

在电池供电的系统中开关和保护电子产品

凌力尔特公司(现隶属 Analog Devices 公司) Pinkesh Sachdev

电池供电的电子产品给电源系统工程师造成了多种挑战。从理论层面上看,电池相关电路(在DC/DC转换之前)可以分成4种功能:电源选择、充电(就充电电池而言)、监视和保护。在电池供电的系统中一般提供多种电源,例如交流适配器、USB端口和内部电池,电源选择功能确定这些电源的优先顺序,而充电电路需要针对特定电池化学组成进行定制。监视电路报告电池电压、电量和温度状态,监视电路与电池保护电路一起使用,还可确保更高的可靠性。在本文中,我们将探讨一种新的微功率电池保护器件的功能和优势,该器件非常适合从汽车、医疗到消费类应用的各种电池应用。

用电池电源进行设计时需要考虑的问题

不仅是着火和爆炸,即使简单的电池相关问题也能损害一款产品的声誉。因此,必须注意电池相关安全功能的设计。电池有其充电和放电电流额定值,超过这些额定值电池会发

热,这不但会缩短电池寿命,在最坏情况下还会使电池爆炸。可以用保险丝实现过流保护,但是保险丝太笨重,反应慢,其跳变门限有很大的容限(见图1)。为了防止不可修复的损坏,充电电池进入深度放电之前需要断接。就一节3.7V锂离子电池而言,这个电压值约为2.5V。需要一个欠压闭锁(UVLO)电路以断开电池与负载的连接,可以用一个比较器、基准电压和一个固态开关来实现这种电路。P沟道MOSFET高压侧开关不需要充电泵来接通,从而减少了电池电流泄漏,但是P沟道MOSFET选择有限,在相同接通电阻情况下,价格比N沟道MOSFET高。反过来,如果接地线可被浮置,则可以采用一个更高效的N沟道MOSFET低压侧开关。欠压门限必需具有充足的迟滞,否则,由于

电池电压在负载关断之后恢复,因此UVLO电路将发生“断-通-断”振荡。

电池保护之后,我们需要考虑负载保护。瞬态电压抑制器在振铃、尖峰、浪涌等短暂情况下实现过压保护,但是在持续或DC过压(OV)时就会烧毁。因此,需要另一个比较器针对输入过压保护负载。如果电池错误地以相反极性插入,那么负载如果不能承受负电压,就有可能损坏。可以用一个串联二极管来隔离负电压。但是,这个二极管消耗功率,在正向运行时产生很大的压降。

正如我们看到的那样,需要大量分立式组件和电路以为电池供电的系统实现全面保护。同时,这些电路的静态电流消耗需要保持很低,以便电池的运行时间和备用时间不会缩短。例如,汽车电子模块的备用电流预算低于 $100\mu\text{A}$,以在汽车停泊几周时防止电池放电。就消耗大电流的电路而言,可以使用继电器断开电路和电池。继电器还可用来接通和断开负载,但是继电器太笨重,无法减小外

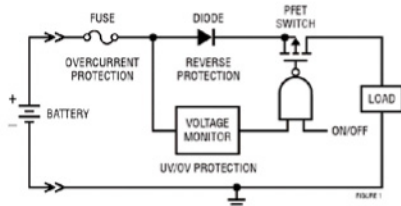


图1 一种可能的分立式电池和负载保护电路

形尺寸。因此,需要一种更加高效、更加简单的保护方法。

用于电池电源控制和保护的超低静态电流解决方案

LTC4231是一款超低静态电流(IQ)热插拔控制器,允许在2.7~36V系统(见图2)中插入和抽取电路板或电池。2.7~36V运行范围适合多种电池化学组成,包括铅酸、锂离子和叠置式镍氢金属、镍镉或碱性电池。



图2 LTC4231热插拔控制器和电子电路断路器仅消耗4 μ A静态电流,非常适合电池供电的系统

LTC4231控制外部低损耗N沟道MOSFET,以缓慢地给电路板电容器充电,从而避免瞬态放电、连接器损坏和系统干扰。软启动和浪涌电流值很容易用连至MOSFET栅极的电阻器-电容器调节。在正常运行时(通路MOSFET完全接通),通过一个定时的断路器和快速电流限制提供双重过流保护。当发生轻微过载时,一个故障定时器被激活;当该定时器期满时,MOSFET开路以与负载断接。在重度过载或输出短路的情况下,故障定时器被激活,而且负载电流被限制在比电路断路器门限高60%的水平。根据选项的不同,LTC4231在电流故障之

