



Milos Acanski

## 摘要

在设计电池供电系统时，更大限度地延长电池寿命通常是最重要的设计目标之一。在智能和物联网传感器或无线医疗设备等应用中尤其如此，在这些应用中，某些部件需要以低功耗持续运行，并且更换电池的成本很高。在这种情况下选择合适的转换器以获得固定系统电压通常基于静态电流参数  $I_Q$ 。较低的静态电流意味着在轻负载下效率更高，从而电池寿命得以延长。本应用报告显示，除了具有低静态电流外，还可通过动态调整输出电压来进一步延长电池寿命。

## 内容

1 引言.....	2
2 案例研究.....	3
3 总结.....	6
4 参考文献.....	6
5 修订历史记录.....	6

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

在许多应用中，需要持续为系统或至少系统内的部分部件供电。其中一个例子便是需要进行连续测量并定期传输测量数据的无线传感器。图 1-1 中显示了一个此类系统的电源树。通常在此类应用中，电池电流在大部分时间都非常低，在  $\mu\text{A}$  级。系统会定期唤醒，而数据传输期间电流消耗上升至数百  $\text{mA}$ 。

为了适应宽范围的电池工作电压，开关转换器通常为系统提供稳定的电压。如果所有部件共用相同的电压轨，则电压由需要最高最低电压才能正常运行或具有所需性能的部件决定。在图 1-1 的示例中，无线发射器需要  $3.6\text{V}$  才能达到数据传输所需的范围。其他部件可由同一电源轨供电，或者如果它们的工作电压较低，则可通过较小的次级线性稳压器供电。

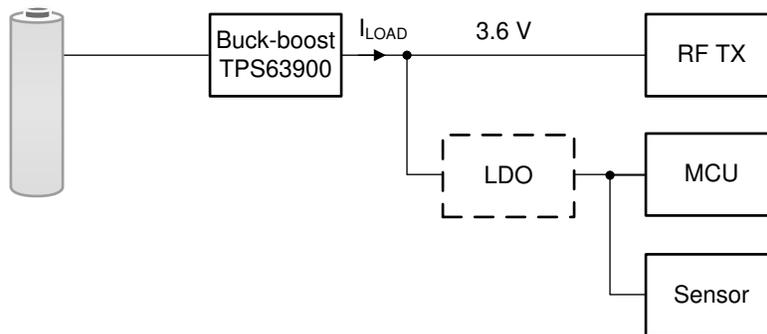


图 1-1. 无线传感器的电源树

通常，传输偶尔发生，大部分时间系统处于低功耗模式，转换器以非常轻的负载运行。图 1-2 所示为具有极低占空比  $D$  的此类负载分布示例。

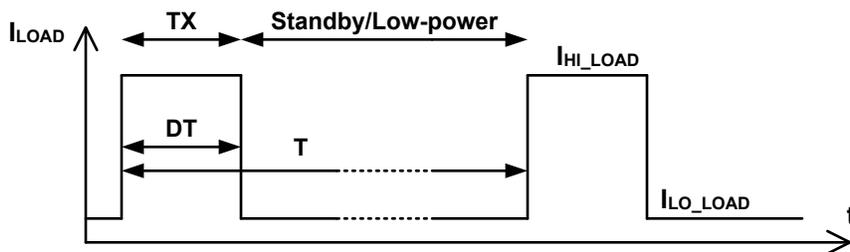


图 1-2. 无线传感器中的典型电流消耗

为了最大限度地延长电池寿命，转换器具有高效率非常重要，以便尽可能降低转换过程中功率的损失。此外，在高负载电流和低负载电流下的效率都必须很高，这在设计转换器时通常是两个相互矛盾的要求。但是，如果占空比  $D$  足够低，则轻负载下的效率变得更加重要。如需了解更多详情，请参阅[选择能在脉冲负载应用实现更长电池寿命的直流/直流转换器](#)。

在评估极轻负载下的转换器性能时，经常使用的参数是静态电流，即  $I_Q$ 。 $I_Q$  定义为器件在空载和非开关但启用状态下消耗的电流。一般来说，较小的静态电流意味着转换器在非常轻的负载下具有更高的效率。有关静态电流及其与效率之间关系的详细说明，请参阅[I<sub>Q</sub>：定义、常见误解及其使用方式技术简介](#)。

设计人员正在努力降低  $I_Q$  并提高轻负载下的转换器效率。在  $\mu\text{A}$  负载电流水平下，LDO 通常优于开关转换器，除非需要提升电压。如果  $I_Q$  不够低，有时需要将开关转换器与 LDO 合并，如[通过添加 LDO 提高待机模式效率的参考设计](#)中所示，或使用具有集成式 LDO 的开关转换器。这种方法的代价是增加了解决方案的尺寸和成本。

现在查看所需的外部元件，通常有一个电阻反馈分压器用于设置输出电压。当负载在几  $\mu\text{A}$  范围内时，仅此反馈分压器的电流消耗就会占总电流消耗的很大一部分。为了解决该问题，一些器件（例如 TPS63900）在启动期间使用设置电阻来设置输出电压。这与其他设计改进相结合，可实现只有  $75\text{nA}$  的超小  $I_Q$ 。因此，即使在  $\mu\text{A}$  电流范围内，该开关转换器也能够与线性稳压器一较高下。

