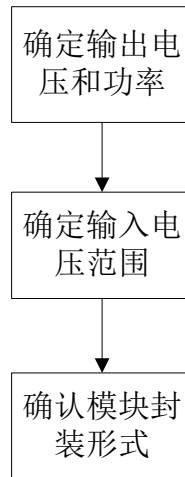


非隔离模块电源应用指南--2016 年版

1 非隔离电源选型指导	2
2 电源模块的测试	3
2.1 电源模块的测试电路与方法	3
2.2 电源模块的基本性能测试	3
3 电源模块的应用	8
3.1 典型应用	8
3.2 负输出应用	8
3.3 正负输出应用	8
3.4 输入反接保护	9
3.5 输入输出滤波电路	9
3.6 电磁干扰和电磁兼容	9
3.6.1 电磁干扰 (EMI)	9
3.6.2 电磁兼容 (EMC)	10
3.6.3 EMC 推荐电路	10
3.7 容性负载	10
3.8 功能引脚的使用	11
4 常见疑问	12
4.1 模块能否支持热插拨	12
4.2 模块能否空载、轻负载应用	12
4.3 模块的启动不良可能的原因	12
4.4 模块损坏的原因	12

1 非隔离电源选型指导

非隔离电源的选型主要根据以下的流程进行选型：



第一步，确定输出电压和功率

首先选择一个模块，当然是需要考虑输出的电压与输出功率；针对非隔离电源来说，输出的电压种类较齐全，主要分为：1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V、5V、6.5V、9V、12V、15V 和 24V 等；

对于输出功率来说，该系列产品是以输出电流的大小为后缀，例如：500、1000 等，表示输出的电流大小，目前拥有的输出电流大小为：500mA、1000mA、1500mA、2000mA 等；

负载选定后，输出电流就基本已经确定，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可靠性和价格。电源模块最好应用在 30%-80% 的功率条件下，选择合适的输出电流是设计成功的关键因素之一，过大或过小的电流均会导致较低的可靠性和过高的成本。

对于长期工作在 70℃ 以上的场合，请向我司技术服务人员咨询以选取适合高温环境工作的电源模块。

第二步，确定输入电压范围

非隔离电源采用降压型电路结构设计，因此需要输入电压至少大于输出电压 3V 左右，常见的输入范围有 4.75~28V、6.5~32V、4.75~18V、9~72V 等；

第三步，输出电压的确定

负载不一样，需要的输出电压也会有相应的差别，常见的输出电压有：1.2V、1.5V、1.8V、3.3V、5V、9V、12V、15V、24V 等。

第四步，确定模块封装形式

模块主要以插件式封装和贴片式封装为主，而插件式封装又扩展一个弯脚的形式，插件式封装引脚与 LM78xx 系列兼容。

2 电源模块的测试

合适的电源选定后，仍然非常重要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，下面简单介绍模块电源的一般测试方法。

2.1 电源模块的测试电路与方法

电源模块采用标准的开尔文测试法，如图 1 所示，测试条件：室温 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 湿度 $< 75\%$ 。

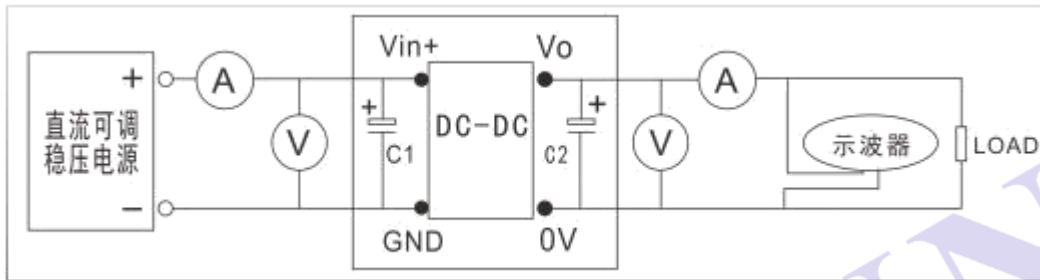


图 1 开尔文测试法

测试仪器：输入电压范围足够大的直流可调稳压电源，电流表 A（精度在 0.001A ），电压表 V（精度在 0.001V ），电子负载，示波器。

注意：

- 1) 连线：线损越小越好，以直径为 1mm 多股铜线最佳，以免造成过大压降。当负载电流较大时，应缩短输出引脚与各负载间的距离，增加连接导线截面积来减小过大的压降。
- 2) 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。（具体参见“纹波和噪声”）
- 3) 测试时确保前级的供电电源限流点设置合理，在负载 $10\% - 100\%$ 之间，为保证有准确的电压和纹波，输出容性负载不能大于技术手册规定值。
- 4) 具体技术参数请参考产品对应的技术手册。

