



### 理想二极管和热插拔控制器实现电源冗余并隔离故障

凌力尔特公司 Chew Lye Huat

**摘要:** 为降低冗余电源系统的功耗, LTC4225、LTC4227 和 LTC4228 采用外部 N 沟道 MOSFET 作为传递组件, 为两个电源轨实现了理想二极管和热插拔功能。从而在这些 MOSFET 接通时, 最大限度地减小了从电源到负载的压降。同时提供了快速反向断开、平滑电源切换、有源电流限制以及状态和故障报告功能。

**关键词:** MOSFET; 热插拔; 电源轨; 欠压

用肖特基二极管实现多电源系统有多种方式。例如,  $\mu$ TCA 网络及存储服务器等高可用性电子系统都在其冗余电源系统中采用了肖特基二极管“或”电路。二极管“或”电路还用于采用备用电源的系统, 例如 AC 交流适配器和备份电池馈送。但肖特基二极管由于正向压降而消耗功率, 所产生的热量必须通过 PCB 上的铜箔区散出, 或者通过由螺栓固定到二极管上的散热器散出, 这两种散热方式都需要占用很大的空间。

凌力尔特公司的 LTC4225、LTC4227 和 LTC4228 产品系列用外部 N 沟道 MOSFET 作为传递组件, 最大限度地降低了功耗, 从而在这些 MOSFET 接通时, 最大限度地减小了从电源到负载的压降。当输入电源电压降至低于输出共模电源电压时, 关断适当的 MOSFET, 从而使功能和性能上与理想二极管匹配。

通过增加一个电流检测电阻器, 并配置两个具备单独栅极控制的背对背 MOSFET, LTC4225 凭借浪涌电流限制和过流保护提高了理想二极管的性能。这就允许电路板安全地插入或从带电背板拔出, 而不会损坏连接器。LTC4227 可以这样使用: 在并联连接的理想二极管 MOSFET 之后, 增加电流检测电阻器和热插拔(Hot Swap) MOSFET, 以节省一个 MOSFET。通过在理想二极管和热插拔 MOSFET 之间配置检测电阻器, LTC4228 比 LTC4225 有了改进, LTC4228 能更快地从输入电压欠压中恢复, 以保持输出电压不变。

LTC4225-1、LTC4227-1 和 LTC4228-1 具备锁断电路断路器, 而 LTC4225-2、LTC4227-2 和 LTC4228-2 提

供故障后自动重试功能。LTC4225、LTC4227 和 LTC4228 的两种版本均分别采用 24 引脚、20 引脚和 28 引脚 4 mm $\times$ 5 mm QFN 以及 SSOP 封装。

#### 理想二极管控制

LTC4225 和 LTC4228 用一个内部栅极驱动放大器监视 IN 和 OUT 引脚 (就 LTC4227 而言是 IN 和 SENSE+ 引脚) 之间的电压, 起到了理想二极管的作用, 该放大器驱动 DGATE 引脚。当这个放大器检测到大的正向压降时, 就快速拉高 DGATE 引脚, 以接通 MOSFET, 实现理想二极管控制。

CPO 和 IN 引脚之间连接的外部电容器提供理想二极管 MOSFET 快速接通所需的电荷。在器件加电时, 内部充电泵给这个电容器充电。DGATE 引脚提供来自 CPO 引脚的电流, 并将电流吸收到 IN 和 GND 引脚中。栅极驱动放大器控制 DGATE 引脚, 以跟随检测电阻器和两个外部 N 沟道 MOSFET 上的正向压降, 直至 25 mV。

如果负载电流引起超过 25 mV 的压降, 则栅极电压上升, 以加强用于实现理想二极管控制的 MOSFET。在 MOSFET 导通时, 如果输入电源短路, 则会有很大的反向电流开始从负载流向输入。故障一旦出现, 栅极驱动放大器就会检测到故障情况, 并拉低 DGATE 引脚, 以断开理想二极管 MOSFET。

