采集的干扰和对其它电路部件性能的影响，所以要兼顾体积、成本、可靠性综合考虑。总之，尽量采用标准规格模块，以满足成本较低，技术成熟，减小开发阻力，节约开发时间的目的。对于高隔离，超宽电压范围，高温环境，EMC 认证等其它特殊要求则最好咨询技术服务。

### 系统配电设计

系统配电的设计往往要结合产品的特性和电路的需求进行多次优化，准确测量实际电路的工作参数和环境温度变化范围，有助于我们更为精确地选择合适的模块电源。

#### A、外界因素：

##### 1) 温度：

环境的温度会对模块及其外接元件造成一定的影响，考虑应用中模块可能处于高温、低温或是在高低温间循环变化（如：机舱、船舱等），这就要求了解模块工作在相应的温度范围内的各个参数变化。商业级产品的温度范围要求为 0~70℃，工业级产品为-40~+85℃，车载设备一般为-40~+105℃，野外作业设备一般需-55~+85℃，军用领域一般选用-55~+125℃。特别在高温时模块大幅度降额，设计时要考虑足够余量；同时外接电容不宜用铝电解电容，应选择钽电容或其它高低温特性较好的电容为宜。在高温下，电容的耐压值大幅度降低，请参照所使用的电容的规格书正确使用。另外，在环境温度低于-10℃的环境下，部分电解电容可能失去作用。

##### 2) 浪涌：

在有电弧、静电放电、不稳定交流电网、起动开关、继电器、雷击等干扰的环境下，输入电压和电流可能会远远超过模块的承受范围，导致模块永久性损坏和负载电路的瘫痪，这时要添加适当的保护电路，确保电源安全工作。

##### 3) 传输距离：

无论室内还是野外，电源的传输距离长短都是系统重要的考虑因素之一，室内短线温差小、干扰小，可以考虑采用非隔离或小功率型的产品。野外远距离传输除了防雷隔离保护以外，还要精确计算传输线的损耗，并选择宽电压输入且功率足够的隔离模块去推动远程设备，以免启动功率不足造成启动不良。另外，还要考虑模块的启动电流，由于传输距离过长、损耗较大，故应考虑模块的前级是否有足够功率的输入电源，以保证模块正常启动并工作。此外，建议在模块的输入引脚旁并接一电容，以提高产品启动性能。

#### B、工作环境：

##### 1) 散热：

所有模块都会有一定的损耗转变为本身的热能，使自身发热，并影响周围环境升温，引起数据干扰（如热敏传感器件）和器件性能下降，甚至会引起短路起火，布局时一定要要有充足气流空间，或增加散热面积来降低温升，保证安全。

##### 2) 干扰：

由于 DC/DC 是采用开关技术来实现的，其自身的开关振荡电路及内部的磁性元件会对周围的器件以传导和辐射的方式产生电磁干扰和污染。电磁干扰（EMI）是指通过电磁辐射传播和信号线、电源线传导的电磁能量对环境所造成的污染。电磁干扰不能完全被消除，但可以采取一些方法使其降低到安全的等级达到电磁兼容的目的。一般抑制电磁干扰的有效途径有：

