

转换器模块提供系统容错功能

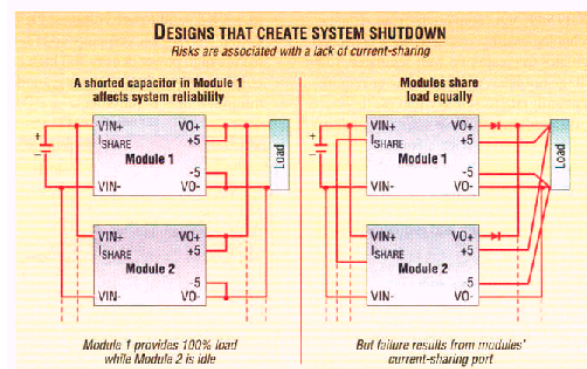
Sean Dresel 设计工程师 Vicor Corp

每一个有电源设计经验的工程师都会体会到，在整个开发过程中绝不能疏忽大意，一些微细的改动，可能令系统表现截然不同。就如很多系统都称具容错功能，但当仔细的分析，它们大多会忽略单点错误的情况

容错的定义是如果系统内任何一点失效，供电系统仍必需能满载供电，或系统能调节适应总需求功率。具容错的供电系统一般都有冗余。冗余就是在负载需要的功率之上，再加供电系统。当单一错误发生时，辅加的系统能补上，取代失效的部份。这样，便可以提升系统的可靠性和尽量减少甚至消除系统停机的机会。由于冗余系统的成本比较高，一般只用于需要不间断操作的系统。如高性能的交易处理计算机，LAN 和 WAN 网路及通讯设备等。

成本考虑限制了冗余系统的应用范围。虽然每瓦的成本已下降，但真正成本和用户希望付出的成本还是有一段距离。这里所提的真正成本是将所增加的功率所需的实际硬件成本，扣除因系统故障引至的机会成本。要计算真正成本并不容易，因为它涉及一些很难量化的因素。比如失去了竞争机会或因系统故障而被起诉。如果这些机会成本增大，那么真正成本便会相对减少。同样地，如果硬件成本下降，真正成本亦会降低。因此，在作出是否需要系

统配备冗余功能的决定前，必先要了解系统失效引致的机会成本。总的来说，如果用户倾向依赖高科技装置，故障停机就变得难以容忍，而且机会代价高昂。相对地冗余系统的真正成本便会降低。



在设计带冗余的供电系统时，需要在成本、系统的冗余程度、运作时间之间作权衡取舍。N+M 是用来形容系统的冗余等级的。N 是满足负载供电需求的模块数目。M 是附加的模块数目。明显地，M 越大，系统的可靠性越高，而造价也越贵。举个例子，这里用了两个模块，模块一及模块二都连上了负载。这里 N 等如 1，M 也是等如 1。即是一只模块，就足够向系统供电，另一只作备份，以提高系统的可靠性。这样的安排，还有些地方需要详细考虑。首先，虽然这系统已经有冗余，但它不能容错。如果失效的原因是模块一的输出电容短路，模块二同时会断开，因为它们是在并联操作的。这个缺憾可以加一只“或