#### 热插拔控制

拉高 ON 引脚并拉低/EN 引脚, 就启动了一个 100 ms 的防反跳定时周期。在这个定时周期结束之后, 来自充电泵的 10  $\mu$ A 电流使 HGATE 引脚斜坡上升。当热插拔 MOSFET 接通时, 浪涌电流被限制到由外部检测电阻器设定的值上, 就 LTC4225 而言, 该电阻器连接在 IN 和 SENSE 引脚之间 (就 LTC4227 和 LTC4228 而言, 是 SENSE+ 和 SENSE- 引脚)。有源电流限制放大器伺服 MOSFET 的栅极, 这样电流检测放大器上就会出现 65 mV 的电压。如果检测电压高于 50 mV 的时间超过了在 TMR 引脚端配置的故障过滤器延迟时间, 则电路断路器就会断开, 并拉低 HGATE 引脚。如果需要, 可以在 HGATE 引脚和 GND 引脚之间增加一个电容器, 以进一步降低浪涌电流。当 MOSFET 栅极的过驱动 (HGATE 至 OUT 的电压) 超过 4.2 V 时, 拉低/PWRGD 引脚。



### 理想二极管和热插拔控制相结合

如图 1 所示，在一个采用冗余电源的典型  $\mu$ TCA 应用中，在背板上对输出进行二极管“或”，这样，不用断开系统电源就可以取出或插入板卡。LTC4225 和 LTC4228 都包括理想二极管和热插拔控制器，非常适用于这类应用。这些器件在两个电源之间提供平滑的电源切换，还提供过流保护。

主电源掉电时控制器快速响应，以断开主电源通路中的理想二极管 MOSFET，并接通冗余电源通路中的 MOSFET，从而向输出负载提供平滑的电源切换。热插拔 MOSFET 保持接通，这样这些 MOSFET 就不会影响电源切换。当各自的 ON 引脚被拉低，或/EN 引脚被拉高时，控制器断开热插拔 MOSFET。当在输出端检测到过流故障时，热插拔 MOSFET 的栅极被快速拉低，之后输出就稳定在电流限制值上，直至由 TMR 引脚电容器设定的故障过滤器延迟超时为止。热插拔 MOSFET 断开，/FAULT 引脚锁定在低电平，以指示出现了故障。通过将 ON 引脚拉至低于 0.6 V，可以使电子电路断路器复位。

### 电源优先级

在传统的二极管“或”多电源系统中，由电压较高的输入电源给输出供电，同时挡住电压较低的电源。这种简单的解决方案满足了应用的需求，在这应用中，不是电压较高的电源就有优先权。图 2 显示了一个备份电源系统，在这个系统中，无论何时，只要 5 V 主电源 (INPUT1) 可用，就由该电源给输出供电，而 12 V 备份电源 (INPUT2) 仅当主电源无法提供时才会使用。

当 INPUT1 高于由 ON1 引脚端的 R1-R2 分压器设

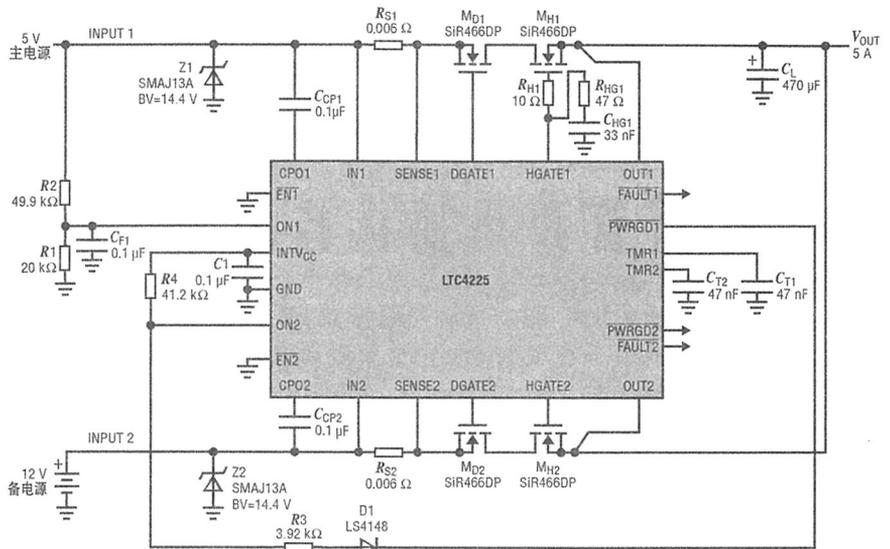


图 2 用 LTC4225 实现以 IN1 作为优先输入的双通道电源优先级区分器

定的 4.3 V UV 门限时， $M_{H1}$  接通，从而将 INPUT1 连接到输出。当  $M_{H1}$  接通时，/PWRGD1 变低，这又将 ON2 拉低，并通过断开  $M_{H2}$  来停用 IN2 通路。如果主电源无法提供，且 INPUT1 降至低于 4.3 V，则 ON1 断开  $M_{H1}$ ，且/PWRGD1 变高，从而允许 ON2 接通  $M_{H2}$ ，并将 INPUT2 连接到输出。在任何情况下，理想二极管 MOSFET 的  $M_{D1}$  和  $M_{D2}$  都要防止一个输入到另一个输入的反向馈送。