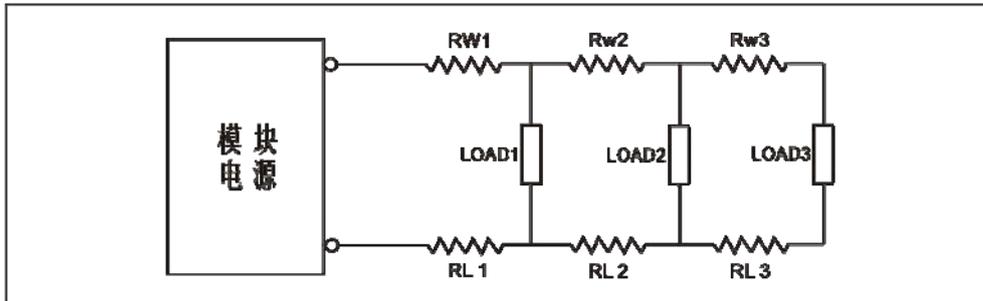
**屏蔽电磁干扰辐射：**选择金属屏蔽封装的产品，或外加屏蔽罩可以减少辐射；

**合理接地：**对电源线、信号线进行滤波。如采用合适的滤波器或滤波网络都可以减小电磁干扰的传导；

**布局：**不合理的接地和电源布局往往会引起系统不稳定、高噪声和其它无法解释的恶劣现象，模

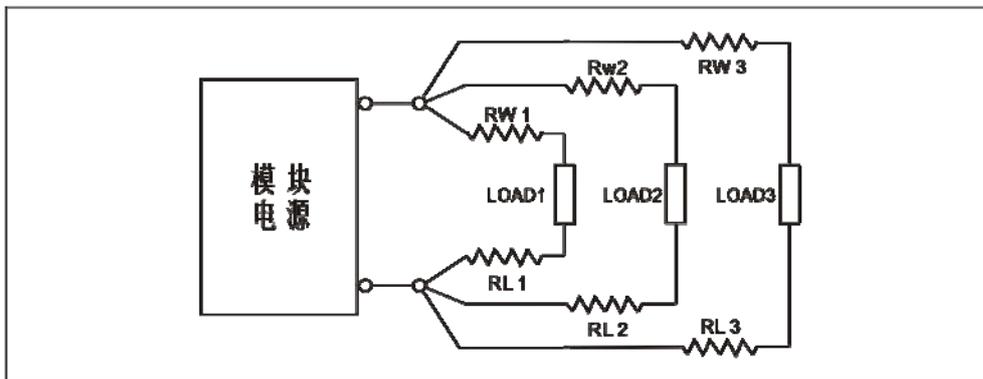
块供电电路与小信号电路分开布局，能有效避免模块对小信号电路造成的干扰。

➤ **常见的三种配电连接**



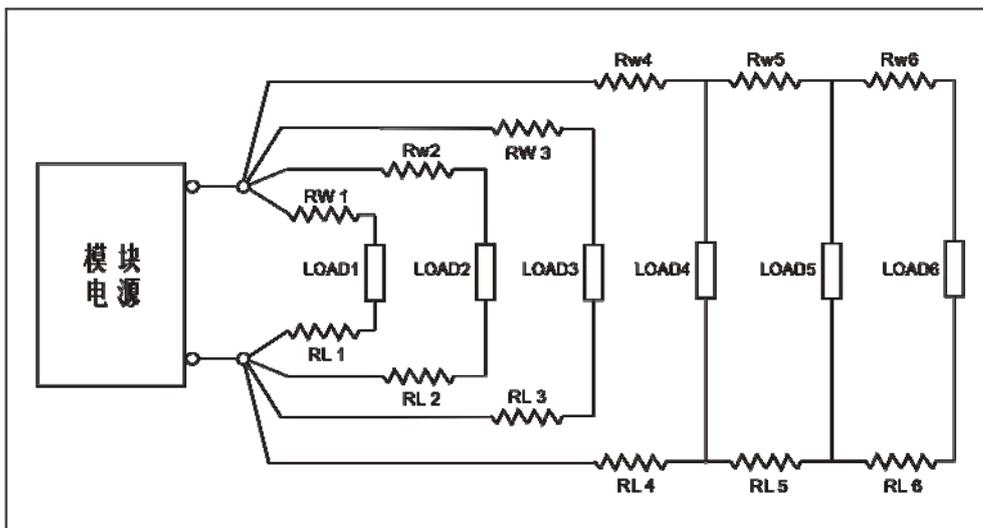
平行连接

每个负载和其它负载公用线阻产生了直流回路，每个负载电压会随着其它负载电流的变化而变化。



辐射连接

每个负载和电源形成独立的环路，消除了直流地回路和各负载间的交互影响，每个负载电压只是由于其自身环路的电流和线阻不同而产生差别不会相互干扰。

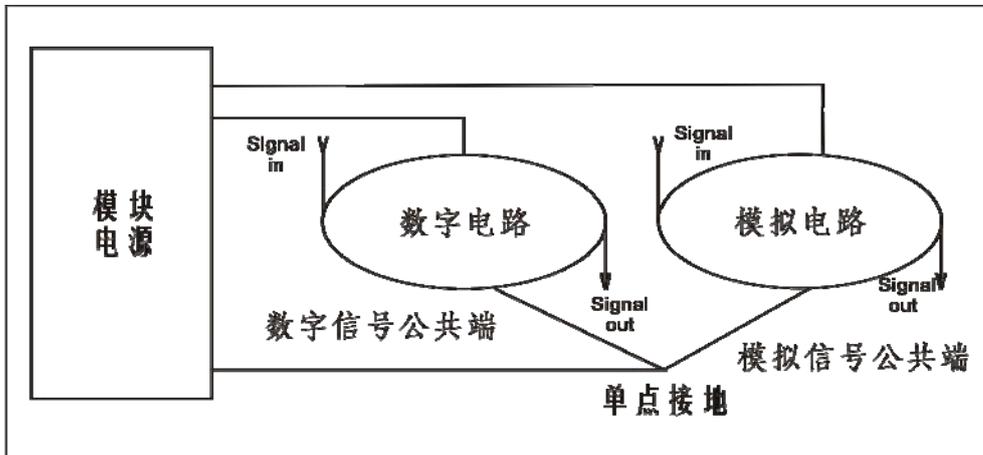


混合连接

在复杂的系统中我们可能需要同时采用平行和辐射连接，由于辐射连接交互影响小，多用于大电流负载并靠近电源，对于小电流负载，线上压降很小，可以忽略，可采用平行接法。

➤ **模拟和数字电路的分配**

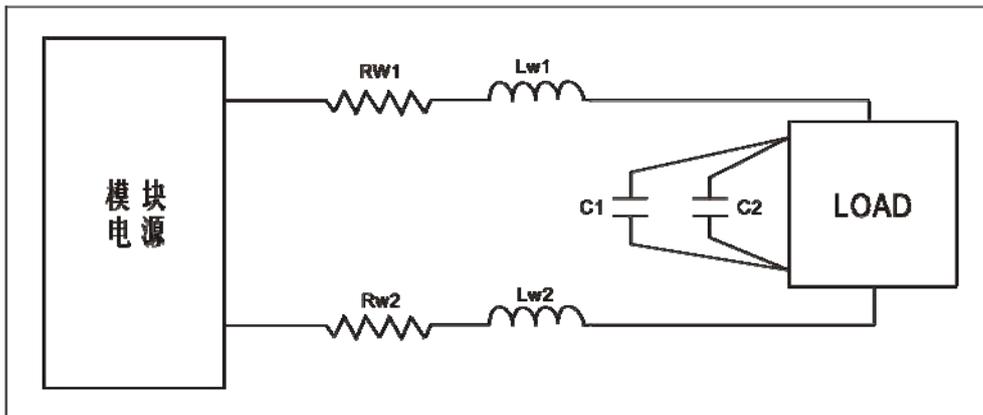
在许多应用中，数字和模拟电路共用同一电源，在这类设计中非常重要是要对模拟和数字电路分开使用或完全隔离电流和接地回路。避免数字直流电平的变化和逻辑瞬态过程干扰敏感的模拟电路。通常采用单点接地。如图：



模拟和数字电路的分配

➤ **负载去耦**

高速或动态模拟、数字电路，负载通过较长的线路配电时电源配线的分布电阻和电感变得明显极易因为负载电流的迅速变化引起噪声尖刺，这就需要负载去耦，同时消除线路上的串联阻抗和分布参数引起的谐振。如图：



负载去耦

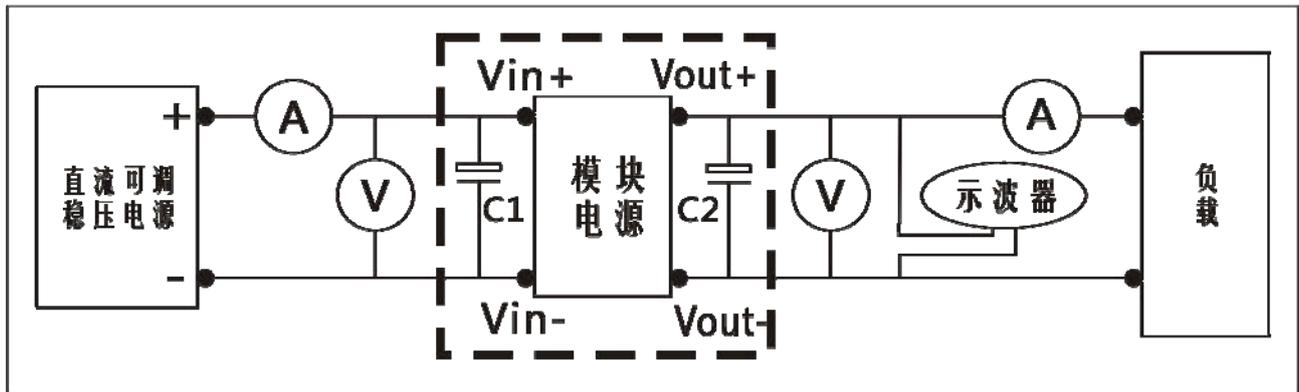
C1 采用 1~10uF 电解或钽电容；C2 采用 0.1uF 瓷片电容。

### 三、电源的测试

电源选定后，最为重要的是应用于实际单元电路中的电气性能，使用前产品要经过严格测试合格才能使用，下面介绍模块电源的一般测试方法。

#### 开尔文四端测试法

如图：测试条件：室温  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，湿度  $<75\%$ ，标称输入和额定负载。



开尔文四端测试法

模型的组成：

直流可调稳压电源：输入电压范围足够大

电流表 A：精度在 0.001A

电压表 V：精度在 0.001V

负载电阻：额定负载： $\frac{U^2}{P}$  轻载： $\frac{U^2}{P} \times 10$

连线：线损越小越好，以 1mm 多股铜线最佳，以免造成过大压降。

#### A、连线

保证较高的测量精度就要减小连接导线引起的误差，过长过细的连接线及不良的接触会引起较大的回路压降和大大降低模块的负载调节率，尤其在负载电流较大时尽量缩短输出引脚与各负载间的距离，并增加连接导线截面积来减小阻抗产生的压降。模块的输入不能反接，输入输出电压表连接模块引脚，并选择满足功率大小的负载，将输入电压和负载调节到标称值，便可以测量。

