

延长可穿戴患者监护仪与医疗贴片的电池寿命

作者 Sanjay Pithadia

系统工程与市场营销部医疗系统工程师

简介

可穿戴患者监护仪市场正在快速增长。可穿戴监护仪有两个主要属性，分别是便携性(或尺寸)和工作时间(或电池寿命)。如今，可穿戴医疗产品不仅可以测量生命体征，还能充当个人应急系统。

便携式和可穿戴应用通常由电池供电，对于消费者而言，电池寿命是购买产品时要考虑的关键因素之一。电池寿命之所以至关重要，是因为大多数患者监护仪都会进行持续测量和监测。

电池供电系统需要精心分区、充分利用紧凑空间并提高电量使用效率。因此，要在实现更多功能的同时，在紧凑空间中以更长的时间更高效地供电。待机、睡眠、节能、休眠和关机等功能对于设计人员降低功耗和延长电池寿命至关重要。

设计人员可使用低功耗微控制器 (MCU) 和模拟集成电路，但如果不优化电源管理就无法利用设计中采用的大多数最新技术。为应用选择合适的电源架构，能够很好地提高效率 and 延长电池运行时间。本文重点介绍了几种不同的电源方案，可用于延长可穿戴患者监护仪和医疗贴片的电池寿命。

医疗应用中使用的电池类型

心率监测仪、多参数贴片、血糖监测仪、血压监测仪、脉动式血氧计、健身监测仪和活动监测仪等都属于便携式可穿戴设备。这些设备很多都是一次性使用的，或者安装了

可更换电池。但是，这些设备在与智能设备连接时会更加耗电。一次性电池(诸如 CR2032 或 CR3032 等不可充电的原电池)可能不够用，因此需要使用可充电电池。

锂离子 (Li-ion)、锂聚合物 (Li-poly)、镍金属氢化物 (NiMH)、磷酸铁锂、锂锰和锌是医疗设备中常用的电池化学物质，每种类型需要不同的充电电路。同样需要注意的是，可充电电池具有自放电率。为了缩减总体物料清单 (BOM) 和尺寸，设计人员可将电池直接连接到无线模块和其他外设，但是直接依靠电池电压运行并不是最高效的电池使用方式。

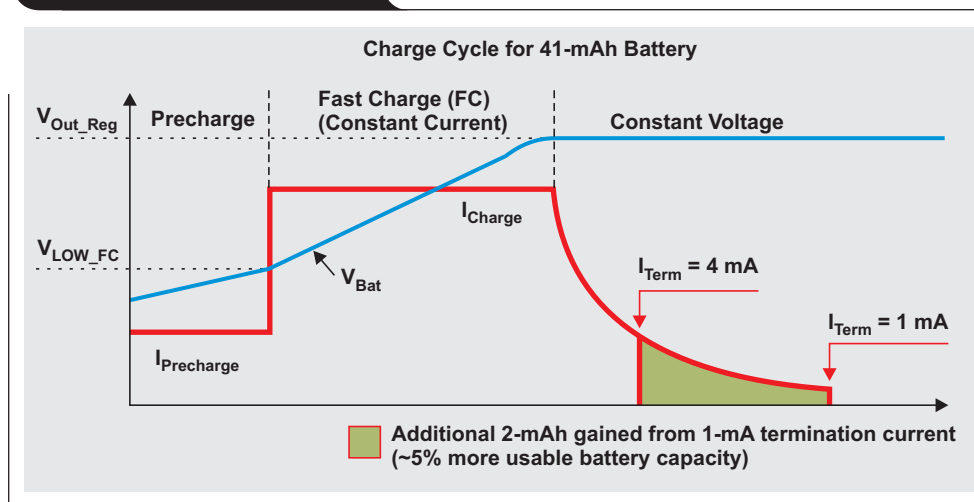
选择合适的电池充电器来延长电池寿命

为可穿戴设备的电池充电之所以具有挑战性，是因为电池必须尺寸小巧而且容量也小。充电电流的差异很大，具体取决于电池容量是 50mAh、100mAh 还是 200mAh，以及充电速率 (C) 是 0.5C、1C 还是 2C。关键是需要设计中包含快速充电电流可编程的功能。

