

## 微型模块系列隔离式遥感

### 引言

Vicor 的微型 DC-DC 转换器没有遥感引脚，然而可以使用外围线路来实现遥感功能。本文建议一个电路，该电路感应负载端电压从而调节转换器的输出电压以补偿导线/导铜的压降。这电路也对遥感导线/导铜隔离，有利在高噪声情况下的应用。

### 设计考虑

#### DC 考虑:

Vicor 微型模块输出可被调高，上调极限是常态电压的 10%，这限制了该隔离式遥感电路所能校正导线/导铜的电阻量。在满载时，导线往返全程最高电阻由以下方程限定：

$$R_{\text{lead(max)}} = \frac{1.1 V_{\text{nom}} - V_{\text{POL}}}{0.9 I_{\text{max}}}$$

V<sub>ncm</sub>: 转换器常态输出电压

V<sub>POL</sub>: 负载点电压

I<sub>max</sub>: 转换器额定功率

#### 注意:

上调输出电压同时必须以比例地下降要求的输出电流，故当模块上调 10% 时，I<sub>max</sub> 是需乘以 90%。

该建议的电路或会在大输出电容而轻载时发生振荡，建议负载最小有额定值的 10%。

### AC 考虑:

负载移离转换器的输出更远时，导线/导铜阻抗会增加。由于微型模块的输出端口存在本地感应，该阻抗使转换器要稳压的电压有别于负载端所见的电压；这个遥感电路把导线/导铜阻抗拉进转换器的控制回路，而解决该问题。图 1 显示转换器与负载点间的一个非常高损耗的分布网络。

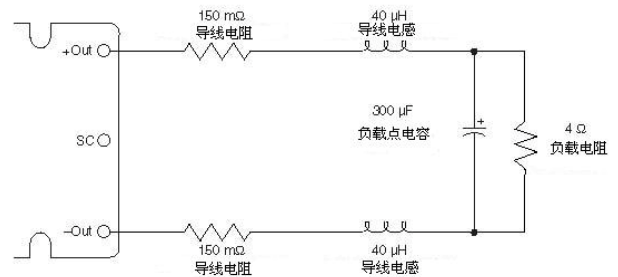


图 1：转换器与负载之间的长导线例子（一阶次模型）

图 2 显示寄生网络时域上的效应，该步跳响应显示负载点电压对转换器输出有所延迟，这限定转换器能多快校正负载的电压改变。

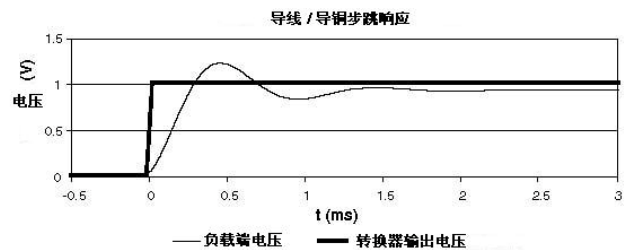


图 2：导线 / 导铜步跳响应

在频域上，该延迟结果是相移且对频率增加而增加。这显示在图 3 对网络的伯德(Bode)图绘。

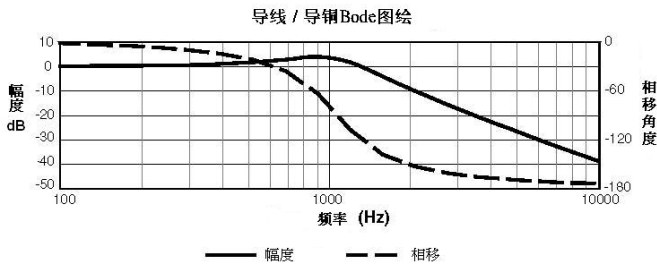


图 3 : 导线/导铜模块的伯德图绘

每当相移引进一个控制环路，该环路的稳定性就会降级。这是因为控制环路正尝试校正一项已经发生的条件。相移迫近 $-180^\circ$ ，控制回路如此滞后，则系统会开始振荡。这考虑永远是使用遥感的议题，不论是由内部原有感应实行的或是由外部电路来实行的。

要避免不稳定情形，设计员必须在相移变得明显之前把环路增益下降到低于单位值，这就导致控制系统设计的一项基本折衷，因为降低系统的频宽就会劣化它的瞬态响应。

## 遥感电路功能描述

如图 5 所示，一个备内置精准参考的运放(U3)在负载点维持稳压，该参考电压由外围 R7, R8 形成的电阻网络从 200mv 倍大到 1.245V, 该参考有一补偿电容(C2)用以减慢斜升时间来控制激活的过冲。

