

通过计算库伦量确定电池充电状态

凌力尔特公司 Steve Knoth

不可再充电电池(或“主电池”)一度被认为是已经过时的技术,现在正在经历新一轮复兴。尽管这类电池不能重复充电,但是这些主电池[例如,锂亚硫酰氯(Li-SOCl₂)电池]仍然可以为用户提供很多好处,包括高能量密度、即时就绪、很低的自放电量、合理的寿命和环保性(相对容易处置)。在有些应用中,更换电池不切实际、成本太高,或者电池放置位置难以接近,不可再充电电池常常用于这类应用。这类应用包括军用、财产跟踪、远程监视和无线传感器网络。这类电池通常采用各种化学组成,两种最流行的电池是碱性电池和锂电池。

酸、镍、锂离子等各种化学组成。这类电池的优点包括可重用性、经济性(因为充电系统的成本可以分散在很多使用周期中)和良好的功率密度(能够快速提供能量)。不过,人们认为这类电池不够环保,而且视系统配置的不同而不同,这类电池有潜在的低能量密度(将电池电量看作储存的能量)的缺点(见图1)。

部署在遥远地点的应用有一些特点更适合使用主电池,如在长时间内需要很小的负载电流,给这类应用更换电池成本太高,也不切实际。

需要考虑的主电池运行时间问题

主电池尽管有这么多优点,但还是有一些特性不利于某些应用,尤其是承担不起任何宕机的应用,而主电池如果完全放电,就会引起宕机。在这类应用中,基于电池充电状态(SoC)查明剩余运行时间是非常重要的。有些主电池的放电曲线非常平坦,如图2所示,例如锂亚硫酰氯电池。

这种特性导致非常难以确定或预测剩余电池电量。

理想情况下,通过简单的电池电压测量,应该足以估计电池的充电状态了。但是,平坦的放电曲线意味

着,在电池几乎99%没电之前,通过测量电池电压,无法推断出很多有关充电状态的任何信息。对很多电池化学组成而言,用这种常见的电压测量方法确定SoC都很有效,但是对锂亚硫酰氯电池或其他放电曲线很平坦的电池却不奏效。

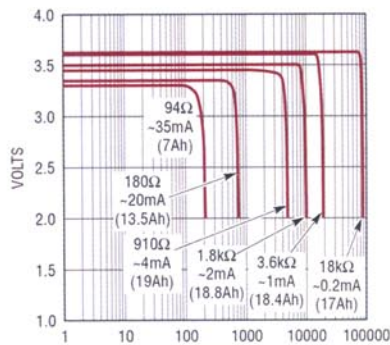


图2 Tadiran公司TL-4930型号主电池的放电曲线

另一种估计充电状态的方法是加上一个负载并测量压降,然后比较测得的数据和查阅表中的等效串联电阻(ESR)压降,查阅表随电池类型的不同而不同。使这种方法变得复杂的一个因素是,电池ESR往往强烈受到温度的影响。因此,为了采用这种方法而甚至使用准确的远程检测也需要精准的认识和测量电池温度。否则就无法区分被观察电池的ESR变化是由SoC变化导致,还是由温度变化所引起。

另一种间接“测量”SoC的方法

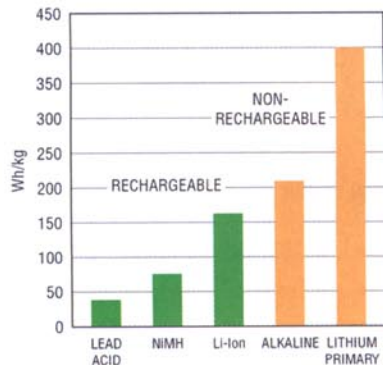


图1 可再充电电池与主电池的能量密度比较

相比之下,可再充电电池(或“辅助电池”)提供不同的好处(即使这类电池的初始成本较高),采用铅

是，完备地描述负载的各种条件，然后测量每节电池的总运行时间。例如，很多用户都按照固定的时间表更换所有电池，该时间表对应40%的SoC或某一预定值。但是，这种方法没有最大限度利用电池运行时间。此外，如果发生了电路板故障或其他某种情况，而导致负载比预期高2~3倍时，那么这种“开环”方法就不管用了，因为电池运行时间会迅速缩短。

相比之下，另一种更加准确的方法是“库伦计数”，这种方法测量流出电池的库伦量。过去，采用库伦计数方法的成本一直很高，所以这种方法很少使用。不过，这种方法非常有效，是唯一能够准确测量从电池流出库伦量的方法。如果电池的初始电量已知，或规定了电池的初始电量，那么剩余电量就可以准确地基于库伦计数确定。

