

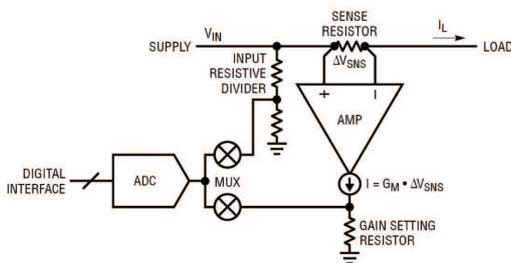
汽车电源的监视和开关

凌力尔特公司混合信号产品部市场工程师 || Pinkesh Sachdev

在如今的汽车中，为了提高舒适度和行车体验而设计了座椅加热、空调、导航、信息娱乐、行车安全等系统，从这些系统很容易理解在车中为各种功能供电的电子系统的好处。现在我们很难想像仅仅100多年以前的景象，那时，在汽油动力汽车中，一个电子组件都没有。在世纪交替时期的汽车开始有了手摇曲柄，前灯开始用乙炔气照明，也可以用铃声向行人发出提示信息了。如今的汽车正处于彻底变成电子系统的交界点，最大限度减少了机械系统的采用，正在成为人们生活中最大、最昂贵的“数字化工具”。由于可用性和环保原因，以及提高内燃型、混合动力型和全电动型汽车行车安全的需求，市场逐步减少了对汽油的依赖，这正是“数字化”转变的驱动力。

随着越来越多的机械系统被电子系统取代，功耗以及怎样监视功耗变得越来越重要了。准确监视电动型汽车的功耗最终会让司机心里更踏实。任何人只要驾驶了全电动型汽车，都有可能担心行车距离问题，因为到

图1 测量电源轨上的输入电压和负载电流 (检测电压)



达目的地之前，汽车电池电量可能耗尽的问题无时不在。混合动力型汽车车主有依靠汽油动力引擎行驶回家的优势，而电动型汽车只能在充电站充电，眼下充电站稀少，而且需要几个小时，电池才能充好电。因此连续、准确地监视每个电子子系统的功耗是很重要的。基于监视所得的信息，还可以建议正在路上行驶的司机，节省电池电量以延长行驶距离。断开空闲模块与电源总线的连接可以进一步节省功耗。监视子系统的电流和功率，还可以揭示有关车辆长期性能的任何异常趋势，预测故障以防故障发生，标出需要发送给汽车修理店的服务请求。诊断系统也可以从功率和能量监视中受益，通过故障记录和无线数据访问，可以快速调试，并减少修理费用和宕机时间。

监视和控制功耗的几种方法

要监视电子系统的功耗，就需要连续测量电流和电压。电压可以直接用模数转换器 (ADC) 测量。如果 ADC 输入范围小于所监视的电压，那么也许需要一个电阻分压器 (图1)。为了测量电流，需要在电源通路中放置一个检测电阻器，再测量其压降。如图1所示，跨导放大器将高压侧检测电压转换成电流输出，该电流流经增益设定电阻器，以产生一个以地为基准并与负载电流成比例以及适合馈送给 ADC 的电压。为了最大限度降低功耗，全标度检测电压限制为几十毫伏。因此，放大器输入失调需要低于 $100\mu\text{V}$ 。为了计算

图2 用N沟道MOSFET实现电源轨的接通/断开

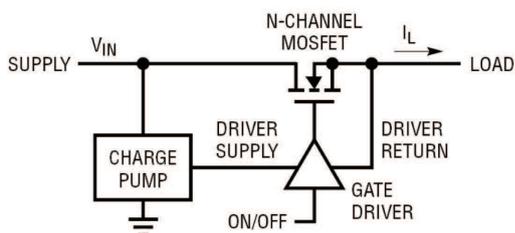
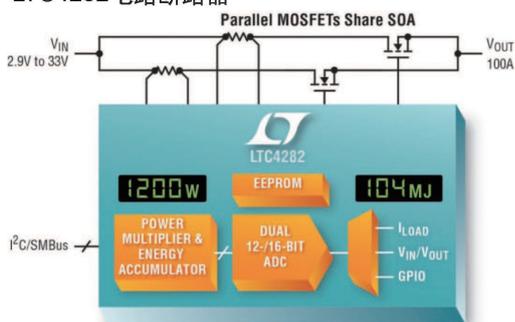


