

# Application Report

## 选择能在脉冲负载应用中实现较长电池使用寿命的直流/直流转换器



Milos Acanski

### 摘要

在设计电池供电系统时，最大限度地延长电池使用寿命是最重要的设计目标之一。电池供电型系统（例如智能仪表、物联网传感器或无线医疗设备）通常需要电源转换器来为时变负载提供固定的电源电压。为了最大限度地降低转换损耗，必须考虑整体效率及负载分布。此应用报告介绍了如何解读不同负载条件下的效率，以便在选择合适的转换器时最大限度地延长电池寿命。

### 内容

1 不同负载条件下的转换器工作模式.....	2
1.1 重负载下的运行.....	2
1.2 轻负载下的运行.....	2
1.3 关断模式下的运行.....	3
2 案例研究.....	4
3 总结.....	6
4 参考文献.....	7
5 修订历史记录.....	7

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 不同负载条件下的转换器工作模式

在许多电池供电设备中，电流消耗近似为周期为  $T$  的脉冲形状，如图 1-1 所示。通常有一个短暂的有效周期，以高电流  $I_{BAT,HI}$  和占空比  $D$  来表征，然后是一段非有效周期，以低电流  $I_{BAT,LO}$  来表征。例如，此类负载分布可以在无线传感器应用中找到，在这种应用中，会通过射频发射器定期传输测量值。在为系统选择电源转换器时，一个常见的陷阱是只考虑重载效率，而忽略了闲置期间的电池流耗。

采用脉冲形消耗曲线，可考虑转换器的不同工作模式。工作模式的重要性主要取决于负载分布，即器件或负载在特定模式下占用的时间以及实际负载电流值。工作模式的精确组合决定了电流消耗量和电池寿命。我们将在此处考虑 TPS63805（一款降压/升压器件）的不同工作模式。在查看功率等级和转换效率时，需要考虑三种不同的工作模式。

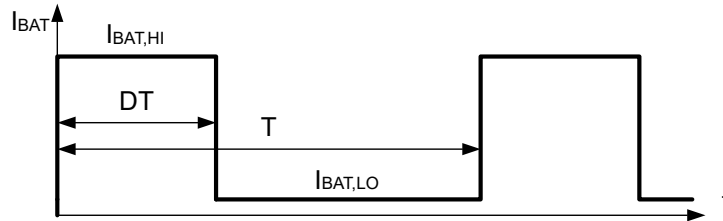


图 1-1. 具有脉冲负载的电池电流曲线

### 1.1 重负载下的运行

当器件在重负载下运行时，内部功率级以脉宽调制 (PWM) 模式运行，在该模式下它不断进行切换。对于 TPS63805，峰值电感电流通常高于 700mA 时就会出现这种情况。转换损耗取决于特定器件和器件周围的无源器件，首先是电感器。在 PWM 模式下运行的 TPS63805 的效率曲线如图 1-2 所示。使用效率曲线，很容易将负载电流映射到电池电流消耗中。可以看出，在重负载下运行时，器件的效率最高。但是，强制功率级始终在 PWM 模式下运行会降低轻负载时的效率，因为持续有效运行导致的各种损耗会超过负载功率。

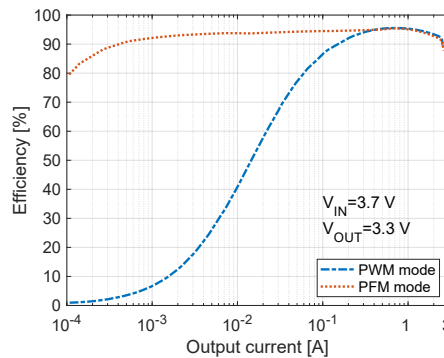


图 1-2. TPS63805 效率与输出电流的关系

### 1.2 轻负载下的运行

为了提高轻负载下的效率，可启用省电 (PS) 模式。在 PS 模式下，当负载较轻时，转换器才会选择短时工作，这对于维持输出电压而言通常是足够的。在一次突发中，转换器在高于负载电流的电流下运行，因此效率更高，而在其余时间段中转换器处于非有效状态。这种运行方式称为脉冲频率调制 (PFM)。在轻负载下使用 PFM 时，产生的效率相比 PWM 明显提高，如图 1-2 所示。