#### B、接地

不合适的接地会引入意外的噪声，对于测量纹波和噪声，避免其它电器通过电源地线串入模块，在测量时建议采用单通道探头直接测量法测量输出，避免输入输出共地和外界干扰产生的测量误差（参考图纹波和噪声）。

#### C、负载

为了安全测量取得有效的测试数据，对于定压产品必须保证在 10~100%之间的负载，容性负载不能大于技术资料规定值，才能保证较为准确的电压和纹波输出；对于宽压产品可先 10%的负载测试确定好坏，再进行额定负载的准确性测试。具体外接图示参考产品技术资料。

#### 模块的性能

连接好模块就可以进行性能的测试和判定，确认性能参数是否达标。

##### 1) 输出电压精度

在标称的输入电压和额定负载下，用高精度的直流电压表来测试输出电压。测量值与标称值之间的差值以百分比来表示就是输出电压精度。

设置输入电压为标称值，输出为额定负载，测得输出电压记为  $V_{out}$ ；输出标称值记为  $V_{nom}$ 。

$$\text{计算公式: } \frac{V_{OUT} - V_{NOM}}{V_{NOM}} \times 100\%$$

如：稳压产品 IB1212LS-1W 标称 12V 输出，额定负载为 144 Ohm。测得实际输出电压 12.039V。

$$\text{则有: } \frac{12.039V - 12V}{12V} \times 100\% = 0.325\%$$

## 2) 线性调节率

额定负载时，随着输入电压的变化，输出电压会出现一定的变化。输出电压随着输入电压变化的百分比就是电压调整率。

A、定电压输入隔离非稳压输出系列：

$$\text{线性调节率} = \left| \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \right|$$

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT + 10\%} - V_{OUT - 10\%}}{V_{OUTNOM}} \times 100\%$$

$$\Delta V_{IN} = \frac{V_{IN + 10\%} - V_{IN - 10\%}}{V_{INNOM}} \times 100\%$$

式中： $V_{IN + 10\%}$  输入电压上限值；

$V_{IN - 10\%}$  输入电压下限值；

$V_{INNOM}$  输入电压额定值；

$V_{OUT + 10\%}$  额定负载时所测得输入电压为输入电压上限值时的输出电压值；

$V_{OUT - 10\%}$  额定负载时所测得输入电压为输入电压下限值时的输出电压值；

$V_{OUTNOM}$  额定负载时所测得输入电压为输入标称电压值时的输出电压值；

如：以定压第列 B0505LS-1W 为例，输出接 25 欧姆恒阻性负载，输入范围：±10%（即 4.5V~5.5V）

$V_{OUT + 10\%}$  测得为：5.32V       $V_{OUT - 10\%}$  测得为：4.2V       $V_{OUTNOM}$  测得为：4.77V

$V_{IN + 10\%}$  测得为：5.5V       $V_{IN - 10\%}$  测得为：4.5V       $V_{INNOM}$  测得为：5V

$$\Delta V_{OUT} = \frac{5.32 - 4.2}{4.77} \times 100\% = 23.5\% \quad \Delta V_{IN} = \frac{5.5 - 4.5}{5} \times 100\% = 20\%$$

$$\text{故线性电压调节率} = \left| \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \right| = 1.175$$

B、定电压输入隔离稳压及宽电压输入稳压输出系列：

$$\text{线性电压调节率} = \frac{V_{OUTN} - V_{MDEV}}{V_{OUTN}} \times 100\%$$

在标称电压输入，额定负载下，测得输出记为  $V_{OUTN}$ ；

在输入电压上限，额定负载下，测得输出记为  $V_{OUTH}$ ；

在输入电压下限，额定负载下，测得输出记为  $V_{OUTL}$ ；

$V_{MDEV}$  取  $V_{OUTH}$ 、 $V_{OUTL}$  中偏离  $V_{OUTN}$  最大值。

## 3) 负载调节率

标称输入时，随着电源负载的变化，输出电压也会出现一定的变化。输出电压随着负载变化的百分比就是负载调整率。

计算公式：
$$\frac{V_{outl} - V_{outfl}}{V_{outnom}} \times 100\%$$

$V_{OUTNL}$  为 10% 负载时所测输出电压值；

$V_{OUTFL}$  为 100% 负载时所测输出电压值；

$V_{OUTNOM}$  为 50% 负载时所测输出电压值；

如：以定压产品 B0505XD-1W 为例，额定负载为：U/P=25 欧姆，负载范围为 10%~100%，测得：

$V_{OUTNL} = 5.29V$   $V_{OUTFL} = 4.77V$   $V_{OUTNOM} = 5.10V$

负载调节率：
$$\frac{5.29 - 4.77}{5.10} \times 100\% = 10.2\%$$

#### 4) 效率

标称输入和额定负载下输出功率与输入功率的比值。

计算公式：
$$\frac{I_{OUT} \times V_{OUT}}{I_{IN} \times V_{IN}} \times 100\%$$

如：稳压产品 IB1212LS-1W 额定 12V 输入，满负载下测得输出电压为 12.039V，电流为 83.3mA 时，输入电流为 115.0mA。

则有：
$$\frac{0.0833 \times 12.039}{0.1150 \times 12.000} \times 100\% = 73\%$$

#### 5) 纹波和噪声

纹波和噪声是又叠加在直流输出上的周期性和随机性交流成分，它也影响着输出精度，一般对纹波和噪声采用峰-峰值计量 (mV<sub>P-P</sub>)，采用最多的是探头直接测量法。

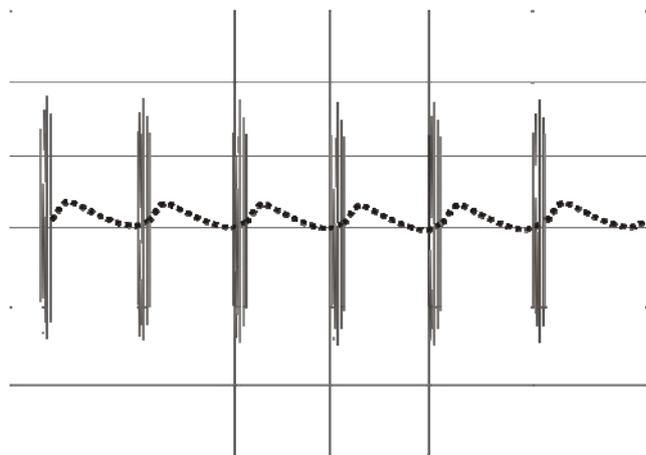
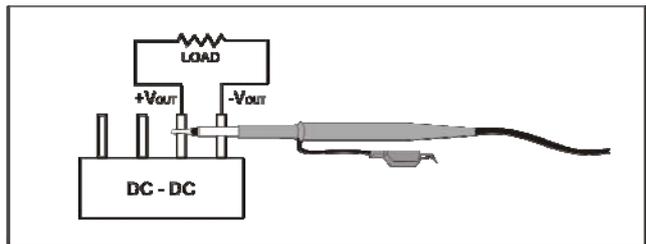
如右图所示：