该运放比较参考电压与由 R9, R10 分压的负载点电压，运放输出驱动一个光耦(U1)的阴极。该光耦隔离存在在负输出引线的噪声电压，防止它们在 SC 引脚出现。

这个外部环路对负载瞬态的响应速度是由补偿电容(C3)及并联组合的电压取样电阻(R9 及 R10)决定。R11 容许 C3 在关掉这个电路后完全放电。

该光耦通过 R1 及 R2 接到 SC 引脚，这些电阻设定转换器端口的最高电压(R1)及最低电压(R2)。图 4 显示 SC 引脚的内部怎样联接形成的 RC 滤波器而限制整体系统的频宽。

运放及光耦都是经一并联稳压器(U2)由转换器输出取电，该稳压器设定在 2V 电平轨。

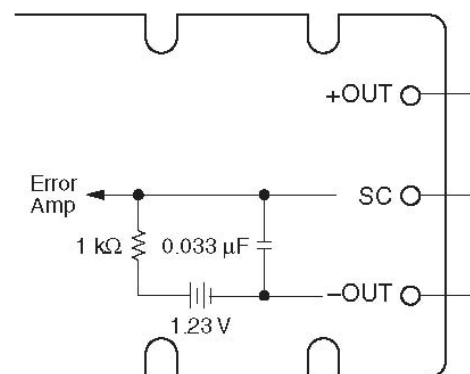


图 4 : SC 引脚模型

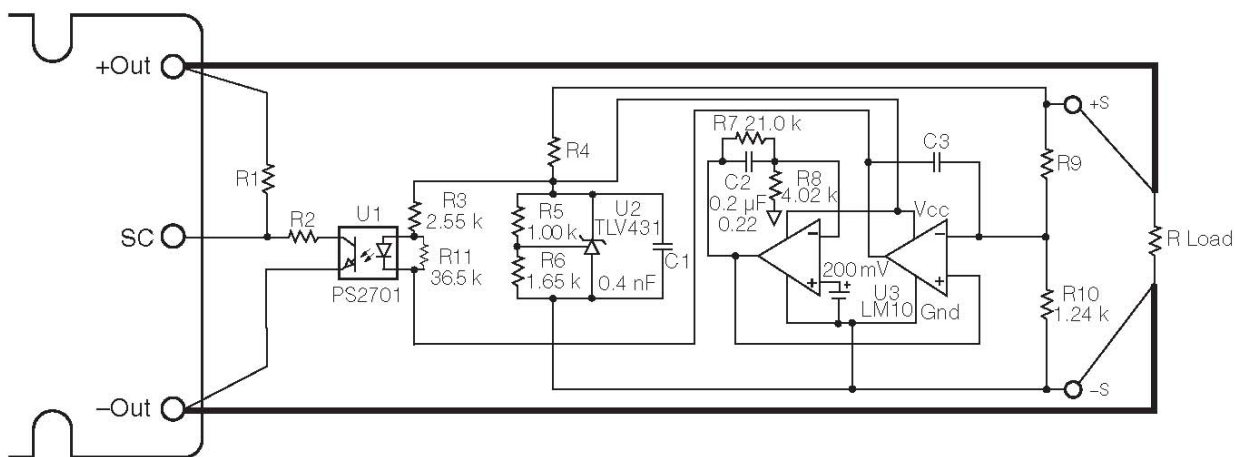


图 5：电路图

### 组件选择

表 1 给出一些通用输出电压要有的电阻值。对未有列在表内的应用，也有数式来计算电阻值。

V <sub>nom</sub> (V)	V <sub>out(max)</sub> (V)	V <sub>out(min)</sub> (V)	R <sub>4</sub> (kΩ)	R <sub>1</sub> (kΩ)	R <sub>2</sub> (kΩ)	R <sub>9</sub> (kΩ)
3.3	3.63	2.97	0.091	18.7	3.57	2.05
5	5.5	4.5	0.2	34	3.57	3.74
8	8.8	7.2	0.39	60.4	3.57	6.65
12	13.2	10.8	0.68, 0.5W	95.3	3.57	10.7
15	16.5	13.5	0.82, 0.5W	124	3.57	13.7
24	26.4	21.6	1.5, 0.5W	205	3.57	22.6
28	30.8	25.2	1.8, 1.0W	237	3.57	26.7
36	39.6	32.4	2.2, 1.0W	309	3.57	34.8
48	52.8	43.2	3, 1.0W	422	3.57	46.4

