

# 调节助力实现平均功率： 脉冲负载的智能解决方案



脉冲负载应用的电源系统的设计只是为了满足一个已知峰值功率需求时会怎样？如果忽略峰值功率一次只需要很短时间周期这一事实，那么您就没有对整体效率及尺寸进行优化。但如果功率密度很重要，您就需要了解更多关于通过调节实现平均功率以及这怎么会给您的新一代电源设计带来优势的信息。

## 介绍

通过调节实现平均功率在持续不断提升效率减小电源占板面积。您可以用更多的空间做什么？由于提升的效率所节省的长期成本是什么？提供脉冲负载的电源系统可通过使用平均功率变得更小、更轻、更经济。在一个电源系统设计成为需要某种功率级的特定负载稳压时，通常该功率级是恒定的：如果负载需要 1kW，电源系统就设计成最大供电功率为 1kW。但在功率级经常波动而且功率波动为周期性脉冲（其中峰值功率是已知的）的系统中，平均功率允许设计人员为脉冲负载提供平均功率。

在平均功率架构中，峰值功率通过布置在电源输出端的电容器提供并平均。需要峰值功率时，电容器会向负载供电，而且该电源可补充电容器的能量。电容器提供能量时，由于电容器没有调节电压，因此电容器上的电压和负载都会下降。该电源将以等于平均电流的恒定速率连续供电。电容器上的压降等于脉冲持续时间内的平均功率和峰值功率之间的差值。电容器在脉冲断开时以恒定的速率充电。

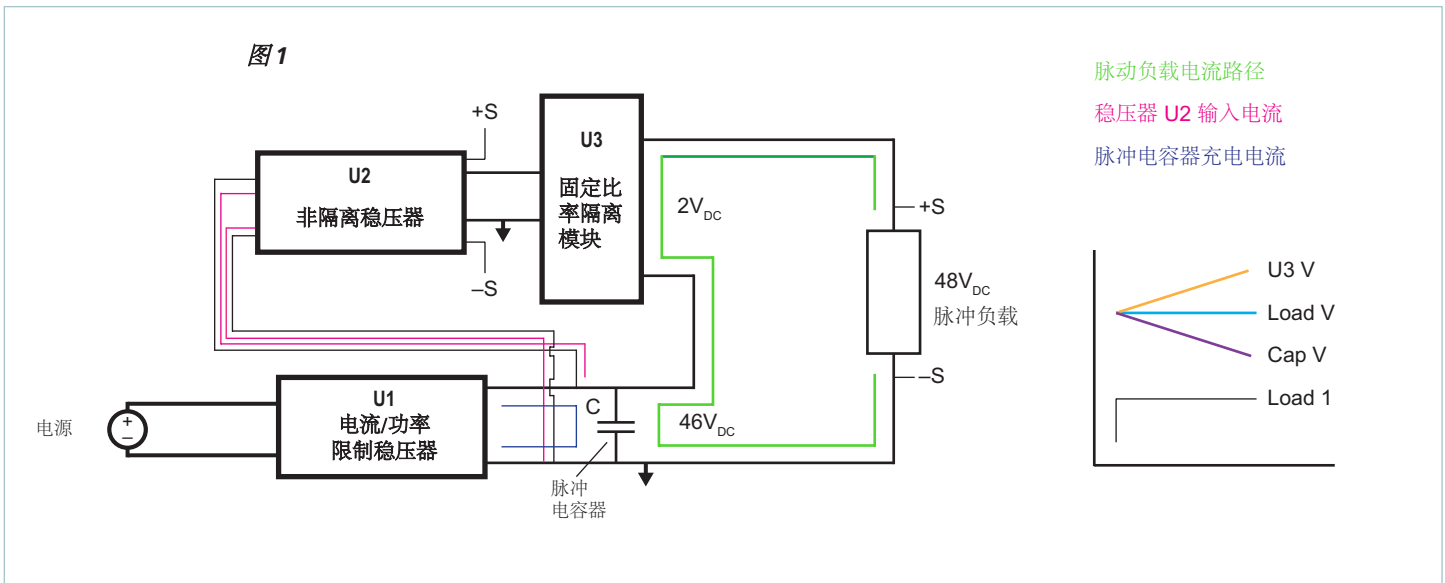
## 平均功率帮助提高效率

负载能够处理电压变化时，平均功率是一个很好的选项，例如在由多个下游稳压器组成的负载情况下。但如果负载不能处理电压下降，系统将会失败。通过使用非隔离稳压器和固定比率电压隔离器在平均功率系统中纳入稳压，可轻松解决该问题，在许多情况下这可带来另一项优势：更高的整体系统效率。例如，在许多脉冲雷达应用中，雷达在特定电压下效率最高。如果平均电容器直接给雷达供电，雷达的效率会随电压下降而降低。增加稳压将有助于雷达在整个脉冲中在其最高效的点上工作。

