

# 集成电路为高可靠性电源提供增强的保护和改进的安全功能

凌力尔特公司(现隶属ADI公司) Steve Munns

高可靠性系统设计包括使用容错设计方法和选择适合的组件，以满足预期环境条件并符合标准要求。

本文专门探讨实现高可靠性电源的半导体解决方案，这类电源提供冗余、电路保护和远程系统管理。本文将突出显示半导体技术的改进和新的安全功能怎样简化了设计，并提高了组件的可靠性。

## 高可靠性电源系统的要求

在理想的世界里，高可靠性系统应该设计为能够避免单点失效，有办法在保持运行（但也许是在降低的性能水平上）的情况下隔离故障。高可靠性系统还应该能够抑制故障，避免故障传播给下游或上游电子组件。

内置冗余是一种解决方案，这可以采用并联电路以主动分担负载，或者在故障发生之前以备用模式等待。在每一种内置冗余方式中，实现故障检测和管理都需要额外的电路开销，这提高了总的复杂性和成本。有些系统还建立了不同的并联电路，以增加多样性，避免产生相同故障机制这种风险，某些飞行控制系统就是这么做的。

提高系统复杂性给电源性能造成了更大负担，因此高转换效率和良好的热量管理变得至关重要了，因为结温每上升10°C，IC寿命大约减少一半。正如我们将看到的那样，现在新功能丰富的电源IC和专用电源管理功能增强了对IC本身及其周围系统的保护。

## 电源稳压器的安全功能

电压稳压器的电流限制越来越准确，形式也越来越复杂，以避免过大的输出电流损坏器件本身或下游组件。内部保护电路也相当常见，包括电池反向保护、电流限制、热量限制和电流反向保护。

LTC7801 DC/DC开关控制器就是一个改进了工艺技术和安全功能的产品实例。该器件可安全地承受高达150V的输入电压，并提供一种保护功能，以在输入电压上升至高于可编程工作范围时，禁止切换。这种功能简化了输入电源瞬态保护电路，减少了组件数并缩减解决方案尺寸。运用针对电压过冲提供保护的过压比较器，也可以很好地保护输出，同时折返电流限制器在过流和短路故障情况下可控制功耗。

宽引脚间隔可避免相邻高压和低压引脚之间产生危险的电弧，通过提供这样的封装选择，也增强了物理封装方面的安全性。击穿电压随着气压

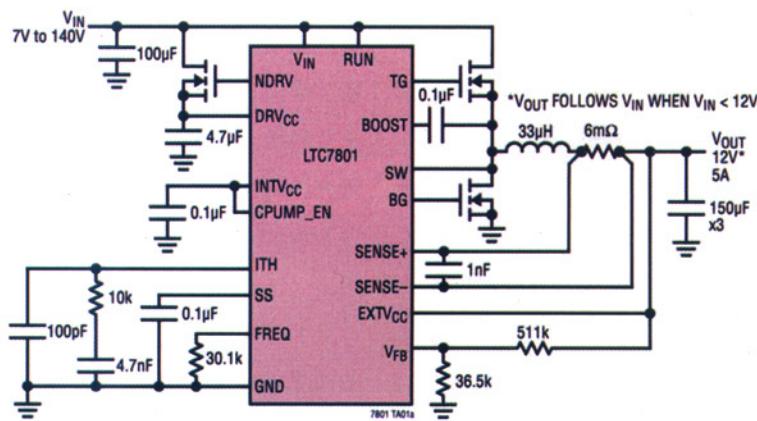


图1 LTC7801高压降压型DC/DC控制器

降低而下降，因此非正常气压的飞机应用可以选择LTC3895，该器件提供与LTC7801相同的功能和性能，但是提供具0.68mm双倍引脚间隔的封装选择。另外，还可采用一些具有符合所谓FMEA(失效模式和影响分析)标准之引出脚配置的产品，例如容错型LTC3007线性稳压器，在此类引出脚配置中，如果相邻的引脚短接在一起或某个引脚被浮置，则输出维持在或低于调节电压。

## 控制多个输入电源

含有一个主电源和一个冗余备份电源同时也许还有一个外部辅助电源的电源系统需要一种仲裁系统，以确定哪个电源有优先权并监视这些电源的状态。此外，还必须保护系统，防止在电源切换时发生交叉传导和反向馈送。诸如LTC4417等单芯片IC提供一种解决方案，即针对每个输入验证用户定义的电源门限，依此自动选择电源。

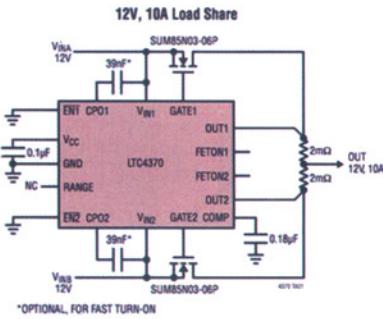


图2 LTC4370 双冗余电源均分

另一种方法是由两个同时运行的输入电源分担负载，从而通过减轻每个电源的负担提高可靠性，如果每个

电源都经过适当调整，能够支持满负载需求，那么这种方法同时还能在一个电源发生故障时提供保护。过去，可能一直采用简单但效率低的二极管“合路”电路，但这种电路要求每个电源都配备有源控制以平衡负载。图2显示，现在怎样才能用单个芯片解决方案来实现这种控制。LTC4370是一款均流控制器，具反向隔离，防止一个电源发生故障导致整个电源系统宕机。