图3 具功率/能量遥测功能和EEPROM的LTC4282电路断路器



功率，必须使用通过ADC数字接口访问ADC数据的微控制器或处理器，以实现电压读数和电流读数相乘。要监视能耗，需要在一定时间内累计(相加)功率读数。

为了开关电源，一般在汽车电路中会使用机电继电器。为了节省空间，会用N沟道和P沟道MOSFET等固态开关取代继电器，从而产生所有组件都在同一块电路板上、可以统一采用再流焊工艺组装的PCB设计。P沟道MOSFET通过拉低其栅极电平而接通，通过将栅极连接至输入电压而断开。与N沟道MOSFET相比，P沟道MOSFET在导通电阻相同时成本更高，而且其选择范围很窄，限于较大电流值(高于10A)情况。N沟道MOSFET是应对大电流的最佳选择，但是需要充电泵，以提高栅极电压，使其高于输入电压。例如，12V输入需要22V栅极电压，即MOSFET栅极要高出输入10V。图2显示了一个电源开关电路的实现。

常见的电源总线也需要针对短路和过载故障提供保护，这类故障可能在任何板卡或模块中出现。为了实现电路断路器功能，可以比较图1中放大器的输出和一个过流门限，以断开图2中的栅极驱动器。这种方案取代了保险丝，因为保险丝反应速度慢、容限太宽且熔断后需

要更换。为了节省电路板空间，人们希望在开关、保护和监视汽车电源总线中的功率流动时，采用集成式解决方案。

集成式电源控制与遥测解决方案

LTC4282是一款可热插拔的控制器和电路断路器，提供能量遥测功能和EEPROM(图3)，凭借创新性双电流通路特色，满足了大电流应用的需求。该控制器通过控制外部N沟道MOSFET，可平滑地给大容量电容器充电，从而避免出现输入电源干扰以及电流达到破坏性水平，因此可确保电源在2.9V至33V范围内安全接通和断开。LTC4282位于通往电路板电源的入口，其准确度为0.7%的12位或16位ADC通过一个I2C/SMBus数字接口报告电路板电压、电流、功率和能耗。内部EEPROM为寄存器设置和故障记录数据提供非易失性存储，从而可在开发过程中及现场运行时，加速调试和故障分析。

LTC4282具准确度为2%的电流限制电路断路器，最大限度减少了过流设计，这在大功率时更加重要。在出现过流情况时，LTC4282折返电流限制，以在可调超时时间内保持恒定MOSFET功耗。定时器到了定时时间后，电路断路器断开故障模块和公用电源总线的连接。空闲模块也可以断开与电源总线的连接以节省功率。能够以数字方式配置的电路断路器门限允许随负载变化进行动态调节，方便了小电阻值检测电阻器的选择。所监视电气参数的最小值和最大值都记录下来，当超过8位可调门限时，就发出警示信号。为了防止给电路板造成灾难性损坏，这些MOSFET受到连续监视，以发现异常情况，例如低栅极电压和漏-源短路或大的压差。