表 1：电阻值

除非另有说明，所有电阻都是 1/4W

V<sub>nom</sub>: 转换器在负载点的标称电压

V<sub>out(max)</sub>: 转换器供电给负载及导线/导铜损耗的最高输出电压

V<sub>out(min)</sub>: 转换器的最低输出电压，通常设计在 V<sub>nom</sub> 的 90%

### 解 R1

R1 值是由下列方程决定：

$$R1 = 1 \text{ k}\Omega \frac{(V_{out(max)} - 1.23 \text{ V})V_{nom}}{1.23 \text{ V}(V_{out(max)} - V_{nom})} - 1 \text{ k}\Omega$$

### 解 R2

R2 可由以下算出，V<sub>CEsat</sub> 是生产商给出的光耦饱和电压 (对 NEC PS2701 来说是 0.3V)：

$$R2 = \frac{\frac{V_{out(min)} 1.23 \text{ V}}{V_{nom}} - V_{CEsat}}{\frac{V_{out(min)}}{R1} \left(1 - \frac{1.23 \text{ V}}{V_{nom}}\right) + \frac{1.23 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} \left(1 - \frac{V_{out(min)}}{V_{nom}}\right)}$$

### 解 R4

因应不同模块输出电压，R4 需要改变使电流注入 TLV431 稳压器约为 15 mA。以下方程可用来找出 R4 的约值及其功耗 P<sub>R4</sub>：

$$R4 = \frac{V_{nom} - 2 \text{ V}}{15 \text{ mA}}$$

$$P_{R4} = (V_{nom} - 2 \text{ V})15 \text{ mA}$$

## 解 R9 及 R10

R10 的值应要 1.24K 以得到 R10 与 R9 并联的合理值。R9 可由以下计算出：

$$R9 = R10 \left( \frac{V_{nom}}{1.245 V} - 1 \right)$$

## 解 C3

要有良好的稳定性，遥感电路的频宽必须低出导线/导铜引致的相移变为明显前的频率。积分器的交分频率的约值可从导线/导铜的一阶模型评估出来。对很多应用来说，200Hz 是很好的开始值(C3=0.68uF)。它的最佳值会依从设计的要求。当所需的交分频率已知，图 6 可用来找出 C3。

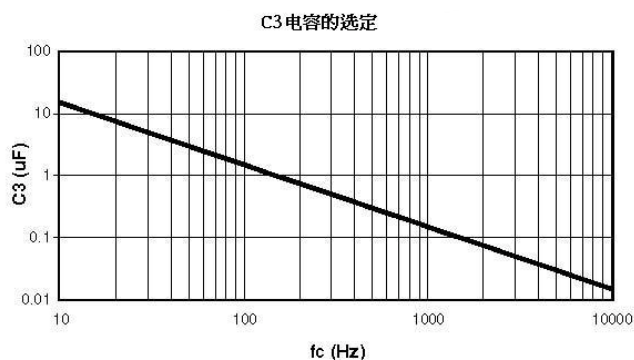


图 6: 交分频率对比电容

## 解 C2

C2 编定该遥感电路参考电平的斜升时间，要最小的过冲，该时间要长过转换器原身的 4ms 斜升时间(C2=0.22uF)。波型环节里显示改变 C2 的效应。

下表给出一个负载点设定为 3.3V 的电路组件值。

参考标示	组件描述	额定
R1	18.7 kΩ	1/4 W
R2	3.57 kΩ	1/4 W
R3	2.55 kΩ	1/4 W
R4	91 Ω	1/4 W
R5	1 kΩ	1/4 W
R6	1.65 kΩ	1/4 W
R7	21 kΩ	1/4 W
R8	4.02 kΩ	1/4 W
R9	2.05 kΩ	1/4 W
R10	1.24 kΩ	1/4 W
R11	36.5 kΩ	1/4 W
C1	470 pF	100 V
C2	0.22 μF	16 V
C3	0.68 μF	16 V
U1	NEC PS2701 (Digi-Key #PS2701-1-ND)	不适用
U2	TI TLV431 (Digi-Key #296-10727-5-ND)	不适用
U3	National LM10 (Digi-Key #LM10CWM-ND)	不适用