与 PS 模式相关的一个重要参数是静态电流  $I_Q$ 。对于 TI 器件，除非数据表中另有说明，否则静态电流  $I_Q$  定义为器件在空载和非开关但启用状态下消耗的电流。 $I_Q$  包括运行器件所有部分（功率级除外）所需的电流。 $I_Q$  中不包含运行功率级所需的电流，该电流严重依赖于外部组件。因此， $I_Q$  是一个器件参数（而非系统参数），因为  $I_Q$  仅依赖于器件本身。有关  $I_Q$  的更多信息，请参阅参考文献 2。

$I_Q$  常被误解为空载输入电流，即当转换器输出端无负载时，转换器从输入电源消耗的电流。空载输入电流还包括开关功率级所需的电流。作为器件参数， $I_Q$  仅构成部分空载输入电流。然而，仍可使用  $I_Q$  估算空载或轻负载条件

下的输入电流，具体请参阅[参考文献 2](#)。输入电流消耗由  $I_Q$  和转换效率决定。随着负载电流减小到零， $I_Q$  在输入电流中的份额逐渐变大，并且选择具有较低  $I_Q$  的器件可能会产生较低的输入电流。尽管如此，转换器周围的外部元件会严重影响轻负载效率，确定它的理想方法是直接测量效率。对于直接测量，需要考虑一些重要方面，请参阅[参考文献 3](#) 和[参考文献 4](#)。

### 1.3 关断模式下的运行

在某些应用中，负载不需要始终开启。在这种情况下，可通过禁用转换器并将其切换至关断模式来完全关闭负载。在关断模式下，转换器会停止切换，所有内部控制电路关闭，负载与输入断开。如果是 **TPS63805**，关断模式下的最高输入电流  $I_{SD}$  为  $0.6 \mu A$ 。 $I_{SD}$  通常远低于  $I_Q$ 。然而，与  $I_Q$  一样，在处理具有非常小的占空比  $D$  的负载曲线时  $I_{SD}$  也不应被忽略。

## 2 案例研究

不同工作模式下的电池电流会相差几个数量级，结果电池使用的时间也会不同。回顾一下图 1-1，负载占空比  $D$  低于  $10^{-3}$  的应用并不罕见。如果输入电流之比与有效和非有效周期之比处于同一数量级，则在计算电池寿命时不应忽略轻负载电流。

考虑一个电池供电型系统，其中使用降压/升压转换器从标称电压为 3.7V 的锂离子电池获得固定的 3.3V 电压。负载电流的脉冲形状分布如图 1-1 所示，具有相应的值  $I_{LOAD,HI}$  和  $I_{LOAD,LO}$ 。可直接测量在不同的负载电流  $I_{LOAD,HI}$  和  $I_{LOAD,LO}$  下生成的电池电流  $I_{BAT,HI}$  和  $I_{BAT,LO}$ ，或者通过效率曲线和  $I_Q$  估计生成的电池电流。将 TPS63805 与类似等级的竞争器件进行比较，后者在重负载下具有更高的效率，从而降低了  $I_{BAT,HI}$ ，但静态电流  $I_Q$  和关断电流  $I_{SD}$  也更高，从而提高了  $I_{BAT,LO}$ 。平均电池电流消耗可表示为负载占空比  $D$  的函数，如下所示：

$$I_{BAT} = D I_{BAT,HI} + (1-D) I_{BAT,LO} \quad (1)$$

表 2-1 中总结了相关器件参数。可以看出，静态电流  $I_Q$  与空载输入电流之间存在差异。空载输入电流包括  $I_Q$ ，还包括由于功率级和外部元件损耗而产生的电流。在这种情况下，使用  $I_Q$  较低的 TI 器件会降低空载输入电流。

表 2-1. TPS63805 和竞争器件的工作电流和效率

器件	静态电流 $I_Q$	空载输入电流	关断输入电流 $I_{SD}$	峰值效率
TPS63805	11 $\mu$ A	17 $\mu$ A	0.6 $\mu$ A	95.5%
竞争器件	40 $\mu$ A	51 $\mu$ A	1 $\mu$ A	97.5%

图 2-1 对 TI 与竞争器件在不同的负载占空比  $D$  和负载分布下的情况进行了比较。在高负载占空比  $D$  下，使用竞争器件最多可将电池流耗降低 2%，因为其在重负载下的效率更高。但随着  $D$  的下降，具有较低  $I_Q$  的 TI 器件开始比竞争器件更具优势。例如， $I_{LOAD,HI} = 1A$  时，拐点在大约  $D = 0.003$  处，而当  $I_{LOAD,LO} = 10\mu A$  时，在较低的负载占空比下，使用竞争器件会使电池流耗增加多达 115%。随着非有效周期  $I_{LOAD,LO}$  的负载电流越来越小，拥有较低的  $I_Q$  则变得更为重要。