SOA 共享路径

虽然LTC4282控制单个电源，可是它为负载电流提供了两条平行的电流限制路径。采用传统单路控制器的大电流电路板使用多个并联

图4a: 低应力分级起动配置可为>50A 的应用提供最低的成本

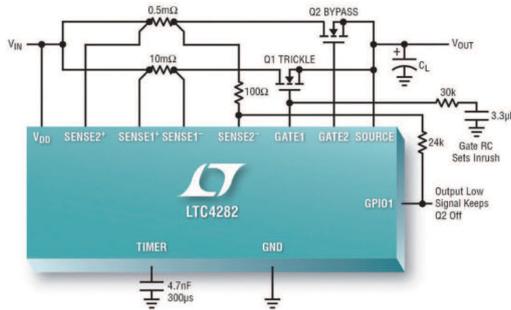
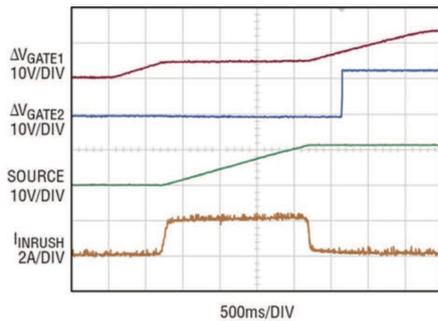


图4b: 利用低应力分级起动配置实现启动: GATE1 首先接通以对输出进行涓流充电 (具有一个 2A 的低浪涌电流水平)。GATE2 在 SOURCE (输出) 变至高于电源良好门限时接通



的 MOSFET 以降低导通电阻, 但是所有这些 MOSFET 都需要具有大的安全工作区 (SOA) 以安然承受过流故障, 这是因为不能假设并联的 MOSFET 在电流限制期间分担电流。另外, MOSFET 的选择范围在较高的电流水平上变窄, 价格走高, 而且 SOA 的水平跟不上 RDS(ON) 的下降。通过把电流分离到两条精准匹配的电流限制路径之中, LTC4282 可确保两组 MOSFET 即使在过载情况下也将均分电流。对于 100A 应用, 每条路径的设计电流限值为 50A, 因而把 SOA 要求减低了一半, 拓宽了 MOSFET 的选择范围, 并降低了其成本。这被称为一种“匹配”或“并联”配置, 因为两条路径是采用相似的 MOSFET 和检测电阻器设计的。

此外, LTC4282 的双电流路径还用于使 MOSFET SOA 要求与导通电阻脱钩。大的 SOA 对于启动浪涌、电流限制和输入电压阶跃等具有巨大应力的情况是很重要的。当 MOSFET 栅极完全接通时, 低的导通电阻可降低正常操作

期间的电压降和功率损耗。不过, 这些是存在冲突的要求, 因为 MOSFET SOA 通常随着导通电阻的改善而变差。LTC4282 允许采用一条具有一个能处理应力情况之 MOSFET 的路径, 和另一条具有低导通电阻 MOSFET 的路径。这被称为一种分级起动配置。一般来说, 在启动、电流限制和输入电压阶跃期间应力处理路径接通, 而 RDS(ON) 路径则保持关断。RDS(ON) 路径在正常操作过程中接通以旁路应力路径, 为负载电流提供一条低导通电阻路径, 从而减少电压降和功率损耗。视启动时 MOSFET 应力大小的不同, 有两种分级起动配置, 即低应力 (图 4) 和高应力。高应力分级起动配置推荐用于 50A 以下的应用电流水平, 而并联和低应力分级起动配置则推荐用于 50A 以上的应用。与单路径设计相比, 最低的 MOSFET 成本由低应力分级起动配置提供, 代价是在瞬变情况下不间断运行的能力受限, 而且不能利用负载电流完成启动。并联和高应力分级起动配置可启动一个负载并提供计时周期较长的故障定时器, 可在持续时间较长的过载条件和输入电压阶跃情况下不间断地运行。

结论

过去 20 年, 在动力转向、ABS 刹车、便利性、行车安全、娱乐等功能的驱动下, 汽车中采用的电子系统一直在快速增加。随着汽车向全面互联和完全自主行驶的方向发展, 电子系统的增加还会加速, 这增大了对珍贵的电池功率的需求。仔细的功耗监视加上关闭空闲系统有望提高电池使用效率。通过提供电路板级电气数据, LTC4282 电路断路器减轻了测量每个子系统的功率和能耗的负担, 因此减轻了整个车辆功率和能耗的测量负担。凭借其新颖和能够以多种方式配置的双电流通路, LTC4282 极大地方便了大电流千瓦级电路板的设计, 允许在同一设计中既提供很大的 SOA, 又提供很小的导通电阻。CEM