2.2 电源模块的基本性能测试

连接好电源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。

2.2.1 输出电压精度

标称输入电压、满载输出条件下，输出设定电压为 V_{outnom}

$$\text{输出电压精度} = \frac{V_{out} - V_{outnom}}{V_{outnom}} \times 100\%$$

标称输入电压下测试输出电压 V_{out}

例如模块 K7812-500R2，输出设定电压为 $V_{outnom} = 12\text{V}$ ，额定负载为 500mA ，实测输出电压 $V_{out} = 12.039\text{V}$ ，输出电压精度 $= \frac{12.039 - 12.000}{12.000} \times 100\% = 0.325\%$ 。

2.2.2 线性电压调节率

标称电压输入、额定负载下，测得输出电压记为 V_{outn}	线性调节率 = $\frac{V_{mdev} - V_{outn}}{V_{outnom}} \times 100\%$
输入电压上限、额定负载下，测得输出电压记为 V_{outh}	
输入电压下限、额定负载下，测得输出电压记为 V_{outl}	
V_{mdev} 取 V_{outh} 、 V_{outl} 中偏离 V_{outn} 最大的值	

例如模块 K7805-500R2，额定负载为 500mA， $V_{outh} = 5.01V$ ， $V_{outl} = 5.00V$ ， $V_{outnom} = 5.01V$ ，线性电压调节率 = $\frac{5.00 - 5.01}{5.01} \times 100\% = -0.2\%$

2.2.3 负载调节率

标称电压输入、10%负载下，测得输出电压记为 V_{b1}	负载调节率 = $\frac{V_b - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\%$
标称电压输入、100%负载下，测得输出电压记为 V_{b2}	
标称电压输入、50%负载下，输出电压标称值记为 V_{b0}	
V_b 取 V_{b1} 、 V_{b2} 中偏离 V_{b0} 最大的值	

例如模块 K7805-500R2，100%负载时， $V_{b2} = 5.01V$ ，10%负载时， $V_{b1} = 5.02V$ ，50%负载时， $V_{b0} = 5.02V$ ，负载调节率 = $\frac{5.01 - 5.02}{5.02} \times 100\% = -0.2\%$

2.2.5 效率

标称输入电压 V_{in} 、满载 I_{out} 下，测试输出电压记为 V_{out} ， 输入电流记为 I_{in}	效率 $\eta = \frac{I_{out} \times V_{out}}{I_{in} \times V_{in}} \times 100\%$
---	--

例如模块 K7805-500R2， $V_{in} = 24V$ ，满负载下测得输出电压为 $V_{out} = 4.951V$ ，输入电流

$I_{in} = 113.7mA$ ， $\eta = \frac{500 \times 4.951}{113.7 \times 24} \times 100\% = 90.72\%$ 。