在所推荐的解决方案中，一个正弦幅值转换器 (SAC™) 和 ZVS 升降压稳压器可与电容器串联堆栈，提供完整的电流，但只能补偿压降，这是功率的一小部分。在设计一款通过稳压实现平均功率的电源系统时，设计人员必须考虑几个重要因素：储能电容器的尺寸、隔离器的电压及电流范围以及非隔离稳压器的控制环路带宽。

图 1 是通过稳压实现平均功率的方框图。U1 是平均电源，其可通过该应用所需的平均功率为电容器充电。U1 为了保护电源而限制了电流和功率。U2 是非隔离稳压模块，其不仅可通过 +S 和 -S 监控负载电压，而且还可通过 U3 对负载电压进行稳压，U3 是固定比率正弦幅值转换器。U3 的输出与储能脉冲电容器串联。在负载需要一个电流脉冲而导致储能脉冲电容器电压下降时，U2 将 U3 的输出电压升高（与电容器的压降成反比），使负载电压在整个脉冲中保持不变。

图1



方程式 1 
$$C = 2 \cdot \frac{P \cdot (T_1 - T_2)}{V_1^2 - V_2^2}$$

### 正确调整储能电容容值

应用所需的电容可用方程式 1 表示，其中 C 为电容器值，P 为电容器提供的功率。T1 和 T2 之间的差异是负载所需的持续时间。V1 和 V2 之间的差异是功率传输过程中电容器两端的压降。在方程式 1 中，假设在脉冲过程中电源 U1 提供的平均功率可以忽略不计。由于 DC-DC 转换器 U1 在给电容器及负载供电时会进入流限状态，因此在负载需要电源时，电容器会提供较大一部分负载电流。当电容器将负载电流和电流同时提供给 U2 时，其电压就会开始下降。因此，必须调整电容器尺寸，使电容器上的电压保持在 U2 的输入电压范围内。在考虑电容器必须提供的功率 (P) 时，设计必须考虑提供给 U2 输入端的功率。该功率也来自电容器。脉冲期间的负载功率是电容电压加上 U3 输出电压乘以负载电流。U3 的输出电压很小，因此与电容器提供的整体功率相比，U2 和 U3 的功率水平相对较小。U2 和 U3 的功率水平将随电容电压的变化而变化。U3 补偿越多，通过 U2 的功率就越大。

### 隔离器的电压与电流范围

在考虑 U2 和 U3 的配置时，设计必须考虑 U2 的输入/输出范围和 U3 的输出电流。U2 由电容器供电，因此它的输入电压范围必须为方程式 1 的 V1 和 V2。如果允许电容器电压从 48VDC 降至 45VDC，那 U2 就需要相同或更大的输入范围。

在图 1 中，U2 的输出流入固定比率隔离器 U3。U2 一旦检测到负载位置的压降，就会通过增加 U3 的输出电压进行补偿。U3 是一个固定比率隔离器，因此输出电压就是输入电压乘以该比值。如果 U3 的比值为 1/12，输入电压为 48VDC，则输出电压为 48/12 或 4VDC。固定比率隔离转换器将除以输入电压，再乘以输入电流。比率为 1/12 的情况下，U3 输入电流将乘以 12。U2 和 U3 的电压调整补偿范围必须宽到足以补偿电容器的压降。如果允许电容器下降 4VDC，那 U2 和 U3 的组合就必须能够补偿该压降。U2 和 U3 的调整范围或补偿范围越大，系统在电容器值和技术方面就越灵活。例如，可以选择等效串联内阻更大的电容器，因为 U3 可以补偿压降。