快速充电固然重要，但让电池获得尽可能多的能量也很重要。为此，终止电流必须精确，并且能在电流非常低的情况下可靠终止。请参阅参考文献 1，查看具有超低终止电流和静态电流的充电器示例。

图 1 显示，通过将终止电流降低至 1mA，可获得额外 2mAh (大约 5%) 的电池寿命。根据应用的不同，电池节数会有所差异，电池充电解决方案也会发生相应改变。

图 1. 低终止电流的好处



使用降压、升压或降压/升压转换器进行供电

考虑这样一个例子：一个可穿戴应用中使用了德州仪器 (TI) 的无线器件。CC254x 器件系列的工作电压为 2.0V 至 3.6V。在其内部，通常使用低压降稳压器 (LDO) 将电源电压调节至 1.8V。这意味着，对于具有高电源电压的系统，很多能量都会在 LDO 中损失。为了解决该问题，可使用外部直流/直流转换器将电压降至 2V 左右，从而提高整体系统效率。

像 TPS62730 这样的直流/直流转换器能够将 3.9V 范围的输入电压转换为所需的 1.9V (请参阅参考文献 2，其中提到电压超过 2.2V 的限值时，直流/直流转换器的开关频率不会影响 CC254x 的射频性能。)当转换器的电源电压降至 2.2V 以下时，转换器自动进入旁路模式，其输出此时会直接连接至电池。这时可减少有效模式期间的电流消耗，确保延长电池寿命。图 2 展示了使用 TPS62730 时电池电流的减少情况。

如果微控制器不提供引脚控制，则可使用其他具有超低 I_Q 的降压转换器，例如 TPS62743 或 TPS62740。

测量心率和血氧饱和度 (SpO_2) 的患者监护仪采用 LED 驱动器，可驱动绿色、红色和红外 LED。根据这些 LED 的正向电压，驱动器的电源电压应高于纽扣电池的电压 (例如 3V)。为此，可使用一个 I_Q 超低的升压转换器。

胰岛素泵应用具有集成式注射针头，因此变得越来越紧凑。在此种集成的情况下，负载电流将非常高，因为它必须为胰岛素泵以及注射针头的接口电路供电。诸如 TPS610981 之类的升压转换器 (如图 3 所示) 可直接依靠电池运行，并且 I_Q 超低，有助于胰岛素泵正常运行。

与降压转换器或升压转换器相比，降压/升压转换器在小型的电池供电型应用中提供了另一个技术优势，这一点常被忽略。在可穿戴应用中，电源轨不需要高于 3V 的电压；因此，无需使用升压转换器。MCU 和无线器件的电源轨通常需要低电压，因此在评估设计的各个方面之前，降压转换器明显是一个不错的选择。

在以脉动负载曲线从电池中汲取电流时，电池电压可能会在短时间内下降至低于所需输出电压的水平，这可能会导致电压调节不稳定，甚至超过制造商规定的电压。电池的电压降落在电池寿命即将结束时尤为重要，因为内部的电阻值会随着时间的推移而增加。顾名思义，降压/升压转换器的主要优点是能够提供比输入电压更高的电压，确保为脉动负载电流曲线和高阻抗电池提供精确的稳压电压。与降压转换器相比，降压/升压转换器在电池和电源架构选择方面具有更高的灵活性。

使用 LDO 提高效率

人们普遍认为，开关控制器或转换器有助于提高电源方案的效率，而 LDO 的效率则很低。但是 LDO 拓扑已经发生改变；它们能够提供超低的压降电压。低输入低输出 (LILO) LDO 使用 N 沟道金属氧化物半导体 (NMOS) 导通晶体管和偏置轨来实现低压降。通过使用这种拓扑，有一个更高的电压为偏置轨以及 LDO 的大多数内部电路供电，因此 LDO 能够在较低的输入电压下工作。