2.2.6 纹波和噪声

纹波和噪声是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_{P-P})。

- 第一步，先将示波器带宽设置为 20MHz，可以有效防止高频噪声；
第二步，采用平行线测试法，如下图 2 所示：

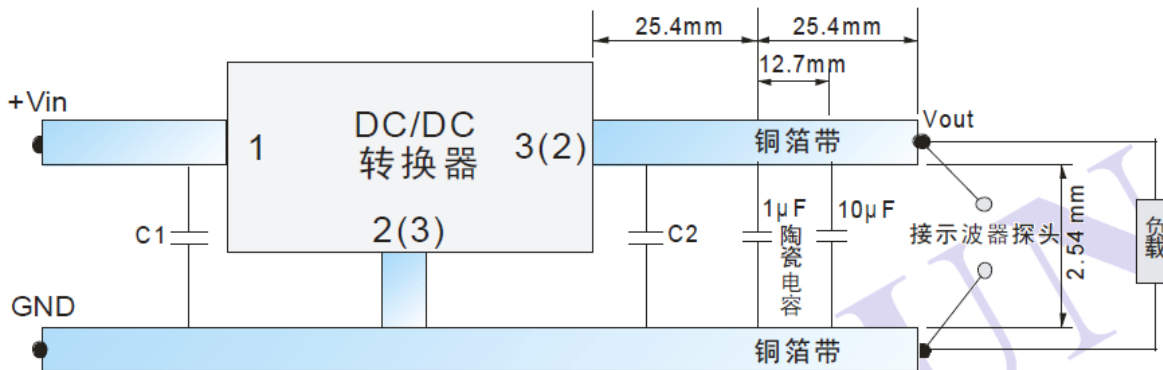


图 2 平行线测试法

注意：

- 1) C1：高频陶瓷电容，一般容值为 1μF；
- 2) C2：容值为 10μF（电解电容），耐压值高于模块输出电压 2 倍以上即可；
- 3) 两平行线铜箔带之间的距离为 2.5mm，两平行铜箔带的电压降之和应小于输出电压值的 2%。

实际测试的纹波和噪声会因电路和外接元件的不同而有所差异，图 3 为实际测试的纹波噪声波形。

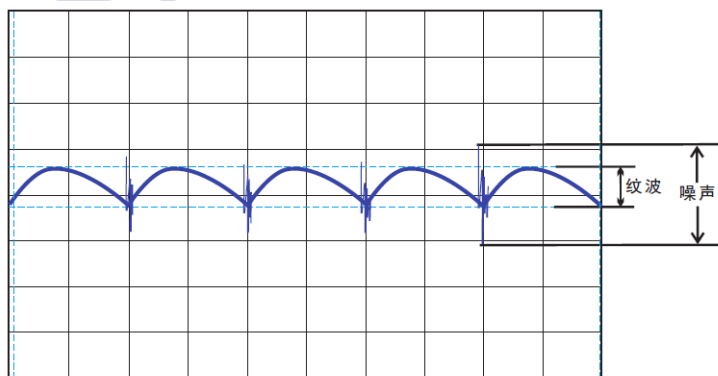


图 3 纹波噪声测试波形

2.2.7 动态负载

当负载出现突变时，所有的电源都有一个相应的响应时间。在突变响应期间内，电源的输出电压会出现瞬间的过冲，然后回到正常输出状态。动态响应是通过对过冲幅度的大小、响应时间的长短来测量的，是电源性能的一个重要指标。常见的测试方法接线如下图4所示：

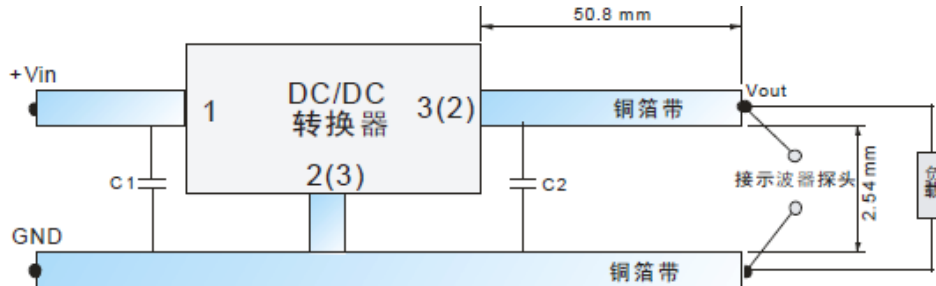


图4 动态负载测试接线方式

具体测量的方法是用电子负载来进行电源负载的突变，负载设置条件为输出负载电流为额定负载的25%-50%-25%和50%-75%-50%，电流跳变的上升和下降斜率选：0.08-0.1A/uS，用示波器测量其输出电压的最大偏差和响应时间，动态负载测试波形如图5所示。