表 2: 3.3V 模块所要的组件值

## 电路波型

### 瞬态响应

图 7, 8 及 9 显示负载步跳的响应，C3 的大小是针对 200Hz 交分频率，给出稳洁的瞬态响应而没有振荡。

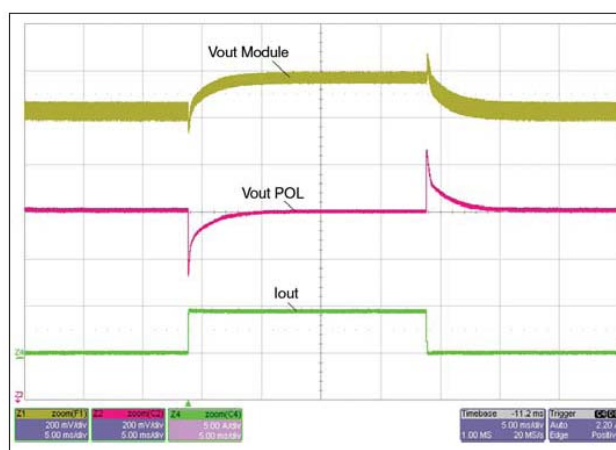


图 7: 负载步跳 0.5A 至 5A 至 0.5A, C3=0.64uF, 负载点有 300 uF 电容 (V48C 3V3 E75B)

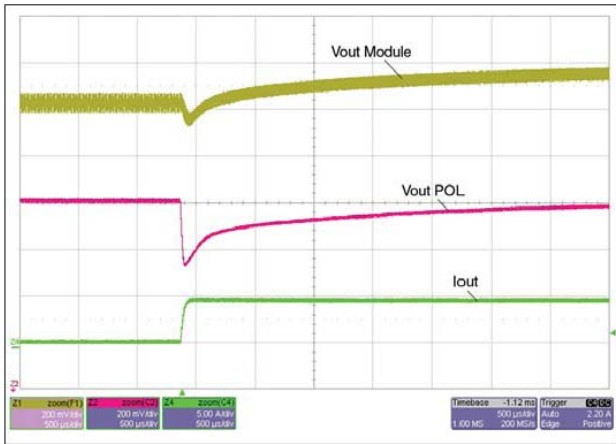


图 8: 负载步跳 0.5A 至 5A,  $C_3=0.64\mu\text{F}$ , 负载点有 300  $\mu\text{F}$  电容 (V48C3V3E75B)

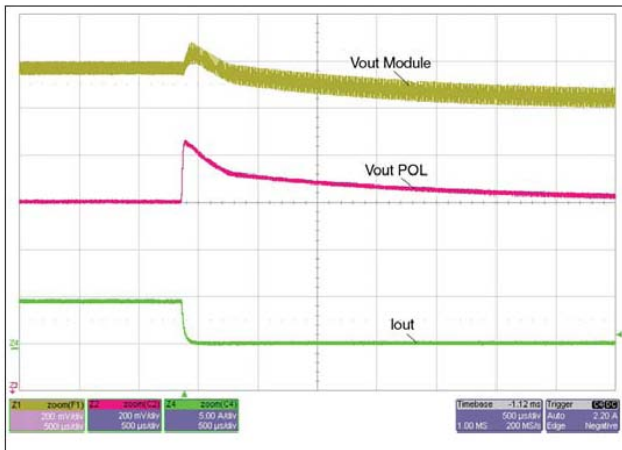


图 9: 负载步跳 5A 至 0.5A,  $C_3=0.64\mu\text{F}$ , 负载点有 300  $\mu\text{F}$  电容 (V48C3V3E75B)

### C3 不适当设定的瞬态响应

图 10 及 11 显示 C3 过小下的负载步跳响应。它们表示出 C3 及负载点电容怎样改变电路的闭环响应。

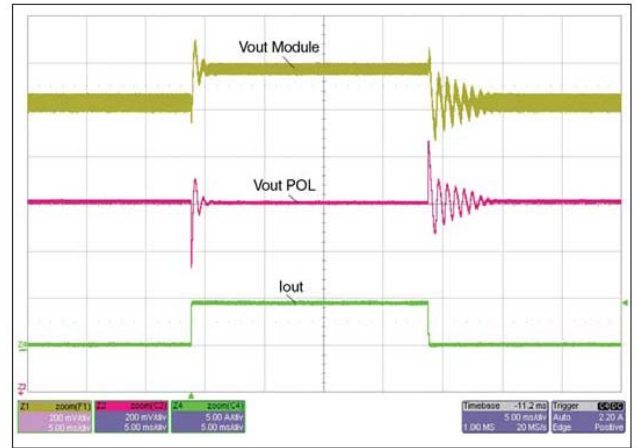


图 10: 负载步跳 0.5A 至 5A 至 0.5A,  $C_3=0.033\mu\text{F}$ , 负载点有 300  $\mu\text{F}$  电容 (V48C3V3 E75B)