图 2. 使用 TPS62730 提高效率并降低电池电流

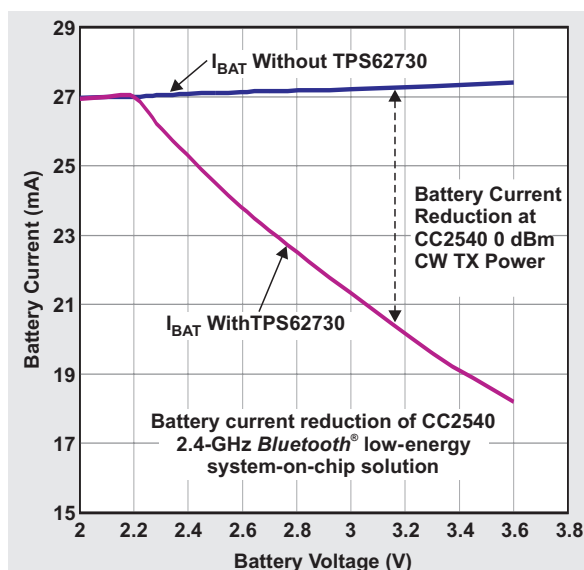
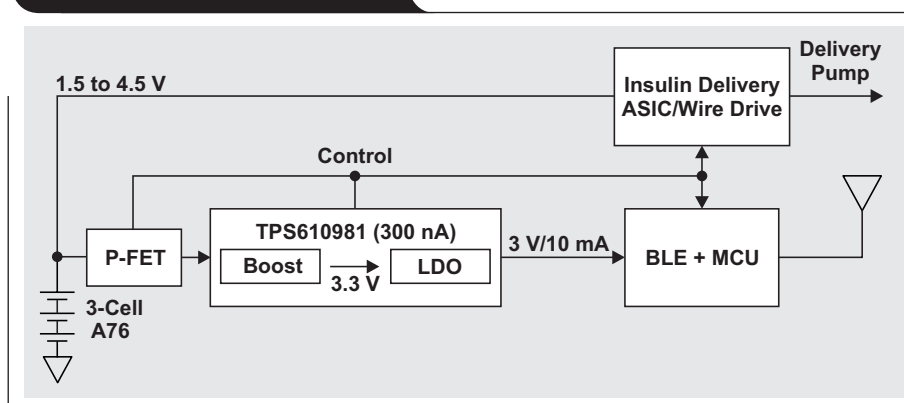


图 3. 胰岛素输送贴片应用



降低的压降电压可实现与开关模式电源相当的效率提升。在便携式电子产品中,使用 LDO 供电的传感器很常见,因为开关转换器会产生过多的噪声。设计人员可使用低 I_Q LDO,前提是它们会随着脉动着的负载延长系统的电池寿命。但是,这不一定是最高效的解决方案,因为负载导通期间的大功耗会大幅降低效率。

图 4 展示了用于构建便携式系统的两种常见电源配置。一种使用通用型低 I_Q LDO,另一种则使用低 I_Q LILO LDO。比较这两种解决方案的功耗可知,通用型低 I_Q LDO 的功耗为 2.7mW,而 LILO LDO 的功耗为 1.8mW(请参阅表 1)。虽然 LILO LDO 的总 I_Q 更高,但使用 LILO LDO 可将效率从 55% 提高至 82%。

如表 1 所示,在便携式应用中,如果电池寿命和效率是主要关注点,那么采用 LILO LDO 会有明显的优势。

使用负载开关进一步延长电池寿命

在优化了电池充电器的前端电源路径以及中轨直流/直流转换器和 LDO 之后,仍然可以使用负载开关来减小任何负载的关断电流。在深度睡眠或休眠模式下,无线电模块会消耗超过 $10\mu\text{A}$ 的电流。负载开关可将关断电流降至仅 10nA (请参阅图 5)。