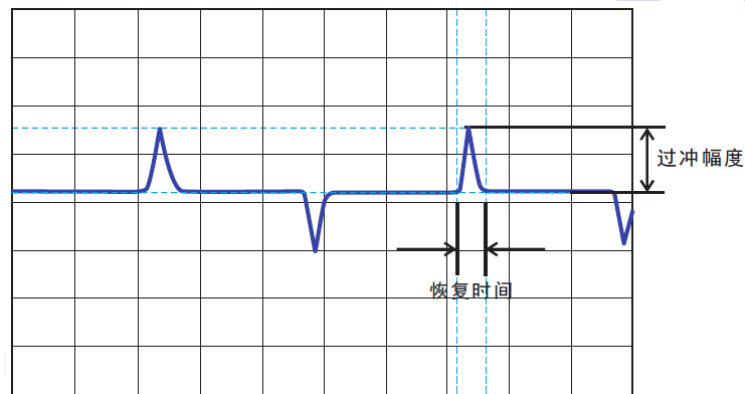


图5 动态负载测试波形

2.2.8 启动时间

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。一般在额定满载下测得，外接滤波器（包括输入输出电容）均会大大延迟启动的时间，实际设计要与纹波噪声要求权衡考虑。图6为启动时间测试波形。

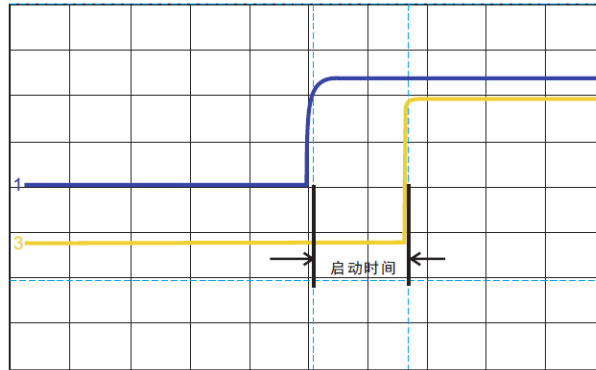


图6 启动时间测试波形

2.2.10 电源模块外壳温升测试

测试外壳温升可以用热成像仪或是热电偶测试，由于发射率对红外热成像仪测量的结果有影响，从而会导致测量结果存在一定的偏差，一般推荐用热电偶测试。

如环境温度 $T_a = 25^{\circ}\text{C}$ ，实际用热电偶测的电源模块的外壳温度 $T_c = 60^{\circ}\text{C}$ ，那么模块的温升是 $\Delta T = T_c - T_a = 60 - 25 = 35^{\circ}\text{C}$ 。其中 T_c ——壳温， T_a ——环境温度， ΔT ——温升。

注意事项：不同模块由于功率、外壳材质、内部设计等的不同，外壳温度会有很大的差异。对于密闭的使用环境，因无自然通风，建议将电源模块与温度敏感元器件尽量远离或是隔离为两个空间。