瞬态和电路保护

军用和航空电子产品必须符合瞬态保护规范，例如，MIL-STD-1275(车辆)和MIL-STD-704/DO-16(飞机)。不过，人们希望任何高可靠性系统都针对电压浪涌、尖峰和纹波提供保护，有些产品专门提供这种保护功能，例如，LT4364。

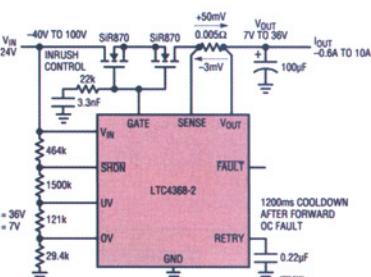


图3 提供保护功能的 LTC4368 双向串路断路器

此外，还有多种电路保护功能可用，包括LTC4368这类产品。LTC4368是一款100V双向电路断路器，针对电源电压过高、过低甚至为负，以及针对正向和反向过流故障提供保护。

在这些例子中我们可以观察到，

具日益复杂的保护和安全功能的新产品怎样简化了应用电路设计，并减小了解决方案尺寸。

数字电源系统管理

模拟电源调节有自己的优势，通过基于I<sup>2</sup>C的PMBus接口进行数字控制以支持电源系统远程管理也有自己的优势，新型产品正在结合这两种优势。遥测和诊断数据可用来监视负载情况、读取芯片温度并以非常高的准确度进行微调和裕度控制，从而最大限度提高系统稳定性、效率和可靠性。

数字电源管理的一个引人关切问题是软件的复杂性，然而，LTC3815执行一种简化的PMBus“Lite”命令集，没有片内非易失性存储器或微控制器，它在简化设计的同时提供了数字控制和监视的好处。

正如之前提到的那样，良好的热量控制对于可靠性是非常重要的，LTC3815提供两级过热限和两级响应。当内部芯片温度超过 150°C 时，过热状态被标记到PMBus上，ALERT 引脚拉低以向PMBus主器件发出警报。如果温度继续上升并超过170°C，那么LTC3815就关断所有电路，包括输出调节电路，直到过热状态清除为止。

这类能够报告其状态的系统为改变维护方式提供了机会，即从基于时间的维护安排转变到基于状态的维护，并有可能在系统故障形成之前，

(下转第24页)

凸显性能下降问题。

## 隔离式系统

高可靠性电源系统通常包括一个隔离势垒，以保护电源总线免遭下游线路可更换单元故障的损坏。另外，不断增加的传感器和执行器数目也在推动着对于较小、局部隔离式电源和数据接口的需求，旨在减少源自接地环路和共模干扰的噪声感应问题。现在已经有了完整的电流隔离型BGA模块解决方案，以简化设计和提高可靠性。LTM9100隔离型开关控制器是一款一体化解决方案，用于控制、保护和监视高达1000V DC的高电压电源。

一个5k V RMS电气隔离势垒隔离了数字接口和开关控制器，从而可驱动一个外部N沟道MOSFET或IGBT开关。通过I<sup>2</sup>C/SMBus接口可对负载电流、总线电压及温度进行隔离式数字测量，从而实现高电压总线的功率和能耗监视。

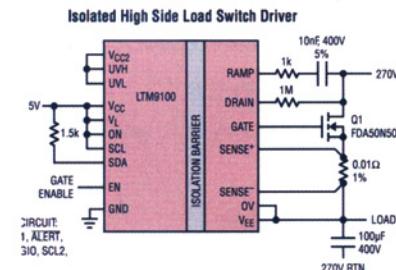


图4 具遥测功能的 LTM9100 隔离式开关控制器

## 组件选择

本文大部分内容都专门用来探讨简化高可靠性电源设计的新功能，或者针对故障或粗暴使用情况保护器件的产品功能。然而，至关重要的是，不要忽视组件质量的重要性以针对预期环境条件选择正确组件级别的重要性。例如ADI的军用塑料封装等级器件提供了经过100%测试和有保证的性能（在-55~+125°C温度范围内），从而免除了对预期存在非常严酷条件的应用电路中的组件进行昂贵二次筛选或特性分析之需。

## 结论

凭借用户可编程特性、更加精细复杂的片内保护机理和缩减了整体解决方案占板面积的更高集成度，已使高可靠性电源的设计得以简化。数字电源系统管理提供了方法以远程监视和控制电源系统，以及进一步改善效率和可靠性。最后，选择一家信誉良好供应商的正确组件等级将降低发生质量和可靠性问题的可能性。