后保持关断状态或在经历一个500ms冷却周期之后自动地接通。

欠压保护断开低压电池以防止深度放电,同时负载去除后,可调迟滞避免电池恢复导致的震荡。输入过压时断接负载,从而防止损坏。LTC4231不会损坏,并通过控制背对背N沟道MOSFET(见图3),针对高达40V的反向电池保护下游电路。如果不需要反向输入保护,那么单个MOSFET就够了。

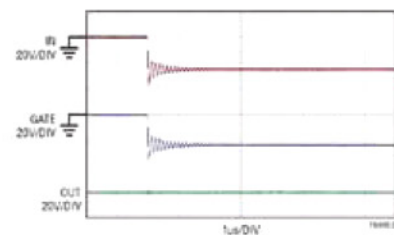


图3 当插入反向电池时,需要背对背MOSFET(如图2所示)来实现反向输入保护

即使提供所有这些功能,器件的静态电流在正常运行时也仅为4 μ A,将LTC4231置于停机模式时,可将其IQ降至0.3 μ A,并关断外部N沟道功率MOSFET以断接下游电路,从而延长电池备用时间。为了确保低电流运行,欠压和过压阻性分压器被连接至一个选通接地,从而将其平均吸收电流降低50倍。

降低静态电流的方法

LTC4231运用了两种创新方法以降低其在正常操作期间的电流消耗,同时提供与其他大消耗电流控制器毫无差别的保护功能。为了接通外部N沟道MOSFET和降低其导通电阻,

LTC4231采用了一个内部充电泵,以产生一个至少比输入电压高10V的栅极电压。在其他控制器中,充电泵即使在栅极被驱动至导通之后也是持续地工作,虽然基本上处于闲置状态,但对于静态电流消耗“贡献”显著。与此不同,LTC4231则是在MOSFET栅极达到其峰值电压之后关断充电泵。如果栅极电压由于漏电的原因下降,则充电泵接通以提供一个电荷脉冲,从而刷新栅极电压。在图4中以0.1 μ A和1 μ A的栅极漏电流为例对此进行了说明。该方法把充电泵电流消耗减小了50~100倍,这是因为充电泵接通时的电流消耗为200 μ A,但在睡眠模式中则降至2 μ A。

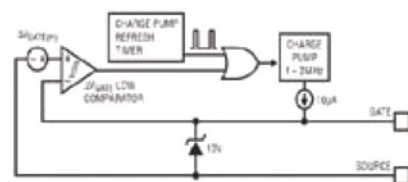


图4a 为了降低静态电流,LTC4231周期性地启动充电泵,以按需刷新MOSFET栅极电压

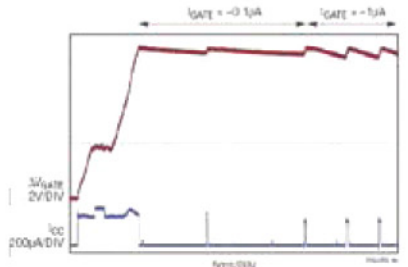


图4b 针对两个不同的栅极泄漏例子(ΔV_{GATE} 是栅极至源极电压,ICC是LTC4231的电流消耗)显示MOSFET栅极电压刷新率

降低LTC4231静态电流的第二种方法是,每隔10ms对输入电压采样一次,以确定输入电压是否已经低于

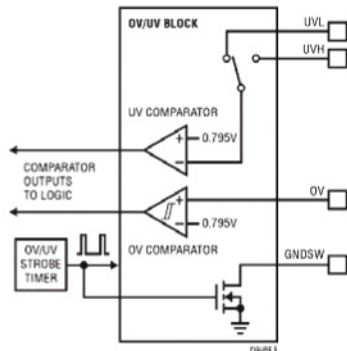


图5 每隔10ms在200 μs窗口(2% 占空比)内监视输入电压

欠压门限或高于过压门限。该器件还为外部输入电压的电阻分压器提供一个选通接地连接(GNDSW)(见图5)。偶尔采样使电阻分压器的电流消耗降低50倍,这是采样周期(10ms)除以采样窗口(200 μs)得出的。监视UVL、UVH和OV引脚的比较器在采样窗口中接通,从而使平均电流消耗也降低50倍。10ms采样周期对电池而言能够很好地发挥作用,因为随时间流逝其

电压变换很缓慢。不过,如果在启动时发生欠压或过压情况。

结论

LT C4231为特别是重视节能之应用中的热插拔和电池保护提供了一款简单、紧凑和坚固的微功率解决方案,从而可避免系统遭受电池深度放电、输出过载或短路、过压和电池反接的损坏。