3 电源模块的应用

3.1 典型应用

K78 系列模块典型的应用如下图 7 所示：

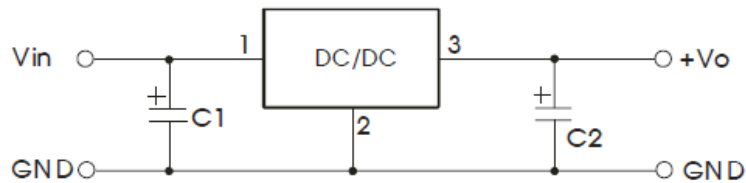


图 7 模块的典型应用

模块的典型输出为 BUCK 降压型电路结构，推荐的外接电容为 10 μ F。

3.2 负输出应用

根据BUCK和BUCKBOOST电路的特性，可以将pin2和pin3引脚接线方式改变可以得到负电压输出，如下图8所示：

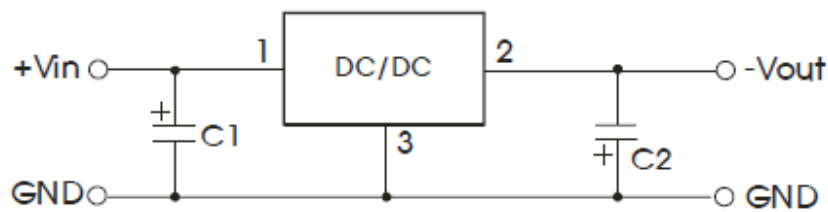


图 8 模块的负输出应用

3.3 正负输出应用

当正输出与负输出相结合的时候，使用两只模块可以实现正负电压输出，如下图 9 所示：

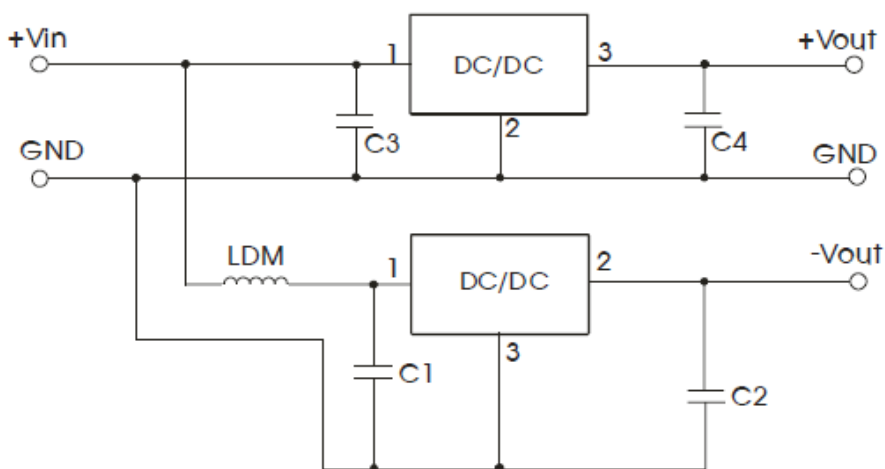


图 9 正负输出应用

需要值得注意的是，由于负输出属于 BUCKBOOST 结构，产品的启动电流相对于 BUCK 电路会高一些。同时，在相同输入电压情况下，有些输出的模块能够实现正负电压输出，而有些则不能同时输出正负电压，例如： $\pm 15V$ 就难以通过相同的输入电压得到，最主要的原因是 BUCK 与 BUCKBOOST 的电路结构决定了内部 MOS 管的开关应力，同一个 MOS 管难以满足这两个电路结构，因此实际选择的时候需要参考产品的选型手册。

3.4 输入反接保护

在应用中，若存在输入端的极性不确定的情况，建议加了输入反接保护，通常最简单的方式为串联二极管，如下图 10 所示：

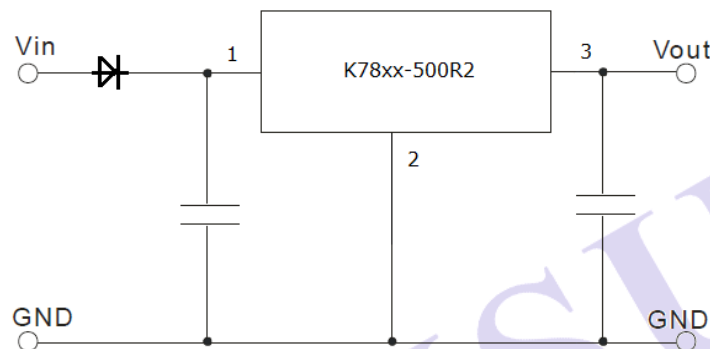


图 10 输入反接保护

此类应用需要注意的是输入二极管的选择，功率、压降等。

3.5 输入输出滤波电路

在对纹波和噪声敏感的电路中，可以在模块输入端和输出端外加滤波器，以降低纹波和噪声。推荐电路如下 11 所示：

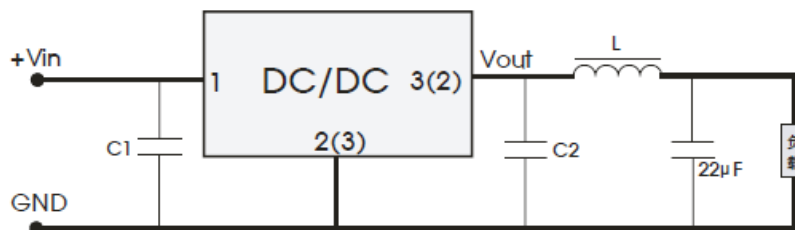


图 11 减小纹波噪声滤波电路

C1 和 C2 按照规格书中推荐的参数来选择，电感 L 的推荐值为 $10\mu H \sim 47\mu H$ 。

3.6 电磁干扰和电磁兼容

3.6.1 电磁干扰（EMI）

电磁干扰是指通过空间的电磁辐射传播和通过信号线、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，但能使之降低到安全的等级。