如果单个产品中有多个传感器和无线发送器,则可使用多个负载开关来禁用负载。

图 4.低 I_Q LDO 与 LILO LDO

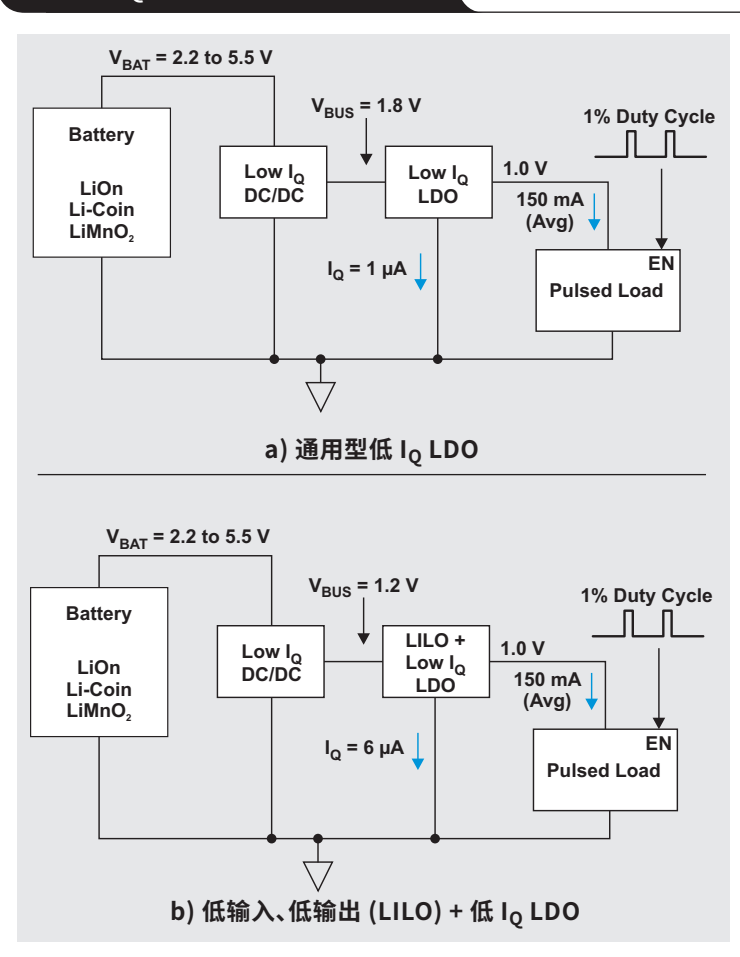
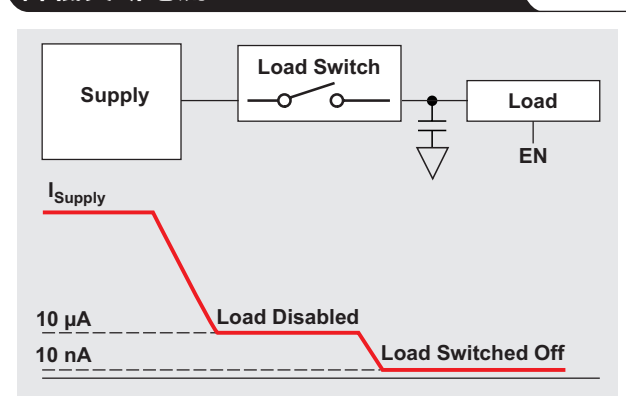


表 1. 效率计算

系统详细信息		低 I_Q LDO	LILO LDO	单位
电压轨	V_{BATT}	3.6	3.6	V
	LDO V_{IN}	1.8	1.2	V
	LDO V_{OUT}	1	1	V
占空比	占空比	1	1	%
负载电流 + I_Q	I_{LOAD}	0.15	0.15	A
	$I_Q V_{IN}$	1	1.6	μA
	I_Q 偏置电流	0	6	μA
功率损耗	$P_{DISS, 负载}$	1.5	1.5	mW
	$P_{DISS, LDO}$	1.2	0.3	mW
	$P_{DISS, 关闭}$	0.002	0.023	mW
	$P_{DISS, 总计}$	2.702	1.823	mW
效率	Eff, 总计	55.5	82.3	%