### 交换电源端和负载端的二极管和热插拔 FET

LTC4225 允许采用背对背 MOSFET 方式，将在电源端的 MOSFET 配置为理想二极管，在负载端的 MOSFET 配置为热插拔控制器，反之亦然。在 MOSFET 的 GATE 和 SOURCE 引脚之间也许需要一个外部齐纳二极管来箝位，用以在 MOSFET 的栅源电压额定值低于 20 V 时防止 MOSFET 击穿。无论如何，LTC4225 凭借理想二极管在 IN 和 OUT 引脚之间的“或”连接，都能平滑地在电源之间切换。

### 双理想二极管和单热插拔控制器

图 3 显示了 LTC4227 的应用，其中检测电阻器放置在并联连接的双电源理想二极管 MOSFET 之后，检测电阻器之后是单个热插拔 MOSFET。在故障超时之前，LTC4227 以 1x 电流限制调节过载输出，而不像 LTC4225 二极管“或”应用那样是以 2x 电流限制。因此，过载情况下的功耗降低了。

LTC4227 还具有 /D2ON 引脚，这使得确定 IN1 电源的优先级变得非常容易。例如，用一个简单的电阻分压器将 IN1 连接到 /D2ON 引脚，这样 IN1 电源一直都是优先的，直至 IN1 降至低于

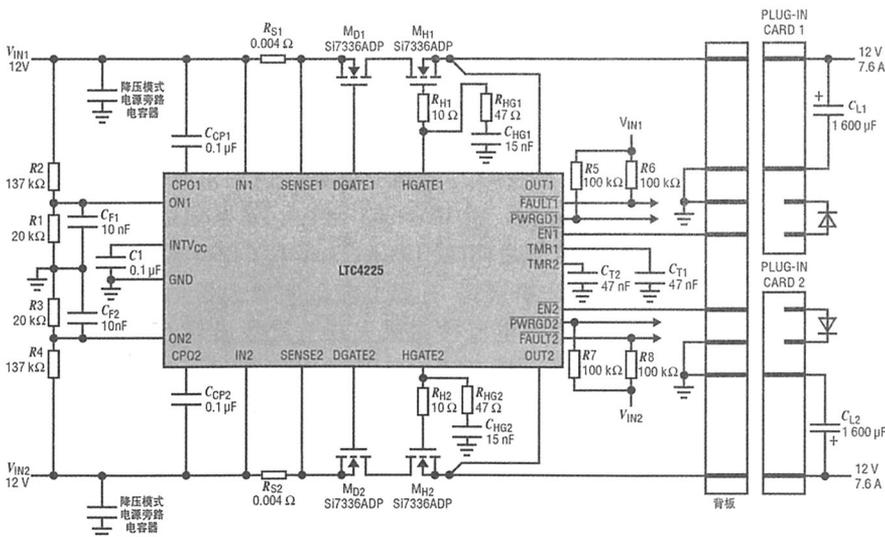


图 1 在  $\mu$ TCA 应用中，LTC4225 为两个  $\mu$ TCA 插槽提供 12 V 电源



2.8 V 为止。这时,  $M_{D2}$  接通, 二极管“或”输出从 IN1 端的主 3.3 V 电源切换到 IN2 端的辅助 3.3 V 电源。

## 输入发生故障时 更快地恢复输出

在图 1 所示的 LTC4225  $\mu$ TCA 应用中, 如果一个输入电源出现故障, 短暂接地, 而另一个电源不可用, 那么 HGATE 就被拉低, 以随着 IN 电源降至低于欠压闭锁门限, 而断开热插拔 MOSFET。当输入电源恢复时, 允许 HGATE 启动以接通 MOSFET。因为给 HGATE 和已耗尽的输出电容充电需要花一点时间, 所以在此期间也许会出现输出电压欠压的情况。