抑制电磁干扰的有效途径一般有：

- 1) 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；

- 2) 合理接地;
- 3) 对电源线、信号线进行滤波, 以减少电磁干扰的传导, 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。
- 4) 电源模块供电与小信号电路分开布局, 可有效避免电源模块对小信号电路造成的干扰。

3.6.2 电磁兼容 (EMC)

电磁兼容是指电子设备和电源在一定的电磁干扰环境下正常可靠工作的能力, 同时也是电子设备和电源限制自身产生电磁干扰和避免干扰周围其它电子设备的能力。

提高电磁兼容可从下列三个方面着手:

- 1) 减小电磁干扰源的辐射;
- 2) 屏蔽电磁干扰的传播途径;
- 3) 提高电子设备和电源的抗电磁干扰能力。

按照传播的方式, 电磁干扰被分成下列两种类型:

第一类, 传导型干扰

传导型干扰是由系统产生进入直流输入线或信号线的噪音, 其频率范围为150KHz-30MHz。传导型干扰既有共模方式的, 又有差模方式的。LC 网络常用用来抑制传导干扰的主要方式。

第二类, 辐射型干扰

辐射型干扰以电磁波的方式直接传播, 一个常见起到了发射天线的的作用, 其频率覆盖范围为30MHz-1GHz。辐射型干扰可通过金属屏蔽的方式抑制。

3.6.3 EMC 推荐电路

由于 DC/DC 模块属二次电源, 为使整套设备通过 EMS 测试, 一般在 DC/DC 端口或者信号端口外接防护电路, 电源部分的防护电路如下图 12 所示:

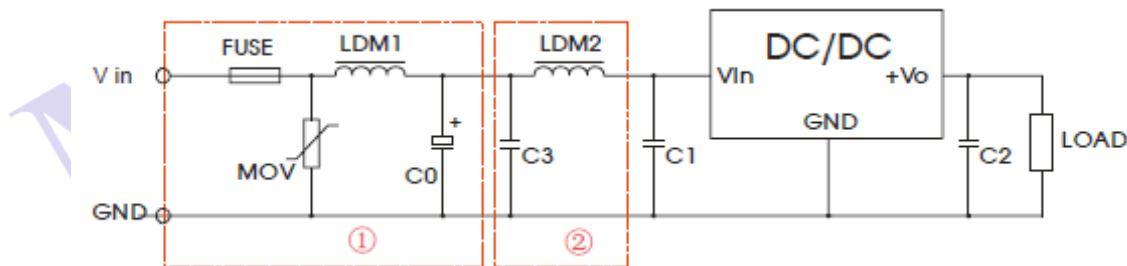


图 12 EMC 推荐电路

第①部分用于 EMS 测试部分外围推荐电路图; 第②部分用于 EMI 滤波, 可依据需求选择。具体的外围推荐电路参数参考对应产品的技术手册。

3.7 容性负载

对于一般的开关电源模块都有最大容性负载的要求, 模块电源的输出端可以外加电解电容, 但过大的容量和过低的 ESR (等效串联电阻) 可能会引起模块工作的不稳定或启动不良现象。具体型号的外接电容值请查看产品技术资料对应的外接电容表。