由于电源输出端含有有大量高频谐波，为了测量准确，将示波器的地线夹去掉，因为它会像天线一样吸收各种高频噪声，干扰测量结果。

如图所示：波形中清晰明亮的部分为纹波，垂直而不太清晰的部分为噪声；实际上的噪声和纹波会因电路和外接的元件的不同而有所差异。由于噪声的频率极高，大部分输出电路都不会受到噪声的影响。

#### 6) 启动时间

由于一些特殊场合要求非常短的启动时间（例：配电控制系统），所以一般模块内部不放置电感。启动时间为输入开启后输出相对于输入达到目标电压值时响应延迟的时间。一般在额定满负载下测得，外接滤波器（包括输入输出电容）均会大大延长启动的时间，实际设计要与噪声要求权衡考虑。定压产品采用开环设计，启动建立很快，宽压产品采用闭环反馈电路，启动较为缓慢。具体的产品及应用疑问请申请技术支持服务。



### 7) 隔离及绝缘特性

隔离能力是 DC/DC 一个非常重要的特性，输入/出的隔离可以提供独立，不同极性的电源给负载，常常用于仪器仪表，数据处理和噪声敏感电路中负载与电源及系统的相互隔离，防止共模干扰，也用于工业、电力、医疗系统人身安全隔离和矿井中的防爆等。在不同的行业都提出了各自的隔离等级要求（例：医疗 4500VAC、电力：2500VAC）如图：

$C_{BARRIER}$ ：隔离电容，输入初级线圈同输出次级线圈的耦合电容；

$R_{BARRIER}$ ：隔离电阻，输入/出间的阻性，一般在加 500VDC 电压测试；

$I_{LEAKAGE}$ ：漏电流，由于隔离电容的存在，在输入/出间引起的电流；

$V_{BREAKDOWN}$ ：测试电压，这里为 240VAC/60HZ；也可以是其它值或噪声电压；

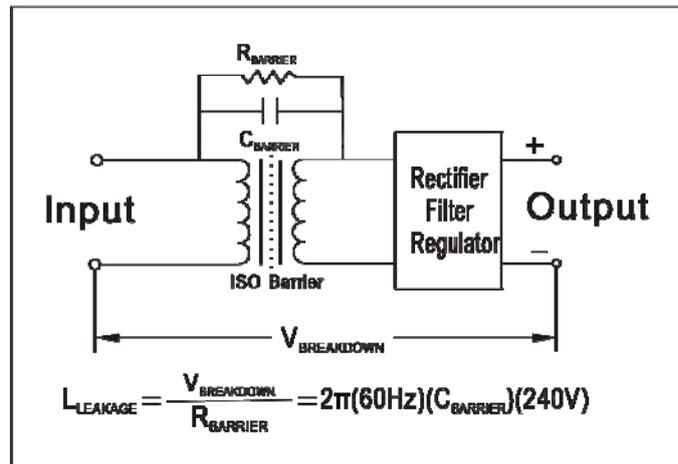
$$\text{当为其它值时: } Z_f = \frac{1}{j2\pi f C_{is}} \quad I_L = \frac{V_{TEST}}{Z_f}$$

$C_{is}$ ：隔离电容     $f$ ：给定值（测试信号）     $V_{TEST}$ ：测试信号电压

由上可见，一个低漏电，高噪声抗扰性，高隔离的 DC/DC 一定需要很低耦合电容的隔离材料；实际的绝缘测试需要按照相应规定和专门的仪器，相关的隔离测试参数有：

绝缘强度：在输入出间加隔离电压（直流或交流的峰值）测试 1 分钟；

绝缘电阻：在输入出间加 500VDC，测的输入出间绝缘电阻大于 1GOhm。



## 四、 电源的应用

### 隔离 (Isolation)

DC/DC模块电源的主要特征之一就是它们的超高电压绝缘性能。它允许用单个DC/DC模块为几个不同电路配置供电。

基本的输入和输出间的隔离能提供一个单一的隔离的输出电源，或产生不同的输出电压，或双极性电压（参考图 标准隔离配置）。这些配置经常用在仪表仪器、数据处理和其它对噪声敏感的电路中，在这里必须将整个系统中产生噪声的原边电源与负载隔离开来。通常从原边供应电源所产生的噪声以共模噪声的形式影响DC/DC变换器，并且没有影响主系统电源部分。

如果必要的话，被隔离的输出脚阳极可以接到输入脚的地，去产生负电源。由于输出脚与输入脚是隔离的，输出边可以相对随意选择极性。例如：一个附加的单输出电压可以在上述的主电源中产生，或者在其它直流电压上偏移（参考图 可选择供电配置）。

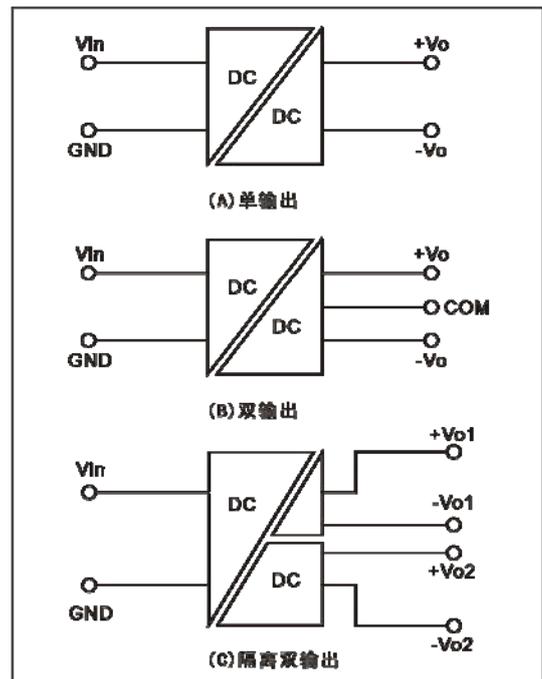
### 串联使用 (Connecting DC/DC Converters in Series)

直流输出的隔离模块允许多个串联使用。简单地将一个模块的阳极连接到另一个模块的阴极（参考图 DC/DC模块串联使用），用这个办法可以产生非标准电压输出。但是需要注意的是，负载的功耗不能超过额定电流最小的模块的标称值。由于串联的模块的开关电路不是同步开关的，所以建议采用压降小的肖特基二极管做反极性输出保护，不同步也可能造成纹波叠加变大，在输出端产生的冲击频率（噪声）也相应变大，应用中需外加更多的滤波器。

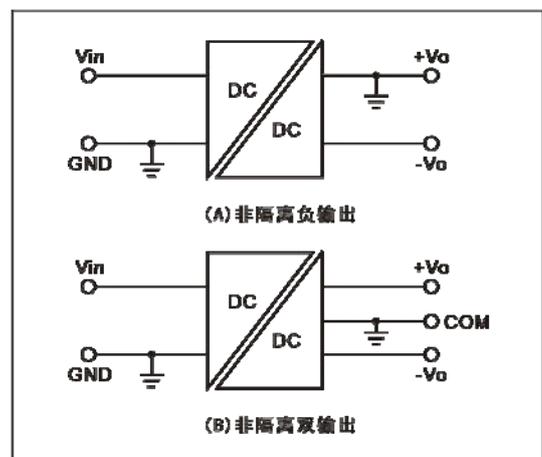
### 并联使用 (Connecting DC/DC Converters in Parallel)