作为提高系统效率的下一步，可以动态调节电源电压以适应不同的电源需求。回头再来看看图 1-1，根据实现可靠数据传输的发射器功率要求，要将电压轨设置为  $3.6\text{V}$ 。在待机期间保持相同的电压，即使系统的其余部分能够在

较低的电压下运行。这会导致无谓的功率浪费。相反，电压轨可降低到足以让传感器和微控制器正常运行的电平。TPS63900 具有一个附加特性，即输出电压可在两个用户可配置电平之间动态切换，以显著提高系统效率，如下面的案例研究所示。

## 2 案例研究

考虑使用图 1-1 中所示的无线传感器系统，负载分布如图 2-1 所示。实际上，负载分布通常更复杂，具有一系列不同的脉冲。为简单起见且不对结果有显著影响，此处负载分布用单个矩形脉冲表示。

系统会连续进行测量或检测，每天传输四次数据。使用的是 3V Li-MnO<sub>2</sub> 型电池，由于具有高能量密度和低自放电特性，这种电池通常是长寿命应用的理想选择。转换器提供 3.6V 电源轨来为系统供电。在本例中，占空比 D 定义为在高功率模式下历经的时间除以在低功率模式下历经的时间，接近于  $2 \cdot 10^{-7}$ 。

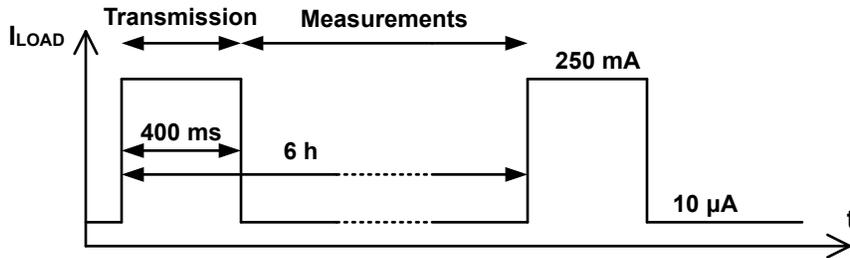


图 2-1. 案例研究相关负载电流消耗

在这样的负载分布下，测量周期能耗为传输周期能耗的两倍以上。这意味着轻负载条件下的效率（即低  $I_Q$ ）比重负载条件下的效率更为重要。

将 TPS63900 与最接近的同类竞争器件进行比较，了解一下电池寿命的差异。首先，表 2-1 显示了这两种器件的主要参数。

**表 2-1. TPS63900 和竞争器件的主要参数**

	TPS63900	竞争器件	
静态电流	75nA	300nA	
输入电压范围	1.8V 至 5.5V	1.8V 至 5.5V	
输出电压范围	1.8V 至 5V	1.6V 至 5.2V	
最大输出电流	> 400mA	250mA	$V_{OUT} = 3.6V$ 时
可调输出电压	是，100mV 阶跃	否	
动态电压调节	是，2 级	否	
可调输入电流限制	是，8 个预设	否	

在电压轨固定时比较两种器件。表 2-2 显示，TPS63900 的  $I_Q$  是竞争器件的 1/4，使每个负载周期的总电荷减少了 8%，电池寿命延长了 9%。

**表 2-2. 涉及固定系统电压的案例研究比较**

负载分布			TPS63900			竞争器件		
$I_{OUT}$ [mA]	t [s]	$V_{OUT}$ [V]	效率 [%]	$I_{IN}$ [mA]	$Q_{IN}$ [As]	效率 [%]	$I_{IN}$ [mA]	$Q_{IN}$ [As]
0.01	21600	3.6	92.5	$1.3 \times 10^{-5}$	0.281	82.1	$1.46 \times 10^{-5}$	0.316
250	0.4	3.6	92.3	0.325	0.130	91.7	0.327	0.131
			总 $Q_{IN}$ [As]		0.411			0.447
			电池寿命延长了 [%]		9			

考虑到更长电池寿命带来的所有好处，例如用户体验或更换电池的相关成本，9% 的增幅不容小觑。此外，如果进一步降低占空比，或（在本例中）如果传输发生频率更低，则具有低  $I_Q$  的优势变得更加明显。

进一步了解一下动态更改系统电压选项可带来的好处。TPS63900 能够在于启动期间加载到器件中的两个用户可配置输出电压之间进行切换。如果待机电压降低到 2.1V，功耗将减少为 3.6V 时功耗的近一半。表 2-3 显示了与无法动态更改输出电压的竞争器件相比，由此而延长的电池寿命。

**表 2-3. 涉及 DVS 的案例研究比较**

负载分布			TPS63900		
$I_{OUT}$ [mA]	t [s]	$V_{OUT}$ [V]	效率 [%]	$I_{IN}$ [mA]	$Q_{IN}$ [As]
0.01	21600	2.1	90.8	$7.71 \times 10^{-6}$	0.167
250	0.4	3.6	92.3	0.325	0.130
			总 $Q_{IN}$ [As]		0.297
			电池寿命延长了 [%]		51

