

MOSFET 安全工作区对实现稳固热插拔应用的意义所在

凌力尔特公司 Pinkesh Sachdev

即使是在插入和拔出电路板和卡进行维修或者调整容量时，任务关键的服务器和通信设备也必须能够不间断工作。热插拔控制器IC通过软启动电源，支持从正在工作的系统中插入或移除电路板，从而避免了出现连接火花、背板供电干扰和电路板卡复位等问题。控制器IC驱动与插入电路板之电源相串联的功率 MOSFET 开关(见图1)。电路板插入后，MOSFET 开关缓慢接通，这样，流入的浪涌电流对负载电容充电时能够保持在安全水平。

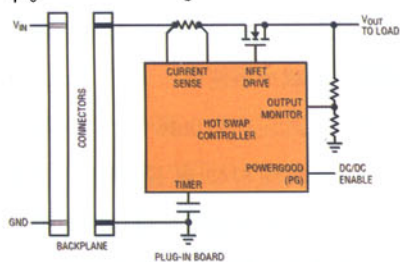


图1 可插入电路板的热插拔控制器

当热插拔电路出现故障时，薄弱环节一般在MOSFET开关上，因而可能会损害或破坏热插拔控制器。MOSFET出现故障常见的原因是在选件时没有重视其安全工作区(SOA)。相反，选择 MOSFET 时主要考虑了电阻($R_{DS(on)}$)上漏-源极以及最大漏

极电流($I_{D(max)}$)。或者，新设计基于负载电容较小的老款设计，同样，MOSFET能够很好的工作。大部分功率 MOSFET 针对低 $R_{DS(on)}$ 和快速开关进行了优化，很多电源系统设计师习惯面向这些特性来选择MOSFET，而MOSFET在显著时间于高损耗开关状态下过渡，却在电路忽略了SOA。在MOSFET制造商参数选择表中没有SOA，它并不能帮助。即使是注意到SOA，由于SOA数据通常是基于计算而不是测试数据，因此，应用的降额或余量并不明显。

MOSFET安全工作区

SOA是对MOSFET在脉冲和DC负载时功率处理能力的衡量。在

MOSFET产品手册的图表中进行了阐述，如图2的实例所示。其x轴是MOSFET漏-源极电压(V_{DS})，而y轴是漏极电流(I_D)；两个轴都使用了对数坐标。在这张图中，直线(每一条代表不同的 t_P)表示恒定MOSFET功率。每条线代表了MOSFET在某一脉冲宽度 t_P 时允许的功耗， t_P 的范围在微秒至无穷大(DC)。例如，图中显示了对于10ms脉冲，MOSFET漏-源极上有5V电压，流过的电流为50A，计算得到功耗是250W。同样脉冲宽度下较低的功耗保证了安全MOSFET工作，图中标注为10ms线下面的区域，这就是“安全工作区”。图的两端是由接通电阻、漏-源极击穿电压和最大脉冲漏极电流决定的。

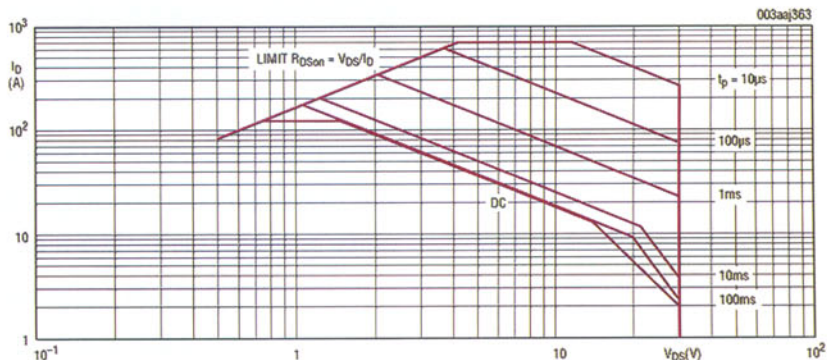


图2 PSMN3R4-30BLE N沟道MOSFET的安全工作区

为什么SOA对于热插拔应用非常重要

电路中采用的大部分功率MOSFET都能够快速接通和关断，以纳秒的时间处于高损耗转换状态。在这类应用中，SOA并不是主要问题。相反，SOA对于热插拔电路是非常重要的，提供了输入浪涌电流控制(软启动)、限流和电路断路器功能。要理解这一点，请看热插入电路板的启动波形(见图3a)。当电路板插入到12V背板电源时，热插拔控制器等待连接器接触反弹完成，随后软启动MOSFET栅极。然后，输出电压跟随并在40ms内达到12V。在这一软启动期间，会有200mA的电容充电电流流过MOSFET，而其漏-源极电压从12V(=12V_{IN}、0V_{OUT})几乎降至0V(=12V_{IN}、12V_{OUT})。在负载上出现短路时(图3b)，控制器将