如果单个模块的输出功率不能满足系统的需求，可以并联多个模块来提供更高的输出功率。值得注意的是最好采用同一型号的模块并联。即使用同类型的模块并联，负载也不是平均分配的，不过，在输出电压能很好地匹配的情况下，负载分配在不同的模块的输出端上会有大概10%的差异。

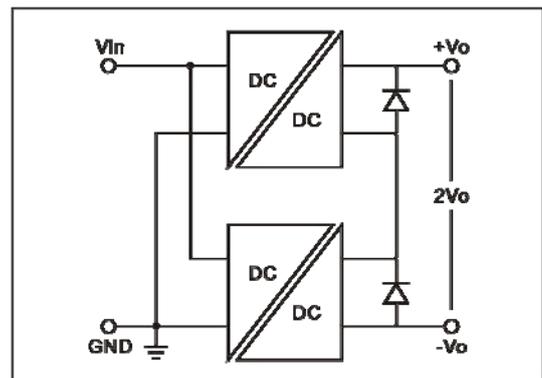
因为模块不是同步工作的，所以当并联模块输出端时，请务必注意使用一些偶合电路。一个可能的解决方案是用二极管（参考图 DC-DC模块的并联使用），这仅仅适用于匹配12V 到15V 输出电压的类型，这里的二极管正向压降（典型值是0.6V）并不严重影响电路的功能。在5V 到9V 的电路中，这个二极管的正向压降对于并联使用的模块而言太大了，并不适用。这个方法同样有一个差频叠加在两个模块的波纹上。可以用外接电容来减少纹波。



标准隔离配置



可选择供电配置



DC-DC转换器串联使用

并联使用模块的最好办法是在输出端上串联电感（参考图 DC/DC模块的并联使用）。这种配置不仅有比二极管方法更低的电压损耗，而且如果能选择匹配的电感和外加电容，每个模块的波纹以及差频能被大大地降低。

### 模块并联使用的推荐值

Cout 电容值可以近似表示为每一个通道并联 1uF（例如：两个单输出的模块并联，2uF 的电容连接在共同的 +Vo 和 -Vo 上）。同理，输入端也一样。

一般情况下，只有在必要的时候才用到模块的并联使用，更高功率的单一模块总是更合适的解决方案。总有一个最大额定功率的因素允许修正模块间的错配，而且最好选择在满负载测试，它能保证这个输出电压匹配在 1% 或 2% 之内。一般来说，应该用 0.9 来作为选用模块的功率的安全极限参数（举例来说：2 个 BLS-2W 模块并联仅能用在 3.6W 功率等级，而不是它的最大值 4W），在对它们的整体性能有很大信心时，最多可以同时并联三个 DC/DC 模块。

如果电路需要比三个模块并联更多的功率，最好选用更高功率等级的单一模块。

控压型 DC/DC 模块是不可以被并联使用的，因为它们的输出电压需要很精确地匹配，以确保负载的均匀分配（在内部线性调整器的公差内）。如果并联使用控压型 DC/DC 模块，其中之一的模块将可能超载。如果确实需要一个高功率控压型电源，较好的办法是并联不可调节的模块再外加线性稳压管。

### 滤波 (Filtering)

所有隔离型的 DC/DC 模块在运行时都有个固定的典型频率。固定频率比变频式（如 WA、WB 系列）的模块相对容易滤波。变频式的模块的工作频率范围很大，因为需要根据负载条件调节脉冲的间隔时间。

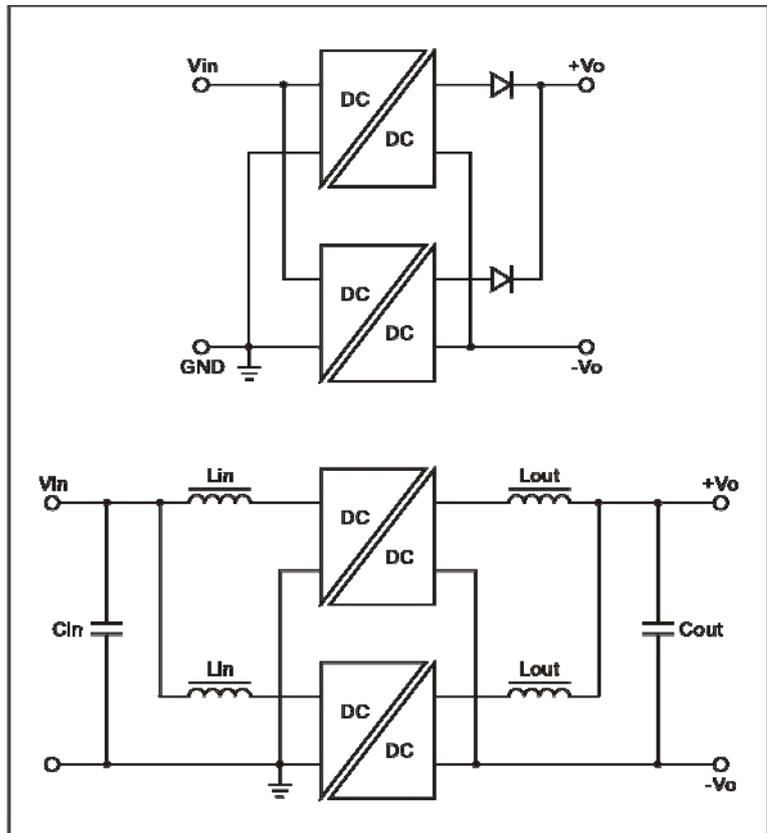
当需要减少模块的波纹时，不管在输入端还是输出端，有几个方面需要考虑。推荐在输入端和输出端上用简单的被动 LC 电路滤波（参考图 输入和输出滤波）。虽然被动的 RC 电路也可以用，但是电阻上消耗的功率太大了。需要注意，电感的自谐频率必须远高于 DC/DC 的典型工作频率（DELUS 的 DC/DC 模块典型工作频率的代表数值是 100KHz）。同时，我们需要考虑电感的 DC 电流的额定值，最好大约两倍于 DC/DC 模块的额定输出电流值。这个电感的直流阻抗是决定性的考虑因素，它意味着在电感有一个直流功耗。

### 输出滤波计算

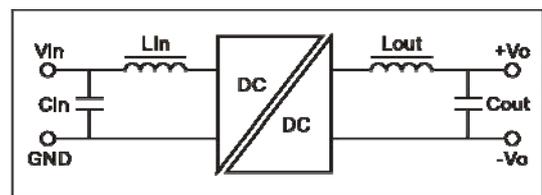
可以用下列公式计算滤波部分的元器件：

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \times (L_{out} C_{out})^{-2}$$