应该注意的是，在上述情况下，假设在对负载电压进行调节时负载电流保持不变。这可能适用于恒流类型的负载，例如 LDO。很多负载（例如微控制器或运算放大器）具有类似电阻的行为，并且在较低的工作电压下会表现出较低的功耗。如果在前一种情况下，假设负载电流随负载电压而变化，表 2-4 显示了与竞争器件相比，电池寿命可延长 86%。与系统电压固定的情况相比，动态电压调节技术可显著延长电池寿命。

表 2-4. 涉及 DVS 和调节负载电流的案例研究比较

负载分布			TPS63900		
I <sub>OUT</sub> [mA]	t [s]	V <sub>OUT</sub> [V]	效率 [%]	I <sub>IN</sub> [mA]	Q <sub>IN</sub> [As]
0.0058	21600	2.1	80	5.1x10 <sup>-6</sup>	0.110
250	0.4	3.6	92.3	0.325	0.130
总 Q <sub>IN</sub> [As]					0.240
电池寿命延长了 [%]					86

除了超低静态电流外，TPS63900 的主要特性之一是对输入电流的限制。TPS63900 可限制从输入电源获取的电流，以保护不支持高峰值电流的电池，例如纽扣电池。输入电流限制功能在正常运行和启动期间均有效。这在[使用具有可编程输入电流限制特性的直流/直流转换器延长电池寿命技术简介](#)中有详细介绍。

估计特定场景的电池寿命可能很耗时，尤其是在要考虑各种参数（如电池特性、转换器效率和负载分布）时。

“电池寿命计算器”工具可加快和简化此流程。图 2-2 所示为该工具的界面。通过选择内置或导入自定义电池放电曲线、转换器参数和负载分布，可测试各种场景。此外，还比较了不同的转换器拓扑，以确定哪一种更适合给定情况。

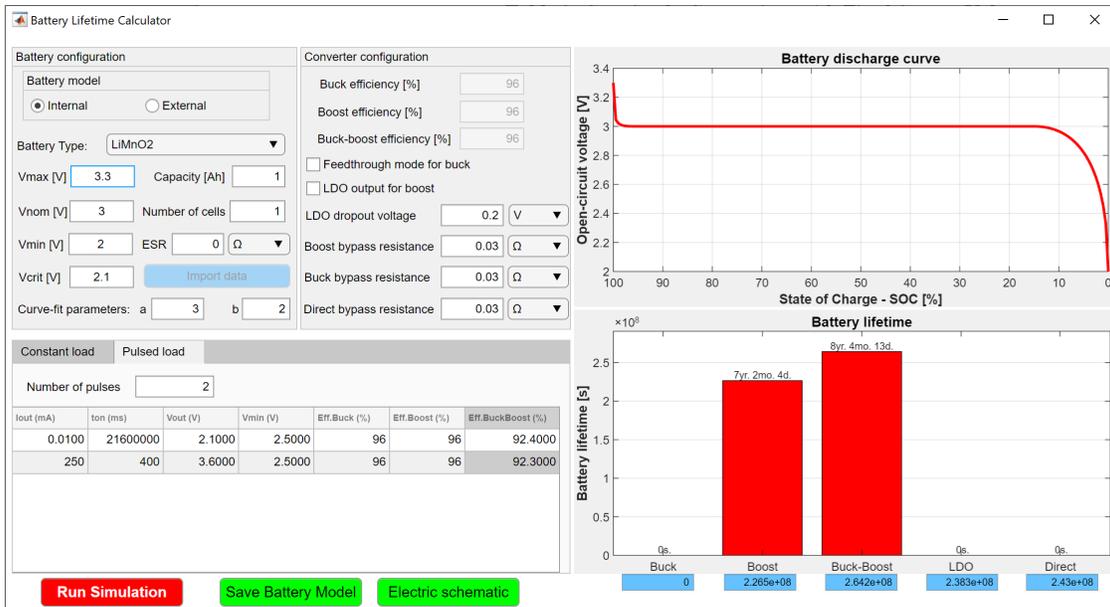


图 2-2. 用于估算电池寿命的工具

### 3 总结

在选择转换器以最大限度地延长低功耗应用中的电池寿命时，低静态电流至关重要。除了静态电流之外，还应考虑额外的器件功能。该应用报告表明，如果使用动态电压调节技术，可显著延长电池寿命。

### 4 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TPS63900 1.8V 至 5.5V、400mA、75nA 静态电流降压/升压转换器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [选择可在脉冲负载应用中实现更长电池寿命的直流/直流转换器](#)
- 德州仪器 (TI), [I<sub>Q</sub> : 定义、常见误解及其使用方式](#)
- 德州仪器 (TI), [通过添加 LDO 提高待机模式效率](#)
- 德州仪器 (TI), [使用具有可编程输入电流限制的直流/直流转换器延长电池寿命](#)

### 5 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (April 2020) to Revision A (October 2020)	Page
• 通篇将静态电流 I <sub>Q</sub> 从 200nA 更改为 75nA.....	2

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司