

非常见问题第218期： 优化电池供电系统的 电源转换效率

Frederik Dostal, 现场应用工程师

问题：

电池供电系统需要电源管理系统吗？



答案：

是的，大多数电池供电系统需要实现电池充电。本文说明如何为电池供电系统设计和优化不同的电源管理功能，介绍了一个包含电池供电电子设备所需许多功能的示例系统示意图，还讨论了电源转换效率的不同方面。

简介

许多系统需要电池供电。电池可用于停电时提供备用电力，但主要用于移动式设备——大到像电动汽车，小到像助听器。在所有电池供电系统中，电源效率是关键。在运行时间相同的情况下，电源效率越低，电池就会越大，其成本也越高。此外，电池根据充电状态提供不同的电压。这就需要特殊的电源转换器来将电池提供的可变电电压调节为系统电子设备所需的稳定电

压。如今，大多数电池供电系统采用可充电电池，而不是不可充电的原电池。这就要求系统中包含电池充电器。本文将介绍各种电池充电架构以及一些具创新性的新用例。当然，电源转换效率是重中之重。

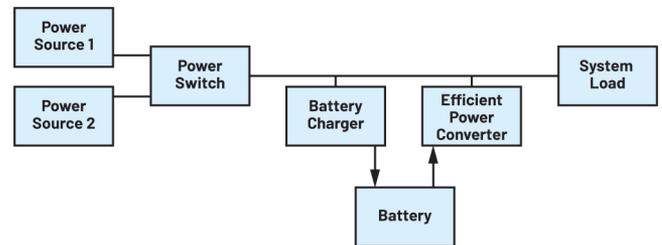


图1. 电池供电系统的简化系统图

图1显示了电池供电系统的系统示意图。虽然具体的实现方案因使用场景不同而异，但通常来说，所有系统都会包含图中所示的主要功能模块。系统中存在某种电源电压，它为系统供电。此连接通常需要是可切换的。如果电源是壁式交流电源转换器，那么拨下低压电源线与图1中的电源开关切换到断开位置具有相同的效果。这种电源路径管理很有必要，旨在避免连接到电源的附加电路消耗宝贵的电池电量。另外，图1中还有一个潜在的第二电源。通过电源开关模块，可在电源1或电源2的功率流之间切换。例如，电源2可以是USB 5V电源。

然后，该电源经转换后安全地给可用电池充电，以及/或者直接给系统供电。如果没有输入电源可用，电池中储存的能量将通过效率非常高的开关模式电源转换器为系统供电。

电池供电系统的电源效率

电池充电通常不需要非常高的电源效率。除了能量采集之外，大多数电池供电系统都能获得足够的电力来为电池充电。例如，当手机连接到充电器时，大多数人通常不会关心充电过程的确切效率。

然而，在能量采集系统中，充电期间的电源效率至关重要。最终，充电期间的更高电源效率直接导致能量采集器尺寸更小，从而降低系统成本并可缩减系统尺寸。

然而，所有电池供电系统都会重视电池放电时的电源转换效率。在系统运行时间相同的情况下，此过程中的电源转换效率越高，则所需的电池容量越小。

这种电源转换级从电池产生负载所需电压的效率，需要进一步评估。一个是满载转换效率，它提供了系统在标称负载下可以运行多长时间的信息，还有一个是轻载效率，它对许多系统都很重要。这是在负载非常小的情况下的电源转换效率。以电池供电的烟雾探测器为例，它在低负载电流的烟雾探测阶段可持续运行多年，直至检测到烟雾并发出警报。警报由高电流启动，但此阶段的电源效率与需要更换电池的时间点没有多大关系。

当负载功耗非常低时，静态电流 I_0 与效率相关。静态电流越低越好。此静态电流与开关方案一起决定了低负载效率。图2显示了使用和不使用轻载效率模式的典型效率曲线。轻载效率模式为蓝色曲线，固定开关频率模式为黑色虚线曲线。许多电源转换电路通过这样的模式来提高轻载效率。通常，其工作方式是停止使用恒定开关频率，只有当输出电压略有下降时才产生几个开关脉冲。在这些突发脉冲之间的时间里，电源转换器关闭许多功能以节省功耗。这些低功耗模式在具体架构方面可能因IC不同而略有不同，但此类特殊模式始终能在轻负载下实现非常高的效率。