主电池面临的其他挑战

主电池不能接受过大的浪涌电流，但是具备可编程峰值输入电流的DC/DC稳压器可以减轻这种限制。此外，主电池有很大的内部电阻，这个特点会导致在负载影响下出现电压急降，因此较轻的负载更适合这类电池。还有，这类电池往往功率密度较低，不能很快提供能量。因此，这类电池更适合长寿命、轻负载的应用情况，而不是需要快的或大的能量突发的应用。最后，运行时吸取过大静态电流的DC/DC稳压器IC将消耗电池电

量，因此对运行时间产生负面影响，这是另一个潜在的系统缺点。为了减轻这些影响，可以使用微功率甚至更好的毫微功率稳压器，以最大限度降低所吸取的电流，并最大限度延长电池运行时间。

降压-升压型稳压器

如今，功能丰富的电子设备之电源轨数量不断增加，同时工作电压在不断下降。不过，很多系统仍然需要3V、3.3V或3.6V电源轨，以给低功率传感器、存储器、微控制器内核、I/O和逻辑电路供电。过去，这些电压轨一直由降压型开关稳压器或低压差稳压器(LDO)提供。然而，这类IC没有充分利用电池的全部工作范围，因此缩短了设备电池的可能运行时间。因此，使用降压-升压型转换器(可以将电压提高或降低)时，就允许利用电池的全部工作范围。这提高了运行裕度，延长了电池运行时间，因为更多的电池可用电量得到了利用，尤其是靠近电池放电曲线的较低端时。

具备库伦计数器的降压-升压型转换器

显然，满足主电池系统应用需求并能够解决上述问题的DC/DC转换器解决方案应该具备以下特性：

1) 降压-升压型DC/DC架构，具备很宽的输入电压范围，通过各种电池供电电源、在与电源相关的电压范围内调节Vout。

2) 在运行模式和停机模式均具备

超低静态电流以延长电池运行时间。

3) 能够以高效率给系统轨供电。

4) 能够准确地计算库伦量以确定电池充电状态，且不会显著影响IC静态电流(电池消耗)。

5) 电流限制以衰减浪涌电流，从而保护电池。

6) 尺寸小、重量轻和扁平的解决方案。

7) 先进的封装以提高热性能和空间利用率。

幸运的是，LTC3335就具备了上述所有特性，这是一款集成了库伦计数器的毫微功率降压-升压型转换器。该器件为主电池应用而设计，这类应用需要真正的低静态电流，还需要知道有关剩余电池电量的信息。或者需要知道库伦计数器检测到的潜在电池组件或负载泄漏达到什么程度，才可以确认系统出现故障(见图3)。



图3 集成了库伦计数器的降压-升压型转换器LTC3335

LTC3335是一款高效率同步降压-升压型转换器，内置了精确的库伦计数器，可提供高达50mA的连续输出电流。该器件具备仅为680nA的静态电流和从低至5mA到高达250mA的可编程峰值输入电流，非常适合多种低功率电池应用，例如可穿戴设备和IoT(物

联网)设备中的那类电池应用。其1.8~5.5V输入范围和8个1.8~5V的用户可选输出提供了一个稳定的输出电源,输入电压可以高于、低于或等于输出。此外,该器件集成了精确的(电池放电测量准确度为 $\pm 5\%$)库伦计数器,在长寿命不可再充电电池供电应用中,可准确监视累计电池放电量,这类电池供电应用很多都有极度平坦

的电池放电曲线。典型应用包括无线传感器、远程监视器和凌力尔特Dust Networks SmartMesh系统。LTC3335包括4个内部低RDSON MOSFET,可提供高达90%的效率。其他特点包括可编程放电报警门限、用于库伦计数和器件设定的I²C接口、一个电源良好输出、以及8个从5~250mA的可选峰值输入电流,以适合多种类型和尺寸的

电池。LTC3335的工作结温范围为-40~+125℃,采用耐热增强型20引线3mm×4mm QFN封装。图4显示了一个典型的应用电路。

结论

可再充电“辅助”电池可以在大量应用中见到,不过对不可再充电主电池应用出现了复苏的需求,例如军用、远程监视或无线传感器系统。主电池有很多优势,但是也有几种特性使其难以用于很多设计中:平坦的放电曲线、在有浪涌电流时不能很好地运行、以及较适合用于轻负载情况。

库伦计数是一种预测剩余电池电量的可靠方法。降压-升压型架构是有利的,因为这种结构在输入等于、高于或低于输出时都能调节V_{out},这在电池供电时可尽量延长运行时间。