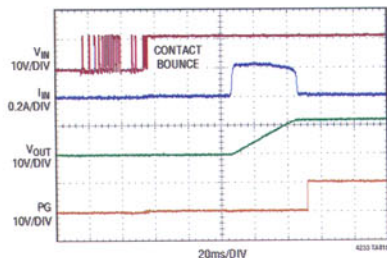


图3a 电路板热插入到12V背板电源时的软启动

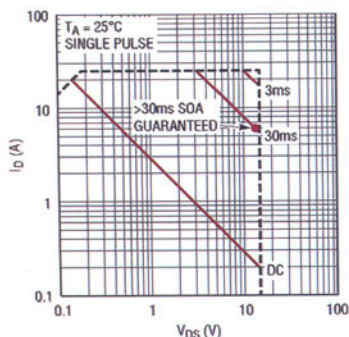


图3b 输出短路期间的限流

MOSFET上的电流限制在6A，电压为12V(=12V_{IN}、0V_{OUT})。这一72W功耗状态持续1.2ms，直至电路断路器定时器计时结束。在启动浪涌和限流等状态中，需要热插拔MOSFET处理持续数百微秒至数十毫秒的显著功耗，应注意其SOA性能。

集成MOSFET热插拔控制器以及有保证的SOA

这一系列中的最新型号LTC4233和LTC4234(见图4)是集成了MOSFET和电流检测功能的10A和20A热插拔控制器，供电范围在2.9V至15V，覆盖了标准3.3V、5V和12V电源。通过集成两个最关键和最大的热插拔组件(功率MOSFET和检测电阻)，这些控制器有助缩短设计时间和减小电路板面积，为最终产品增加了更有价值的特

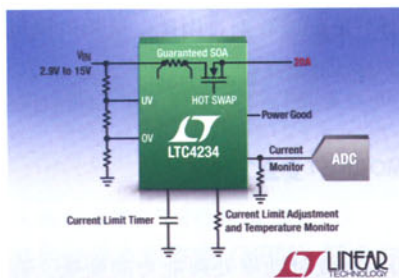


图4 LTC4234: 20A有保证的SOA热插拔控制器

性。

LTC4233和LTC4234控制器特有的特性是产品手册中保证了其内部MOSFET SOA，而这在独立MOSFET中是找不到的。每器件的SOA在SOA图中的单点上经过了产品生产测试。图5显示了LTC4234的

SOA图。从输入至输出上应用13.5V电压，输出源出6A并持续30ms，以对其SOA进行了测试。得出的功耗是81W。这在SOA图中以红点表示。采用了同样的电压对LTC4233进行了测试，只是电流和功率减半(即3A和40.5W并持续30ms)。

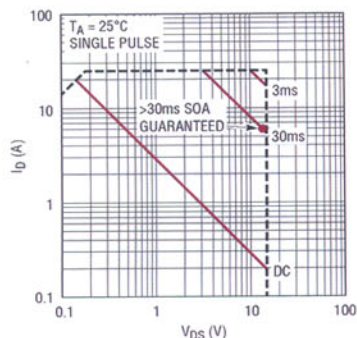


图5 LTC4234热插拔控制器有保证的安全工作区图

LTC4233和LTC4234还输出地参考信号，该信号与通过内部检测电阻器上的负载电流成正比。可以采用外部模数转换器(见图4)来测量这一输出，向系统管理人员提供电路板电流和功耗数据。通过一个外部电阻器从其默认值减小限流值，这样可以迅速调整以适应动态负载变化和各種应用。可选欠压和过压门限保护了下游负载不受超出有效窗口电压的影响，从而防止了出现电路故障和损害。即使在不需要热插入的地方，控制器也可以用于实现浪涌电流控制、限流和电路断路器功能。这些控制器的典型应用包括在任务关键的服务器、网络路由器和交换机、企业固态硬盘存储和工业系统中空间受限的高密度电路板和卡等。