如图2所示，1mA输出负载下的效率差异相当大。在1mA的轻负载（甚至低至100 μ A负载）下激活省电模式时，电源转换效率为50%。在不激活省电模式的600kHz固定开关频率下，效率只有大约15%。

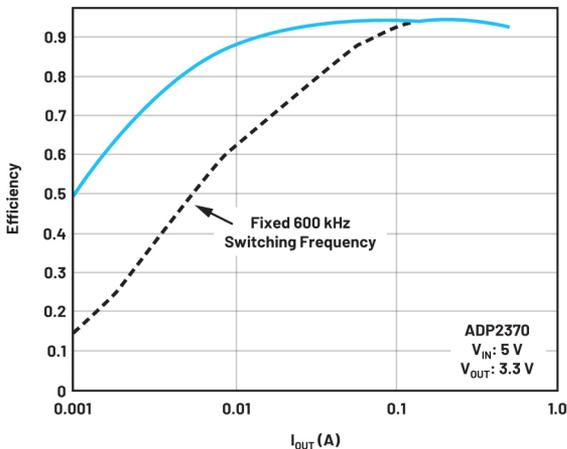


图2. 两种情况下ADP2370降压稳压器的电源转换效率：一种是激活低负载省电模式，另一种是在所有负载下均使用固定的600kHz开关频率。

电源转换挑战

如上所述，电源转换效率在电池供电系统中非常重要。电池供电系统可以选择所有现有类型的拓扑。其中一种常用的拓扑是四开关降压-升压转换器。许多系统需要3.3V电源电压，由单个锂离子电池供电。这种电池提供3.6V的标称电压，但在放电状态后期，它们仅提供2.8V至3.0V之间的电压。为了延长系统运行时间，我们需要尽可能多地利用电池的能量。在3.3V系统中，当锂离子电池充满电时，我们需要将其电压从3.6V降至3.3V。然而，当电池放电接近尾声时，我们需要将2.8V升至3.3V。这就需要降压-升压电路。目前有许多不同类型的降压-升压电路。举几个例子，适用的拓扑包括基于变压器的反激式、双电感单端初级电感转换器(SEPIC)和四开关降压-升压拓扑。通常选择四开关降压-升压拓扑，因为与其他两种拓扑相比，其电源转换效率最高。

图3显示了四开关降压-升压拓扑的概念。

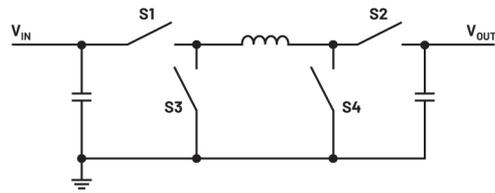


图3. 四开关降压-升压电源转换器的例子，例如LT3154降压-升压DC-DC转换器

使用两个串联锂离子电池，而非一个电池，可以完全避免降压-升压拓扑。这种情况下只需要一个简单的降压级电源变换器。然而，我们需要为第二电池付出额外的努力和成本。此外，为两个电池充电比仅为一个电池充电更具挑战性。当两个电池串联使用时，最大电压为7.2V。电源转换器需要采用更高电压的半导体工艺，而非典型的最大5.5V工艺。这不是问题，但DC-DC电源转换器的半导体成本可能稍高。

选择合适的电池充电器

市场上有许多电池充电器IC。电池充电器是一种以安全的方式提供电压和电流，从而为电池充电的器件。选择集成电路时，首先需要决定使用线性充电器还是开关充电器。线性充电器就像线性稳压器，只能降低可用电压。输入电流大致等于输出电流。