在这种情况下, LTC4228 能更快地恢复以保持输出电压不变, 所以比 LTC4225 有优势。如图 4 所示, 检测电阻器放置在理想二极管和热插拔 MOSFET 之间, 从而允许在输入电源出现故障时, 靠输出负载电容暂时保持 SENSE+ 引脚电压不变。这可防止

SENSE+ 电压进入欠压闭锁状态, 并防止断开热插拔 MOSFET。输入电源在恢复的同时, 给已耗尽的负载电容充电, 并即时给下游负载供电, 因为热插拔 MOSFET 仍然处于接通状态。

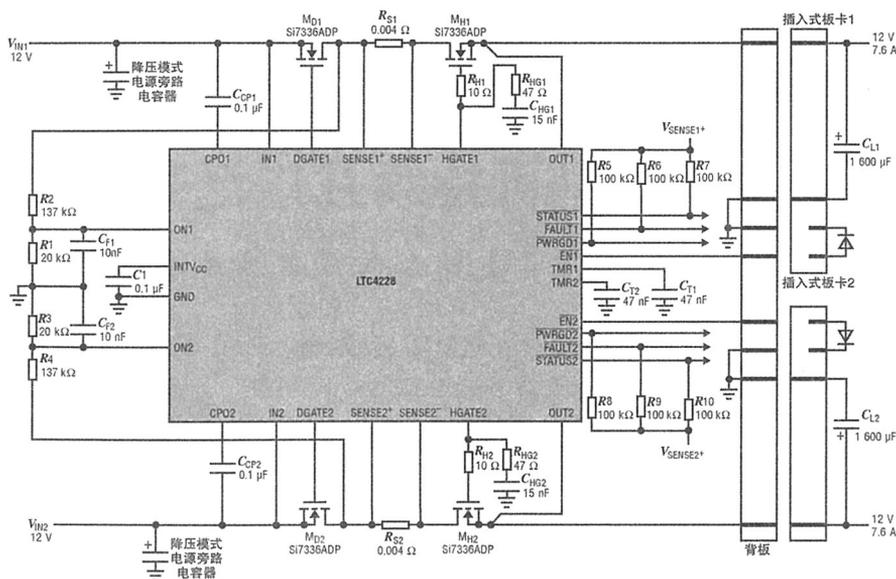


图 4 用 LTC4228 实现为两个  $\mu$ TCA 插槽提供 12 V 电源的  $\mu$ TCA 应用

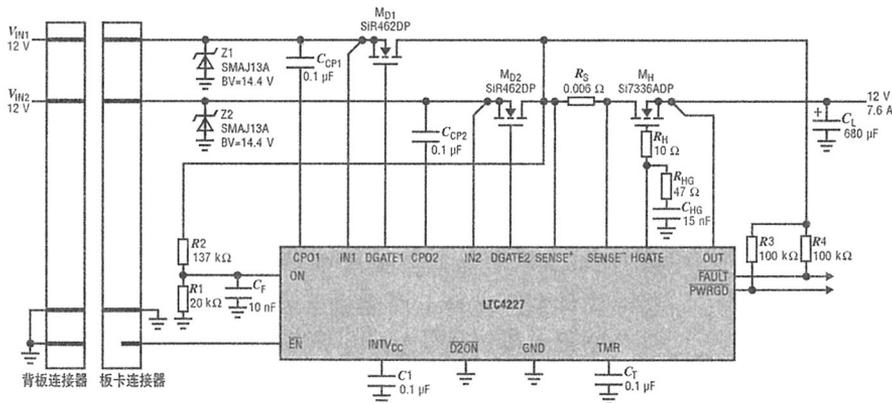


图 3 用 LTC4227 实现具备热插拔控制和存在板卡的二极管“或”应用

LTC4225、LTC4227 和 LTC4228 通过控制外部 N 沟道 MOSFET, 为两个电源轨实现了理想二极管和热插拔功能。这些器件提供快速反向断开、平滑电源切换、有源电流限制以及状态和故障报告功能。这些器件具有严格的 5% 电路断路器门限准确度和快速响应电流限制, 可保护电源免受过流故障影响。LTC4228 能从输入电压欠压状态快速恢复, 因此在面临此类事件时, 可保持输出电压不变。