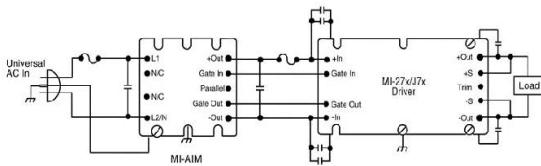


## 利用高密度电源元件组装持续供电系统的考虑因素

Keith Nardone 产品经理 Vicor Corporation

优良的性能和高可靠性向来是军用电子系统的首要考虑因素。近来，电子系统在国防、航空、舰船或地面设施等方面的应用日益广泛。这些设施必须持续不间断的操作。同样地，COTS 电源的生产商亦必须以此为目标，致力保证系统能不间断的工作。

高密度的电源元件(图 1)，具有高效率及可靠等先天优势，但若单独使用或设计不当，仍有机会令供电失效。利用这些元件作为核心组件，可以很容易地组装出分布式电源，容错阵列，或热插拔等架构。这些都是避免整个系统失效的重要措施。



图一。简单的 COTS 供电典型连接图。AC 主线直接输入模块(M-AIM)，提供整流，EMI 滤波，瞬变保护，限制涌流，以避免损坏 DC-DC 模块(MI-27x/J7x)。

### 电源模块改善系统效率和可靠性

电源模块一般在精密及自动化生产线上生产，故此比传统的电源系统有更好的质量，有些模块的论证无失效时数可达上 1000 万小时。如用上先进的开关技术，优良的架构，一般而言，电源模块比分立元件电源能更有效的处理功率转换，功耗也较少。

此外，DC-DC 模块的生产商采用不同的手段来处理“热耗”。例如在低电压转换时以同步整流取代二极管便是一种常用的手段。二极管整流是采用一只肖特基势二极管(Schottky diode)，它带有轻微电阻及恒定

的压降，功耗大概与流经该二极管的电流成正比( $P_{diss} = EI$ )。同步整流则采用一只金属氧化场效应管(MOSFET)开关整流，它的功耗大概正比于流经电流的平方值( $P_{diss} = I^2R$ )。在低电流的应用，摩斯管会产生较少的热，是一个好的选择。当电流增大到大概 20 安培或以上，二极管产生的热会较少。一些高电流的转换器会并联多只开关来减少流经每只摩斯管的电流，这样，便增加了应用的难度，影响模块可靠性。

由于优化热处理是提升功率密度的有效手段，所以一直是模块生产商非常看重的问题。某些模块的内部结构把控制芯片包裹在环氧树脂内，同时贴上铜片，直接焊接在基板上，减低热阻，并提供散热门径。也有些模块的散热处理是不带基板，不灌封的。

另一个突破是改良变压器设计。采用镀铜轴心，更有效的控制磁效应及导热，增加功率处理能力。没有灌封的变压器，能有效的把热传导到基板或散热片上。综使以上各种改良方案都用上了，系统产生热量仍是不能避免的。由于系统的寿命及可靠性与工作温度是成反比的，设计供电时仍需要用上一些布局，如分布式电源架构(热处理较易)。如系统要求持久供电，便需要考虑容错阵列(避免系统失效)，均流(减低动态反应)和热插拔(避免关机)等措施。

### 保持系统持久操作的手段

分布式电源: 如前文提到，分布式架构与集中电源不同的地方是前者在系统的电压分配中处理的电流较少。这样可以减少功耗，减低导电体的成本。热处理比较简单。它

把功率处理流程分散在系统内，避免热力集中在一点，散热较容易，甚至可能不需要风扇或散热片。分布式电源的另一个好处是，它分间的层次是无限制的：可以是直接供电给负载或电源咭，亦可由一只或多只模块供电给多片电源咭。总体来说，妥善的热处理和容许热插拔，有助系统持续供电。把负载越分散起来，两者的处理越容易。

减低电流，可以减少  $I^2R$  功耗，缩减导体的体积：尤其在某些需要多只继电器，开关和连接器的应用。在高功率的应用如尖端的数据处理器，效果尤其显著。再者，150V 或 300V 电压可以直接由 AC 主线整流滤波接入；全球通用输入电压(85-264V)，或带功率因素校正的前端亦可以输出 300V 电压，是中转总线电压的现成标准。

决定电压时亦需要考虑安全标准的限制，如 SELV 安全低电压标准(多国采用的电压标准，避免人手触摸发生意外)。一般最高是 60V，通讯应用一般是 48V。这些都是分布电源系统的输入标准。