例如，如果耗尽的电池电压为0.8V，可用的系统电压为3.3V，则线性充电器必须降压至2.5V。如果充电电流为1A，则线性充电器会以热量形式消耗2.5W功率。这是可行的，但如果系统电压为12V，功耗将是11.2W。因此，对于充电电流较低且系统电压接近电池电压的应用，线性充电器是合理的选择。

对于所有其他应用，建议使用开关充电器。市面上的大多数电池充电器IC都是开关模式电池充电器。这些属于经典的开关电源(SMPS)器件，具有支持电池充电的特殊功能。可以用恒压或恒流充电，有时甚至两者都用，并且还提供特殊功能来确保充电安全。这可以是一个定时器，用以检测连接的电池是否有缺

陷，或者可以包括一个温度传感器来限制充电期间的电池温度，避免不同情况下的热失控。还有一个颇受欢迎的功能就是电池包和电池充电器之间的安全检查，它可监控系统连接的电池是否获得许可。

图4显示了一个独立SMPS电池充电器解决方案。其中采用MAX77985，可实现降压SMPS电池充电器和电源路径开关功能。电源路径开关是大多数应用必不可少的功能。一旦电池充满电，它就会断开输入电压轨与电池的连接，以防止电池电量通过可能连接到输入电源线的电路消耗。此外，该解决方案具有数字I²C接口，此接口可更改充电器IC的某些设置以及用于遥测目的。为使电池充电器尽可能灵活，数字接口支持设置不同的电池类型和电池大小。

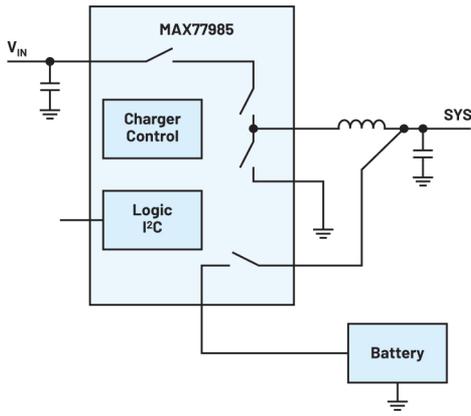


图4. MAX77985独立电池充电器简化电路图



作者简介

Frederik Dostal是一名拥有20多年行业经验的电源管理专家。他曾就读于德国埃尔兰根大学微电子学专业并于2001年加入National Semiconductor公司，担任现场应用工程师，帮助客户在项目中实施电源管理解决方案，积累了丰富的经验。在此期间，他还在美国亚利桑那州凤凰城工作了4年，担任应用工程师，负责开关模式电源产品。他于2009年加入ADI公司，先后担任多个产品线和欧洲技术支持职位，具备广泛的设计和应用知识，目前担任电源管理专家。Frederik在ADI的德国慕尼黑分公司工作。

在许多不同的特性中，有一项特别值得注意。MAX77985中的集成电源开关不仅可以在降压模式下为电池充电，还可用于将电池电压提升到更高的系统电压。在某种程度上，这款电池充电器是系统电源转换器与纯电池充电器的组合。

电池供电设备需要许多不同的电气功能。有些产品仅提供基本功能，而有些产品将大多数功能高度集成在一个集成电路中。这种产品称之为系统电源管理集成电路(PMIC)，在电池供电的应用中特别受欢迎。这有多种原因。一个原因是许多电池供电系统相当小，因而需要紧凑的系统解决方案。第二个原因是每个独立IC都有一定的静态电流，IC开启或关断时总是会消耗一些功率，这最终会耗尽电池电量。在大多数情况下，将许多不同的集成电路组合成一个PMIC器件可以降低系统的静态电流。

在过去的20年里，大容量锂离子电池的出现改变了电池供电系统的面貌。许多集成电路可用于对这些电池进行高效充电和放电。如今，为了提高单位重量和体积的容量，加快电池的充电速度，同时确保电池的安全性，业界正在对未来的电池结构开展大量研究。随着电池技术的不断发展，电池充放电集成电路的创新也将永无止境。