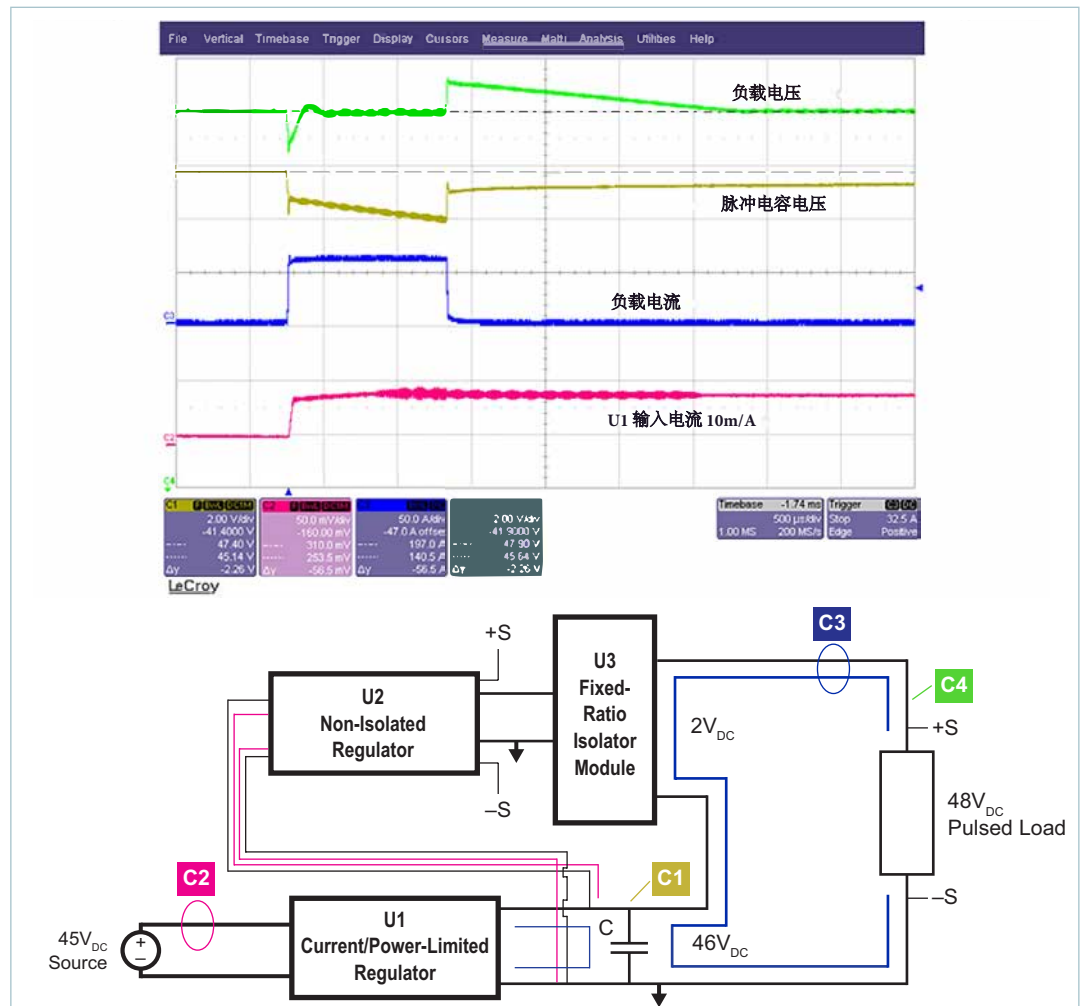
## 稳压器控制环路带宽

U2 和 U3 的组合必须快速、可控地提供满负载电流和部分负载电压。这就是 U2 控制在平均功率系统性能中发挥重要作用的地方。当负载需要电流时，其响应时间通常为几百纳秒到几微秒，持续时间通常为几百微秒到几毫秒。在这些脉冲加载应用中，脉冲持续期间负载级别通常是从空载到满负载。U2 控制环路必须在负载变化时和输入电压变化时调节输出电压。在许多情况下，U2 电源模块控制环路内部都足以以最小的下冲及过冲处理这些负载跳变。如果内部控制环路不够快或不够稳定，无法调节负载电压，可采用外部控制环路。有些电源模块可让设计人员访问内部调制器，从而可通过配置外部控制来驱动功率级。这有助于设计人员通过补偿外部控制环路来获得最佳的系统性能。

U2 可设计为针对系统提供最佳的瞬态响应，但 U3 固定比率电压转换器必须提供电流和电压。提供固定比率变压模块，其设计有极低的路径电感和高开关频率，能非常迅速地由输入向输出提供能量。它们能够在几纳秒内提供数百安培的电流。加上该组合的隔离特性，可使这款转换器在调节负载电压方面变得非常完美。

图 2 是通过稳压配置实现的平均功率及其测试结果。图 2 中的 U1 是一个限流装置功率设置为 160W。该器件可为 110mF 脉冲电容器 C 充电。U2 在图 1 中经过配置，可将负载电压调节为 48V<sub>DC</sub>。负载电流从 0.5A 脉冲到 60A。通道 3 为脉冲负载电流，通道 1 为脉冲电容器电压，通道 2 为 U1 输入电流，而通道 4 则为负载电压。如图 2 波形所示，在整个脉冲宽度内，即使电容器降压 2V，负载电压也是稳定的。图 2 还显示了电容 ESR 对系统的影响。在电源脉冲开始和结束的通道 1 中所显示的电压的快速变化是由电容器的 ESR 引起的。使用 ESR 较低的电容，可减少电压的快速变化。

图 2



---

## Conclusion

Power averaging is an excellent option for configuring a system to power pulsed loads, since it allows the designer to build a system that is small, power dense and very efficient. It is a straightforward approach when the load can tolerate a drop in voltage, but if the load is sensitive to voltage drop, adding regulation to the system with a non-isolated regulator and a fixed-ratio voltage converter will allow the designer to retain the benefits of power averaging without sacrificing system stability.

Contact Us: <http://www.vicorpower.com/contact-us>

**Vicor Corporation**  
25 Frontage Road  
Andover, MA, USA 01810  
Tel: 800-735-6200  
Fax: 978-475-6715  
[www.vicorpower.com](http://www.vicorpower.com)

### email

Customer Service: [custserv@vicorpower.com](mailto:custserv@vicorpower.com)  
Technical Support: [apps@vicorpower.com](mailto:apps@vicorpower.com)