**容错:** 容错阵列是达成不停供电的基本手段。系统可以容错，必先有冗余备份。即至少有一只备份的转换器。这架构一般称为 N+M 阵列。N 是供给足够系统电量需求的转换器。M 是备份模块。容错亦可包括前端的备份，可以以下手段实现。

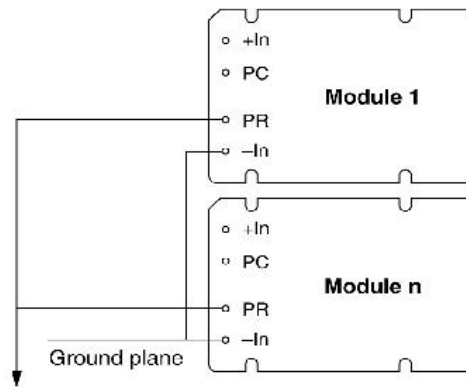
- 独立前端
- AC 主线加接开关，分接蓄电池供电的 DC 线上。当主线供电失效，便由 DC 供电。

亦可以用多只模块实现备份，保证供电失效时仍有足够模块提供足够电量。设计师同时需要考虑是否可以停机更换失效的模块，还是需要热插拔。如系统需要不断开动，不能停机，便必须具热插拔功能。如只是考虑系统的平均失效间隔，便不需要在系统开动

时更换模块，因为提供备份已大大改善了此项要求。

如选用模块具备的功能越多，冗余阵列的设计亦较容易。最显著的如均流。当阵列内其中一只模块损坏失效时，所有模块必须能够不间断地供应充足的电量，即使负载突然改变。因此，每只模块必须能自动均流，减轻每只模块的动态反应。

**均流:** DC-耦合单线并联。(图 2) 并联两只或以上模块。每只模块都有智能，能自动调节输出电压，令阵列内所有模块都输出相同的电流。这方案可支援备份。但若其中一点出现失误，轻微的会失去均流功能；严重的可能损毁所有模块。原因是以单线并联，模块与模块间通电。



**图 2. DC 耦合单线连接。模块间的并联脚(PR) 直接连线。这接法支援均流但不能容错。**

有一种模块，采用零电流开关架构，每只模块都有能力在阵列内作主导。输出电压最高的模块，会传送一个脉冲讯号，指挥其它模块同步工作。由于模块是在零电流瞬间开关，每个开关周期传送相等的能量，同步工作的模块便自动均流。碰到瞬变或其中一只模块失效，另一只模块的输出电压提高，自动取代主导位置，发出同步脉冲，不影响总线输出。

这种民主的同步均流阵列，实现了简单和无功耗的均流控制。它提供一个简便的方案，无须感应每个模块的电流，然后个别调节电压。模块的脉冲讯号，同时容许设计师在并联脚间使用电容或变压器，做成 DC 绝缘耦合。这可避免导致供电失效的内部或外部因素影响其它模块，加强容错效能。这架构的其它优点包括优良的瞬变反应，和避免多层环路控制问题。

利用这 AC 讯号 (每只模块都有的双向接口，用来输出及接收模块间的讯号)。进一步改善系统的可靠性，设计师亦可以外加一些保护措施。即除了简单的把所有 PR 脚连上外，设计师还可以把引脚电容耦合。

(图 3)，避免 DC 耦合或单线并联等架构产生的潜在危机 (因为单一个模块失效而影响整个阵列，甚至损坏其它模块)。如在每个模块到总线间加上电容，亦可避免上述问题。

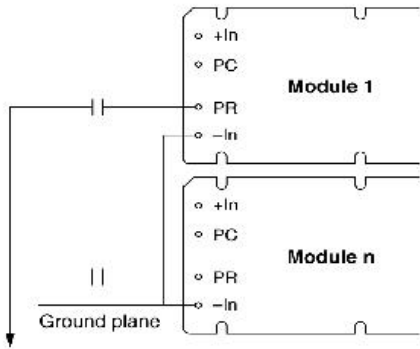


图 3. 利用 AC 耦合单线连带。所有 PR 脚经电容连接到一个通讯总线。这架构支援均流和具高容错能力。

**热插拔:** 大部份需要容错或备份的应用均同时需要热插拔，以保证系统不间断运作。设计热插拔咭时需要注意把电源初次的电势，和会输出大量能量的二次整流部份与人手可触摸的部份隔离。同时，系统需要能示警，当模块失效时，系统会提示维修更换。

还需要留意保护输入及输出总线，以免热插拔时产生的瞬变损坏整个系统。基本上，如输入总线因模块失效短路，一只大电容能提供足够的保持时间，让该只模块的保险丝熔断。但当需要插入更换插咭时，这些大电容会令总线降压。这些电容效应可以用电阻及分路开关(如 FET 或继电器)去耦。这开关应在插入时关断使电阻起作用，然后才接合而把电阻短路，减低功耗。

输出端的考虑因素大致与输入端相同。可用”或”二极管保护总线，避免受模块短路影响。同时可以把热插咭上的电容隔离，避免备份咭的电容放电。如不加”或”二极管，热插咭上的电容应该隔离。如处理输入总线的措施一样。