这个频率比模块的开关频率低很多。



DC-DC转换器的并联使用



输入和输出滤波

例如WA系列：运行频率最大85KHz， $f_c$ 取10%，则

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \times (L_{OUT} C_{OUT})^{-0.5} = 85\text{KHz} \times 10\% = 8.5\text{KHz}$$

已知： $L_{OUT} = 470\text{nH}$ ，则

$$C_{OUT} = \frac{1}{(2\pi f_c)^2 \times L_{OUT}} = \frac{1}{(2 \times \pi \times 8.5\text{KHz})^2 \times 470\text{nH}} \approx 747\text{nF}$$

当然，计算出来的滤波器会受到你的应用设计和负载情况干扰，所以，最终应用的测试和元件的再调整是必要的。

当选择滤波电容的数值时，请注意模块技术手册说明中的容性负载的最大值。

### 限制涌浪电流 (Limiting Inrush Current)

在输入端串联电感来限制开关接通时浪涌电流（参考图接通瞬间的输入电流和电压）。如果我们没有考虑在电路中串联电感，那么输入电流可以用下列式子计算：

$$I = \left( \frac{V_{EXP}}{R} \right)^{(-1/RC)}$$

当元件在最初通电时，这个式子简化为

$$I = \frac{V}{R}$$

这意味着在5V输入时，假定50mΩ线路阻抗，浪涌电流高达100A。这可能会导致DC/DC模块损坏。因此输入端串联电感不仅用来过滤内部转换电路的噪声，也能限制开关时的浪涌电流。

### 容性负载

对于一般DC/DC电源模块都有一个最大容性负载的要求。

模块在有一个很大的输出电容的情况下接通电源时，由于输出端电容没有电荷，DC/DC模块立即遭遇巨大的瞬间输出电流。这个浪涌电流可能远远超出DC/DC模块的承受能力，模块可能进入非稳态工作模式。在最坏的情况下，DC/DC模块可能只提供低于额定输出值而且带有很高波纹的电流。在这种情况下，DC/DC模块也许能幸存下来，但无法可靠地工作运行。

各个型号模块最大容性负载都不一样，具体请查看相应技术手册。推荐值每个输出通道的最大电容值是10uF。当和串联电感一起应用时，这个数值可以提高到47uF，但必须保持非常低的波纹。

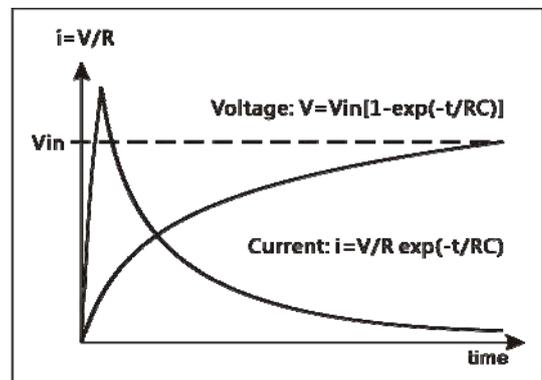
### 隔离电容和漏电流

DC/DC模块的隔离栅栏有一个电容，它是输入和输出电路之间的耦合值。我们可以根据这个值估算输入和输出之间的漏电流。

假设我们知道DC/DC模块的隔离电容和噪声或测试信号的频率，那么输入和输出电路之间的漏电流( $I_L$ )能用阻抗来计算得出。

$$\text{通用的定频的隔离阻抗方程式为： } Z_f = \frac{1}{j2\pi C_{IS}}$$

对于B0505LS-1W，隔离电容是18pF，因此50Hz测试信号下的隔离阻抗是：



接通瞬间的输入电流和电压

$$Z_{50} = \frac{1}{j2\pi \times 50pF} = 177M\Omega$$

如果用1KVrms测试电压，漏电流是： $i_L = \frac{V_{EST}}{Z_f} = \frac{1000V}{177M\Omega} = 5.65\mu A$

从这些简单的方程式中，我们可以轻易地观测到测试电压或噪声电压越高，漏电流越大；同样隔离电容越低，漏电流也越低。为了产品设计符合低漏电流、抗噪声能力强，最好选择高隔离耐压、适当低隔离电容的DC/DC模块。

### 过载保护

尽管用滤波器可以预防在正常工作条件下上电时的过电流，但并没有对输出电路承担过载甚至短路电流提供保护。在这种情况下，DC/DC模块将有很大输入电流去供给输出电路，最后，如果这个条件没有缓解，DC/DC模块将过热和毁坏（非稳压型DC/DC模块在过载短路情况下仅能承受1S的时间）。

有几个方法可以为此种情况提供保护。最简单的是加保险丝，但要确保保险丝在上电时能承受浪涌电流的冲击（参考图 简单过载保护）。另一个简单的装置是电路断路器。

同样也可以安装一些智能侦测输入电流或输出电流的过流保护电路（参考图 输入监测过载保护）。在输入端的最简单的过载保护的办法是加一个有内部热保护关断的线性稳压管。但是这样做会大大降低效率。

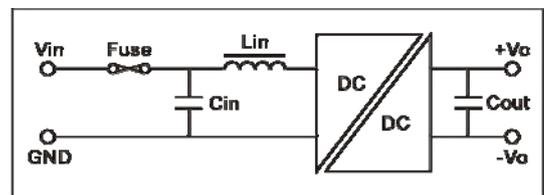
如果在输入端有一个智能电源管理系统，用一个串联电阻（在串联电感的位置）并检测电阻两端的电压降，再转换成信号传输到管理系统来进行控制。类似的装置也可以用在输出端，去测定电压降，如果管理系统在输入侧，那么控制信号需要进行隔离以保护系统的隔离层（参考图 输入监测过载保护）。

输出端的串联电阻的热耗能用来测定过载和保护隔离层。如果在电阻附近安装一个热敏电阻或热传感装置，它用来显示过载。我们需要知道系统的温度，以便提供不同工作环境下的适当偏移量。

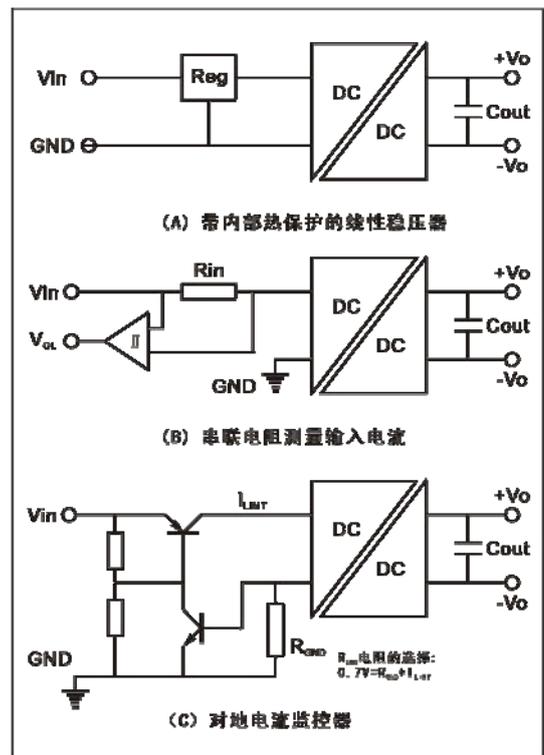
有几种其它的过流保护技术可以用来检测过载状况，由设计者决定是否适用。最重要的是如何应用这些资料。如果系统需要确认过载模块所在位置或发信号到控制器，最好使用一些智能类型的控制器。如果装置仅仅需要关断，装置一个简单保险丝就足够了。