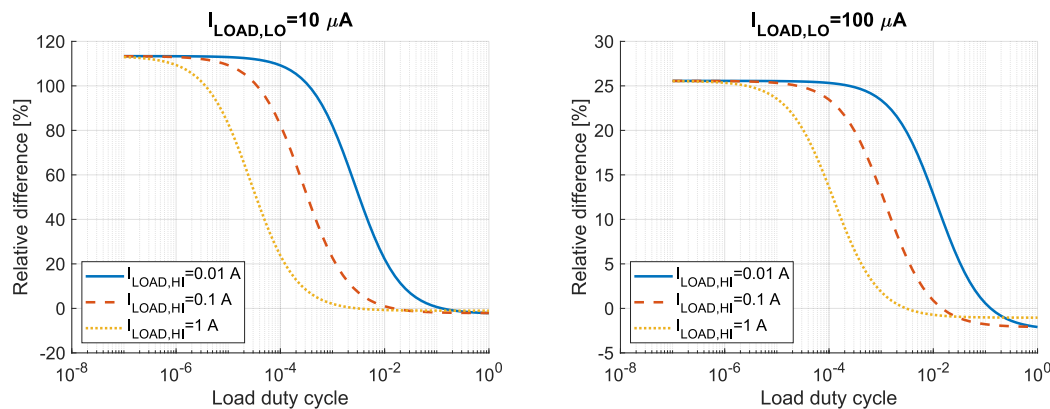


图 2-1. 电池流耗与负载占空比的相对差异

如果在非有效周期通过禁用转换器来关闭负载，则电池电流  $I_{BAT,LO}$  会变为转换器的关断输入电流  $I_{SD}$ 。对于低  $I_Q$  也适用同样的结果。对于较高的负载占空比  $D$ ，使用竞争器件会略微降低电池流耗。对于低负载占空比，选择具有较低关断电流的器件会降低电池电流消耗。图 2-2 中比较了两款相同器件并显示了结果。对于高  $D$ ，竞争器件最多可将电池电流降低 2%。对于低  $D$ ，TI 器件具有优势，与竞争对手的 1  $\mu$ A 相比，具有 0.6  $\mu$ A 的更低  $I_{SD}$ ，并且使用竞争器件电池流耗会增加多达 66%。

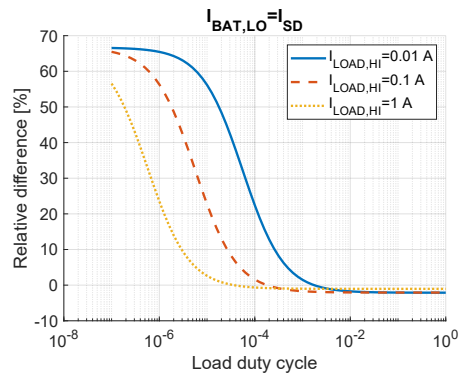


图 2-2. 电池流耗与负载占空比的相对差异

如果负载分布比图 1-1 中所示的更复杂，则可使用相同的方法来比较平均电池电流消耗。

### 3 总结

在很多电池应用中，负载的电流消耗曲线是脉冲形状的，通常具有低负载占空比，即在重负载条件下有效周期短，然后在轻负载下有很长的非有效周期。为此类应用选择电源转换器时，必须在计算电池流耗时考虑所有工作模式，特别是对于负载以低负载占空比运行的应用。在这种情况下，选择静态电流较低而不是重负载效率较高的器件，可显著延长电池寿命。

## 4 参考文献

1. 《具有小解决方案尺寸的 2A 高效率降压/升压转换器》，TPS63805 数据表，[SLVSDS9](#)
2. Chris Glaser，《Iq：定义、常见误解及其使用方式》，模拟应用期刊（2011 年第 2 季度），[SLYT412](#)
3. Jatan Naik，《精确测量 PFM 模式效率》，应用报告，[SLVA236](#)
4. Chris Glaser，《精确测量超低 IQ 器件的效率》，模拟应用期刊（2014 年第 1 季度），[SLYT558](#)。

## 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

<b>Changes from Revision * (November 2018) to Revision A (July 2021)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	<b>2</b>

## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司



## 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