门”二极管来补救，把它与模块的正输出端串连，即使输出短路，模块输出可以互相隔离。

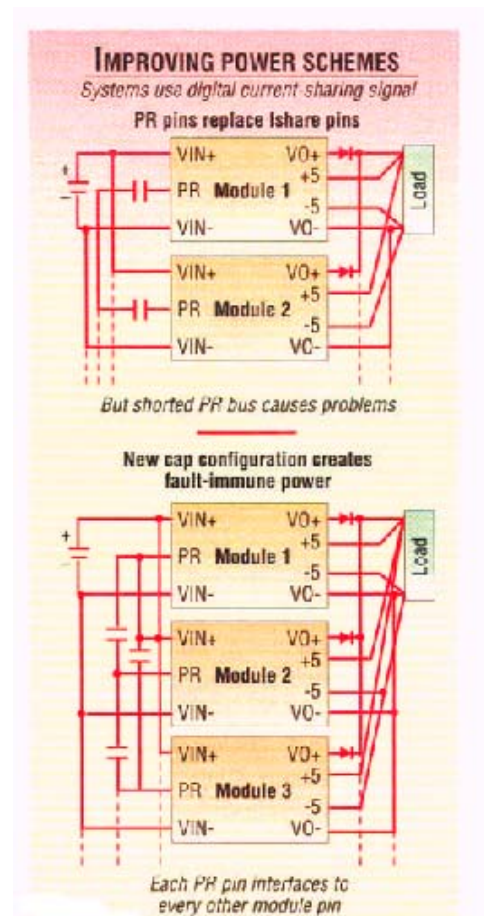
过压情况

利用遥感端模块可以监察和调节它对负载输出电压，在某些系统，如果输出线的压降过大，遥感端会作出补偿，为负载稳压，但如果模块需要增加输出来补偿压降，必需有一个监控，以保证输出不超出过压限制导致模块关机。因为，这样供电系统便需要重新启动，主功能系统亦要停机。

利用分隔二极管，遥感端经常被用作补偿流经二极管的压降。另一方法是微调模块的输出电压以抵消二极管压降。但这需要视乎模块的输出，以一个 5V 的模块为例，遥感补偿上限是 10%，即是 0.5V。如果经过二极管的压降是 0.4V，还可以留些冗余，补偿其它线压下降。但如果模块是 3.3V 或 2V 输出的，问题就比较复杂，可能需要输出电压较高的模块，如 3.7V 或 2.4V，并需要改为本地取样。在这个情形，二极管亦需要配合压降条件。

再者，模块亦不一定保证能均流。模块一可能 100% 为负载供电，而模块二却完全不工作。这种安排有以下缺点。首先，如果模块一负责整个负载的供电，即是所有热都由它产生。模块一的 MTBF 相对均流

操作的模块会较短。再者，如果模块一失效，模块二会由空载马上转为满载，这种瞬态反应会令模块二的输出电压突然下降。因为模块二的输出电容需要在极短时间内倾出所有储存的能量，以达到新的操作要求。



这瞬间的输出衰减，会误导一些被供电的电路，会令系统闪动、重设、锁存、甚至关机。如果每个模块开始时便已均流，模块二的工作状态会比较接近满载工作，

瞬间的压降会轻微些，更可能不会被察觉。在这情况，两个模块可单线均流连接，令它们可以均分负载。

均流是具高系统可靠性，实现冗余，容错的重要因素。有很多不同的方法可以实现均流，由无原的“Droop Share”技术到有原的都有，前者会削弱调节功能及增加生产复杂性，后者是简单插入就可以应用。其中一个有原均流方法是每个模块互相沟通，达至均流，这方法看似万灵药，很多电源设计师都以为它可以容错，但有点是常常被忽略的，当任何一点发生错误，整个系统就会关机。

如果某一模块的均流埠口发生故障，例如内部均流线路失效，与大地或其它地方短路，那将会如何？它会拉低整个均流母线的电平，令系统失效。又如果均流引脚之间的连线失效，例如开路，或其它线路或元件短路，那又如何？虽然这些故障出现的机会不一样，有些出现的机会会大一些。事实说明，这种电路有潜在的弱点，因为均流引脚并没有互相隔离或在更多的情况是不能隔离。因为很多转换器用模拟信号实现均流，他们的均流引脚必须直接连在一起。再者，这些模拟式信号的噪声免扰性很低。要提升这方面的保护能力，无论是一次性的设计或采用电源模块，都需要有合适的电路提供真正的容错。

改良电源架构，Vicor 提供了第二代转换器模块，它利用数码式的均流信号，由于它只是一个 AC 信号，它可以与 DC 信号隔离。这可以容许 1,000pF 的电容在 PR 端上，用来代替均流引脚，而且在电源阵列内，如果其中一只模块的 PR 脚短路，它不会拖跨整个系统。这大大提高系统的可靠性。但仍有单点失效的机会可以令系统停机。均流母线本身亦可能短路，要解决这问题，需要一个具错误免疫力的架构，每个模块的 PR 脚与其它模块的 PR 脚互相交流，这介面支援均流，具真正容错能力。这种架构的优点是绝对的系统可靠性。

总的而言，电源工程师实现系统容错时，需要留意很多因素。如果先注意一些常碰到的问题，或注意到有些模块可以利用 DC 绝缘的均流讯号来隔离和保护模块，工程师便可以提升系统可靠性，超越以往的水平。尤其是当全世界都依赖通讯科技，系统停机变得不能忍受。