Delus非稳压型DC/DC模块通常只有很短时间的短路保护功能，通常是1秒。当然，可以特别选择具有连续短路保护功能的DC/DC模块（选择WR系列），它们的设计能在无需外接保护电路的情况下承受过载的高输出电流。

宽输入稳压型的DC/DC模块具有内部保护电路，可以承受过载或短路，并可以在过载或短路条件解除后，恢复正常操作。



简单过载保护



输入监测过载保护

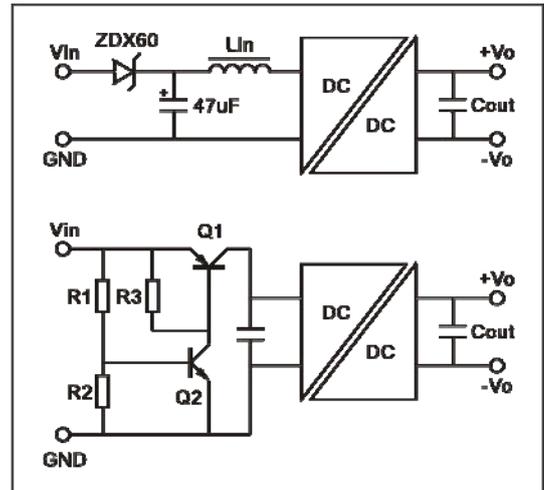
### 输入欠压保护

当输入电压下降或即刻消除，输出电路也将遭受到类似的电压下降。对于短时间输入电压下降，例如当其它电路连接时或其他装置在线插入或拔出状态下有一个瞬间电流需求，可以用一个简单的二极管-电容电路来防止输出电路受到影响。

这个电路用二极管供应给一个巨大的存储电容（通常是47uF的电解电容），它可以为模块提供一个短期的反向电流来源，这个二极管可以阻碍其它电路耗尽电容的储能。当联合一个串联电感，也可以用做一个不错的滤波器。（参考图 输入欠压保护）。

另一个方案是在输入端设置一个关断电路，如右图，R1、R2设置为低电压关断门限。PNP管可采用P沟道MOS。

注意对于低电压输入的产品，以上电路会形成约0.7V的压降。



输入欠压保护

### 无负载过压上锁

非稳压型DC/DC模块正常工作的最小负载为10%，因此低于这个负载时，输出电压是不确定的。在某些电路中，它会引起一个潜在的问题。

确保输出电压保持在指定范围内的最容易的办法是外加电阻，这样一来，总有一个10%的负载在装置上（参考图 无负载过压上锁）。因为10%的功率总是被消耗在这负载上，所以只有90%的功率能被用在其它的电路上。稳压二极管接在输出端是另一个简单的方法。最好同时使用串联电阻或电感以防止稳压二极管工作时巨大的浪涌电流可能引起的信号噪声耦合到系统里。

### 输入短路保护

大部分体积较小开环式电路的模块均无短路保护功能，对于部分电力、医疗、铁路通讯等安全性能要求较高的场合我们提供以下电路做为参考，提供短路时的安全保护（参考图 输入短路保护）。其中：

方案1： $L_{IN} = 1.4 \times I$ （额定输入  $I$ ）

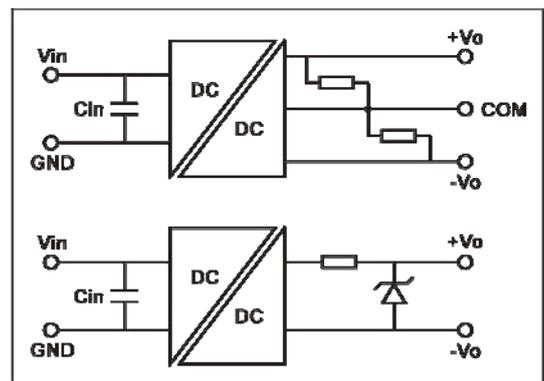
$$R1 = \frac{200}{I_{IN}} \quad (\text{精度}1\%)$$

$$R2 = R1 \times \beta \quad (\text{精度}1\%)$$

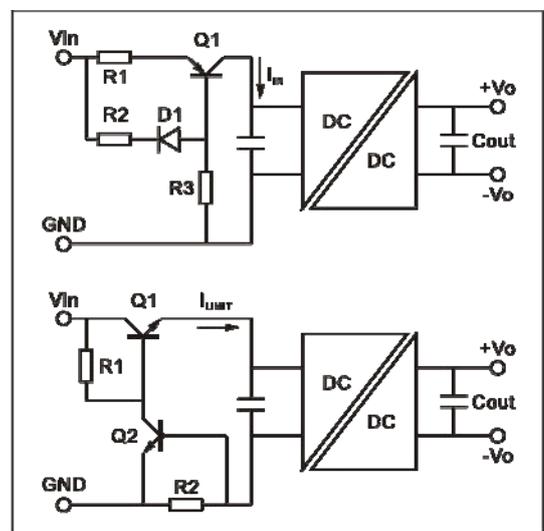
$$Vb = 0.7 + \frac{I_{IN} \times R1 \times (\beta + 1)}{\beta \times 1000}$$

$$R3 = \frac{(V_{IN} - Vb) \times R1 \times R2 \times (\beta + 1)}{(Vb - 0.7) \times [R2 + (\beta + 1)]}$$

方案2： $R1 = R2 = \frac{0.7}{I_{LIMIT}}$  Q1、Q2采用一般开关管即可。



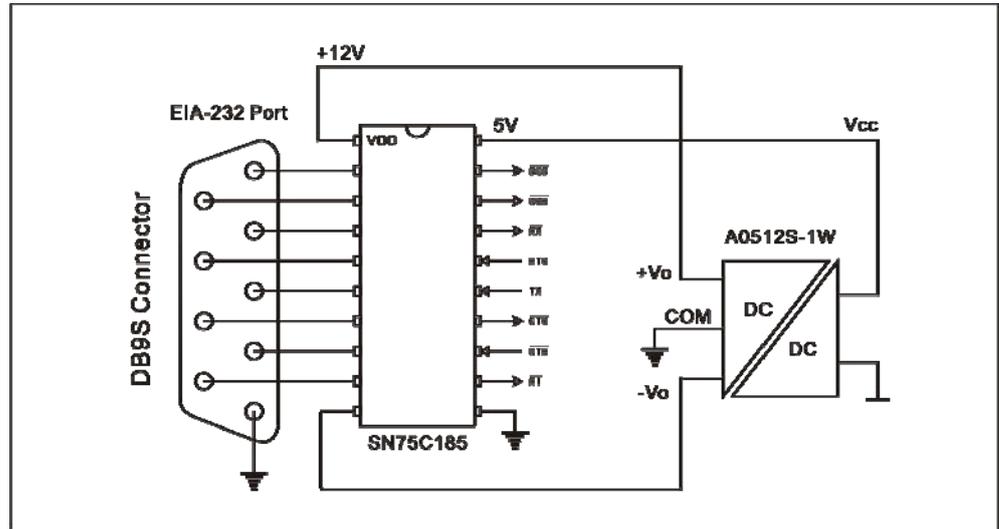
无负载过压上锁



输入短路保护

### EIA-232 接口

交流电供电的PC通常提供几种电压供应来驱动RS232接口。但是，电池驱动的PC或遥控设备后来才添加RS232接口，或作为选择项目，可能不提供电源接口来驱动RS232接口。使用一个A0512S-1W是简单的单芯片解决方案，从一个单一5V电源接口和两个附加元器件就可以支持与EIA232完全兼容的接口（参考图最佳化的RS232接口）。