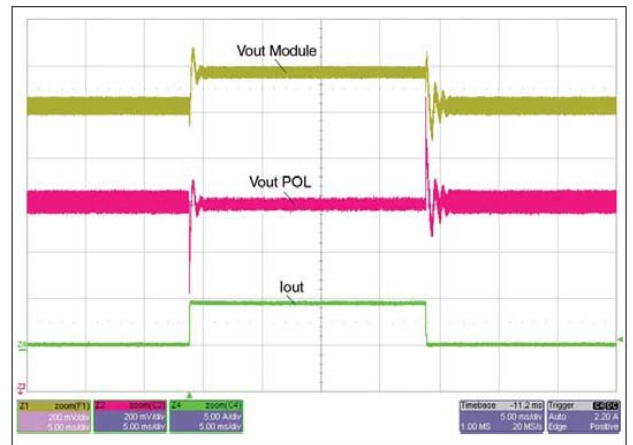


图 11: 负载步跳 0.5A 至 5A 至 0.5A,  $C_3=0.033\mu\text{F}$ , 负载点有 300  $\mu\text{F}$  电容 (V48C3V3E75B)

## C2 在起动的效应

图 12 显示一个良好的 C2 中间值，结果是合理的起动时间及消除了过冲。依据不同应用要求，C2 或需再改动一下。在图 13 上，C2 是特意过小地设定，造成参考电位来得太快及负载点电压出现过冲。图 14 显示的起动是应用 C2 过大地设定，结果是一个很长的延迟才达至正常电压。

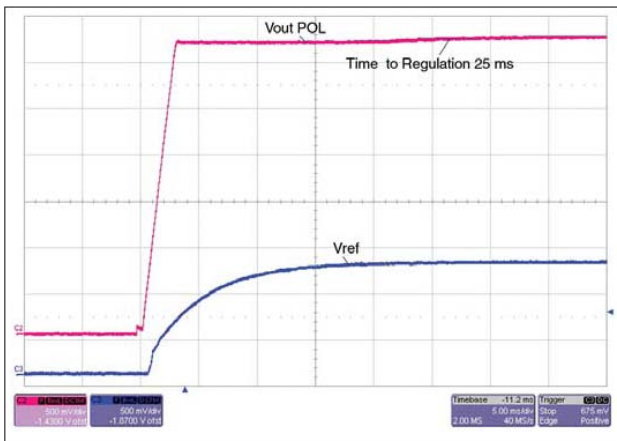


图 12: 因应  $C2=0.21\mu\text{F}$  的起动  
(V48C3V3E75B)

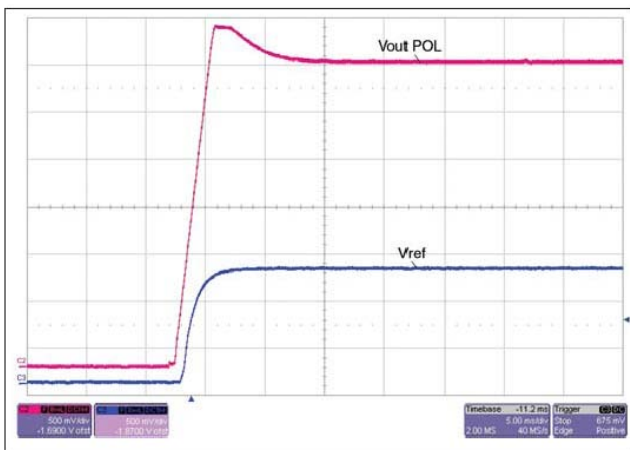


图 13: 因应  $C2=0.047\mu\text{F}$  的起动  
(V48C3V3E75B)

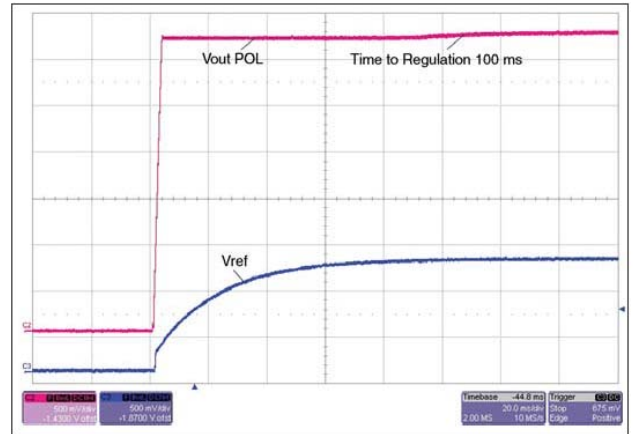


图 14: 因应  $C2=1.0\mu\text{F}$  的起动  
(V48C3V3E75B)

如对遥感能力需更详尽的资料，请联络 Vicor 应用工程师 (852 - 2956 1782) 或登入 [vicor-china.com/support](http://vicor-china.com/support) 寻找支援。