图 5.通过增加一个低泄漏负载开关来降低关断电流



现在来看看一个使用了标准 4.2V 锂离子可充电电池 (容量为 100mAh) 的无线贴片 (采用低功耗 Bluetooth®) 示例。为了在充电之前至少续航七天, 让某些生命体征传感器保持受电状态, 但可关闭无线电模块。

如表 2 所示, 如果无线电模块在禁用状态下的电流消耗为 10μA, 则至少会用掉 100mAh 电量预算中的 $10\mu\text{A} \times 24 \text{ 小时} \times 7 \text{ 天} = 1.68\text{mAh}$ 。换言之, 仅这一个模块就消耗了至少 1.68% ($1.68\text{mAh}/100\text{mAh}$) 的电池寿命。请注意, 这里还有其他因素导致损耗, 例如最高/最低温度规格、功率元件中的效率损耗以及其他无线电模块的泄漏电流。

使用负载开关会将这种关断泄漏电流降低至仅 10nA。这种情况下, 无线电模块被禁用后对电池寿命几乎没有影响 (0.00168%)。

结论

可通过多种方式延长可穿戴患者监护仪与医疗贴片的电池寿命。延长电池寿命的关键在于减少不必要的系统活动, 从而尽可能降低电流消耗。同时, 电源架构在延长电池寿命方面也起着重要作用。

参考文献

1. Janice Escobar, 《可穿戴生物传感器和线性充电器的未来》, TI E2E™ 社区博文, 2017 年 12 月 4 日。
2. Abhishek Chattopadhyay, 《使用 TPS62730 降低 CC254x 中的电流》, 应用手册 (SWRA365B)

表 2. 使用负载电流开关时的电池容量损耗百分比

输入源	容量	关断周期	无线电模块的关断电流	容量损耗	损耗
锂离子电池 (4.2V)	100mAh	7 天	10μA	0.00168mAh	1.68%
			10nA	0.00000168mAh	0.00168%

相关网站

TI E2E 社区博文:

L1LO LDO 如何提高系统效率

负载开关如何延长设备的电池寿命?

参考设计:

可穿戴无线多参数患者监护仪参考设计 (TIDA-01580)

适用于可穿戴设备和物联网的轻负载高效低噪声电源参考设计 (TIDA-01566)

产品信息:

低功耗 Bluetooth® 产品

低压降线性稳压器 (LDO)

负载开关

TPS62730、TPS62743、TPS62740、TPS610981

TI 全球技术支持

TI 支持

感谢您的订购。如有疑问或需联系我们的支持中心, 请访问

www.ti.com.cn/support

中国: <http://www.ti.com.cn/guidedsupport/cn/docs/supporthome.tsp>

日本: <http://www.tij.co.jp/guidedsupport/jp/docs/supporthome.tsp>

技术支持论坛

在 TI 的 E2E™ 社区 (工程师对工程师) 中搜索数百万个技术问题和答案, 网址

e2e.ti.com

中国: <http://www.deyisupport.com/>

日本: <http://e2e.ti.com/group/jp/>

TI 培训

从技术基础到高级实施, 我们提供点播和直播培训以帮助您实现下一代设计。即刻体验, 请访问

training.ti.com

中国: <http://www.ti.com.cn/general/cn/docs/gencontent.tsp?contentId=71968>

日本: <https://training.ti.com/jp>

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

A011617

E2E 是德州仪器 (TI) 的商标。Bluetooth 文字商标和标识归 Bluetooth SIG, Inc. 所有, 德州仪器 (TI) 对此类商标的使用已获许可。所有其他商标均属于其各自所有者。

© 德州仪器 (TI) 公司 2019, 2021 年版权所有。
保留所有权利。



ZHCT348

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.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 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：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司