最佳化的RS232接口

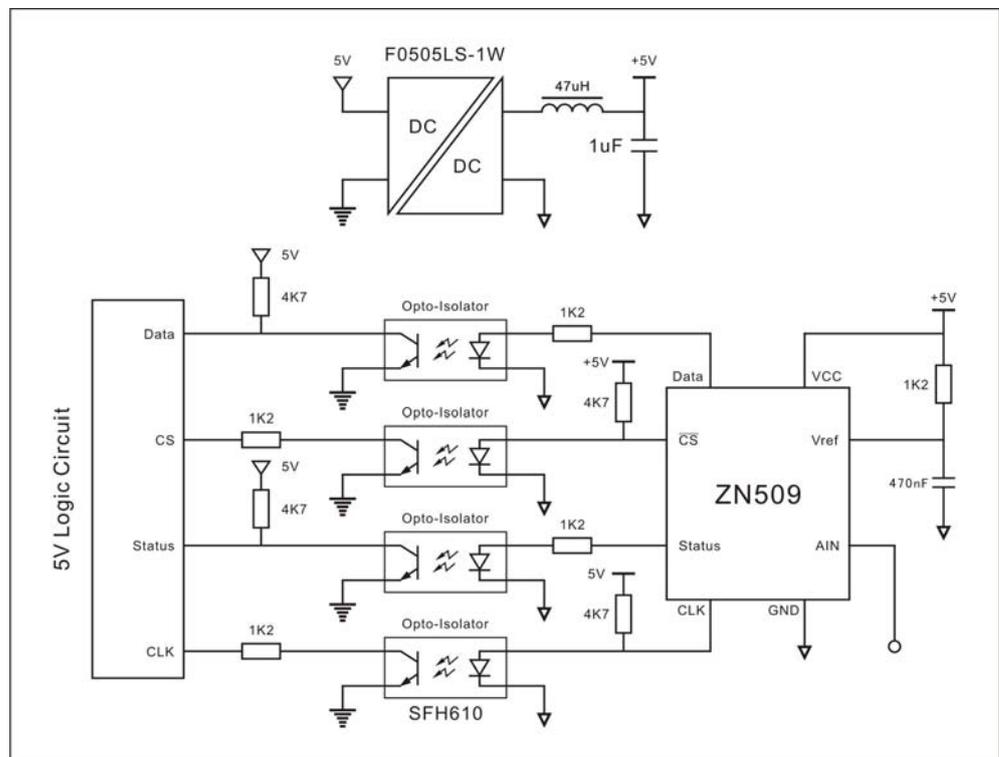
### 隔离数据采集系统

任何必须隔离主系统的电路都需要一个DC/DC模块对隔离电路提供功率。在一个数据采集电路中，同样需要DC/DC模块以提供低噪声的供电线路，良好的滤波也是必需的。

这个电路显示（参考图隔离系列ADC系统）用F系列模块提供一个非常高的隔离屏障，提供功率隔离和用于数据隔离的SFH610光电隔离器。可以达到一个3KV的全面的系统隔离。

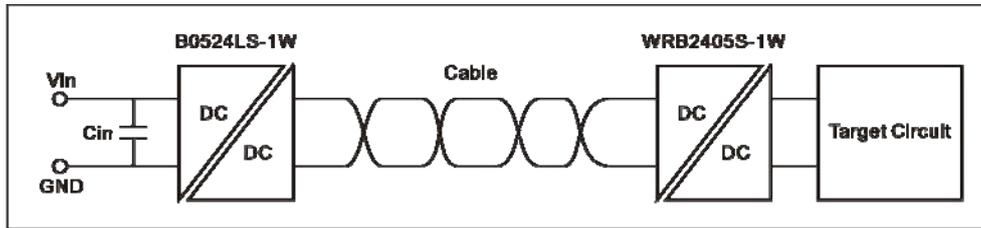
### 远距离传输

当电源要通过电缆进行远距离传输时，电缆比PCB线路更加容易串入噪声和电磁干扰，而在电缆传输两端采用隔离的模块可以将多数干扰以共模信号的形式相互抵消。远距离传输设计应尽量采用高电压、小电流的



隔离系列ADC系统

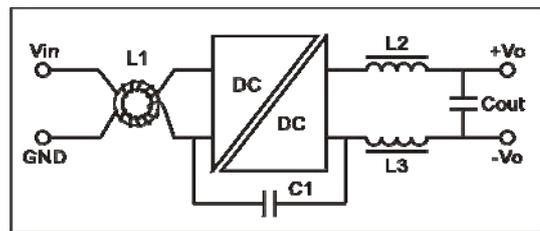
模块，以减小传输电缆上的损耗，同时由于电流小，也降低了干扰强度；在接收终端，由于损耗和干扰，电压变低或不稳定，最好采用宽输入的产品，同时保证经传输损耗后供给模块的输入功率足够大，以免引起启动不良（参考图远距离电源传输）。另外，在户外（高山或水库）环境，要考虑不同程度的防雷措施，雷击产生的过电压会烧毁模块甚至引起终端设备爆裂，至少需用两级以上防雷保护。



远距离电源传输

### 减小噪声

模块在开关频率工作下产生共模、差模噪声。可以在输入输出采用无源LC网络或RC（损耗较大）减小其纹波和噪声，L的自身谐振频率要远高于模块的开关频率，允许通过的电流值也最好在模块输入电流的两倍以上，内阻要较小以降低直流损耗。对于固定频率的模块，可以来计算其滤波网络，对于PFM式模块，频率随负载和电压不断变化，L、C则要根据应用而设。一般的差模噪声很小，只需在输入外接L1（共模扼流圈），即可满足要求。



减少噪声

### 电磁兼容

由于DC/DC模块属二次电源，一般无电磁兼容指标。为使整套设备通过EMI测试，可在DC/DC模块的输入端串接TVS管及共模扼流圈，将DC/DC模块用金属外壳屏蔽起来。

## 说 明

本手册版权归广州德励电子科技有限公司所有，您可以免费使用及传播，但请保持文档的完整性。

在阅读本手册时如遇到任何疑问和问题可以直接致电我们公司 020 3220 6616，我们的工程师将热诚免费为您解答。

本手册中所举范例及相关产品和参数，可能会随时更新及改进，如果想得到最新的消息请联系我们。

其他情况请上 [www.delus.cn](http://www.delus.cn) 查询

广州德励电子科技有限公司