3.8 功能引脚的使用

1) 输出电压微调

在 K78xxT-500 和 K78xxT-1000 的产品中还提供了输出电压微调的功能，外接电阻的连接方法如下图 13 所示，

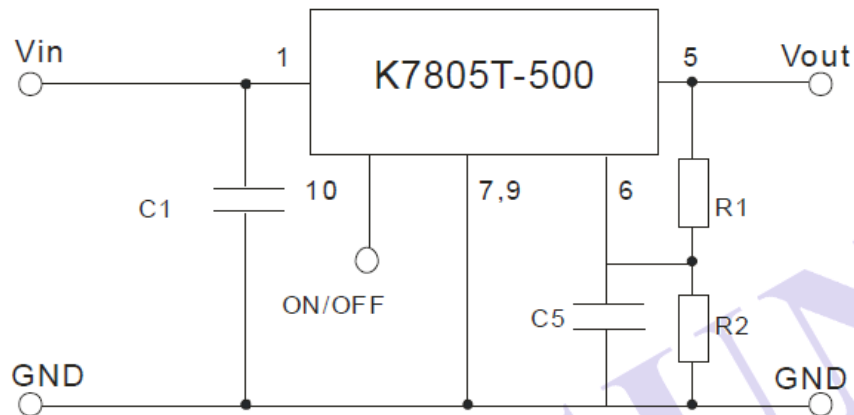


图 13 输出电压微调外接电阻的连接方法

如果要调高输出电压，可以增加 R2 电阻，同时降低 R2 电阻的阻值；同样地，如果要调低输出电压，可增加 R1 电阻，R1 阻值越小，输出电压越低；如果不需要调节电压则将引脚悬空即可。

2) 开关控制

在 K78xxT-500 和 K78xxT-1000 的产品中提供开关控制功能。开关控制是指对模块输出电压的“ON”（允许）、“OFF”（禁止）操作。如上图所示 pin10。

当控制引脚的电压 V_c 在 1.2~6V 之间或者悬空的时候，模块能够正常输出，当 V_c 在低电平时 ($0 \sim 0.4V$)，模块关断。

4 常见疑问

4.1 模块能否支持热插拨

“热插拨”简单地说就是在不关闭供电电源的情况下，直接拔下或插上系统中的电源模块。

模块在工作时是不允许热插拨的，这是因为在热插拨瞬间会产生一个很大的电流、电压尖峰，这个数值可能是模块输入电压、电流的几倍甚至几十倍以上，对模块内部的器件产生很大的冲击，恶劣的情况下可能会损坏模块，因此模块工作时是不允许热插拨的。

4.2 模块能否空载、轻负载应用

在空载或低于轻负载条件下，模块是可以使用的（除非特别指出不能空载使用），只是在此条件下模块的转换效率相对来说比较低，产品空载时环路不稳定，可能会出现振荡现象，部分指标可能不满足技术手册要求。从可靠性角度考虑，尽量避免应用在空载或是低于轻负载，模块输出的最小工作电流最好不能低于额定电流的 10%，建议模块应用在 30-80% 的负载条件下或是选用功率小一点的电源模块。

4.3 模块的启动不良可能的原因

1) 实际应用时，容性负载超过模块技术手册的最大容性负载，输出电容过大，开机瞬间需要很大的启动电流，会引起模块的启动不良，建议减小输出端所接电容或是在输出端加缓冲电路以提高模块带容性负载的能力。

2) 受本安电源最大启动电流限制，本安电源提供的最大功率不满足模块的启动功率要求（模块在启动时需要较大的启动功率），建议选择我司启动电流小的产品或者在模块输入端串小电阻或者电感降低模块的启动电流。

3) 感性负载（一般为电机线圈）在开机瞬间线圈未产生感应电动势，只有线圈的内阻 r 在整个回路中工作，线圈的内阻很小（一般 $m\Omega$ 级~ Ω 级），根据 $I = \frac{V}{r}$ ，启动瞬间产生的电流会很大，

超过模块的过流保护点，导致模块出现保护现象，启动不良。对于功率小的模块，建议在输出串联一个小电阻，或是选用功率大一点的模块电源。

4) 输入电压低于产品的工作电压，造成输出不能够稳定地输出。

4.4 模块损坏的原因

针对模块损坏的原因，《非隔离稳压输出系列产品常见故障分析》中给出了如下五点：

- 1) 输入电源极性接反；
- 2) 输入电压超出技术手册规定的最大值；
- 3) 热插拨产生较大电压尖峰，或者输入电源存在过冲现象；
- 4) 严重过载；
- 5) 公共地没有接好（负载比较重时）