



Nini Zhong, Hale Tan, Jing Ji

摘要

如今，智能手表通常配备血氧测量和心跳监测功能。该应用的工作原理是通过 LED 用光照射手腕，而另一侧的光电二极管接收反射光，然后通过比较发射光和反射光之间的差异来计算氧含量。LED 的低频闪烁对低功耗电源设计提出了挑战。尤其是在 LED 亮起的瞬间，负载电流会突然上升，因此输出电压会出现波动。稳定时间越短，LED 照明时间就越短，进而可以帮助智能手环等便携式设备节省更多能耗。这样一来，输出电压的稳定时间就非常重要。因此，瞬态性能通常是检查智能手表中功率器件的一个重要指标。

本应用手册提供了一种适用于 TPS61299 (具有快速瞬态性能的升压转换器) 的电源解决方案。与常见的电源解决方案相比，采用 TPS61299 的智能手表可以将待机时间延长约 6.67% (约为一天)。

内容

1 智能手表快速瞬态性能要求简介.....	2
2 TPS61299 快速瞬态性能简介.....	3
2.1 快速瞬态模式设置.....	3
3 待机时间计算.....	4
4 基于 TPS61299 解决方案的测试报告.....	5
4.1 TPS61299 和 TPS61099 的负载瞬态测试.....	5
4.2 效率和负载调节.....	5
4.3 TPS61299 和 TPS61099 的输出纹波测试.....	5
5 结论.....	7
6 参考文献.....	7

插图清单

图 1-1. 典型瞬态响应.....	2
图 1-2. 快速瞬态响应.....	2
图 2-1. 5V 输出电压快速瞬态模式下的 TPS61299 电源原理图.....	3
图 4-1. TPS61299 瞬态性能.....	5
图 4-2. TPS61099 瞬态性能.....	5
图 4-3. TPS61299 效率, Vout=5V.....	5
图 4-4. TPS61299 负载调节, Vout=5V.....	5
图 4-5. TPS61099 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 0A.....	6
图 4-6. TPS61099 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 25mA.....	6
图 4-7. TPS61099 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 300mA.....	6
图 4-8. TPS61299 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 0A.....	6
图 4-9. TPS61299 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 25mA.....	6
图 4-10. TPS61299 Vin 3.6V, Vout 5V, Iout 300mA.....	6

表格清单

表 2-1. Vsel 引脚设置.....	3
表 3-1. 智能手表应用参数.....	4
表 4-1. TPS61299 和 TPS61099 之间的输出电压纹波比较.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 智能手表快速瞬态性能要求简介

在智能手表应用中，LED 以重复的频率用光照射手腕，而从动脉和静脉中血液反射回来的光会随着血液中氧含量的变化而变化。根据采样理论，LED 至少需要以 50Hz 的频率闪烁，才能相对准确地对 0.5Hz 至 10Hz 范围内的信号进行采样。由于 LED 中的电流会在数百纳秒内从 0mA 突然升高至 200mA，因此输出电压的下冲非常大，如图 1-1 所示。

如果采样在输出电压恢复正常值之前开始，数据精度会显著降低。例如，PSRR 和 SNR 会显著降低。因此，需要等到输出电压稳定至目标值后再触发采样，该等待周期表示为 t_{tran} ，而采样时间为 t_{sample} （这个时间当然可以自定义）。该稳定值在所有采样周期内都是相同的，并且 LED 可以在 t_{sample} 之后熄灭。因此，最短 t_{PWM} 时间可以通过 t_{tran} 加上 t_{sample} 来计算。在整个 t_{PWM} 周期内，LED 电流源需要始终开启，这决定了功耗。

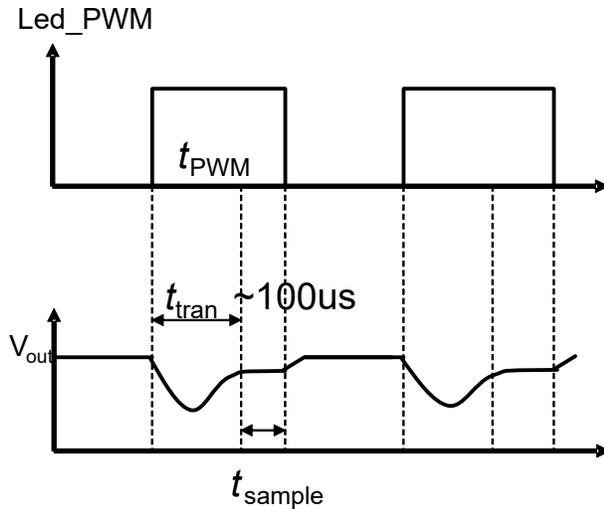


图 1-1. 典型瞬态响应

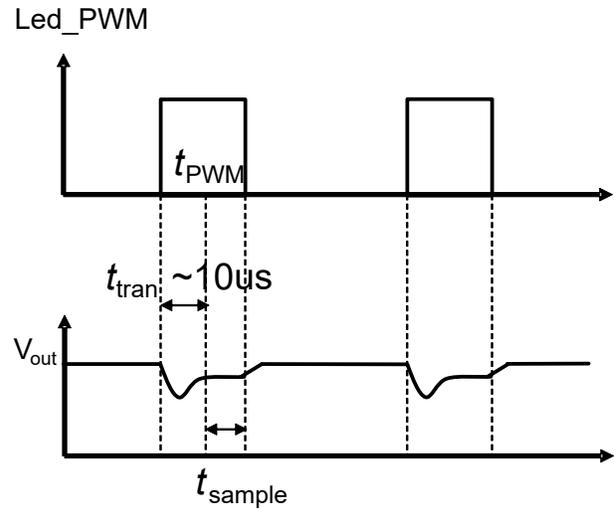


图 1-2. 快速瞬态响应

假设采样时间相等且快速瞬态性能如图 1-2 所示，则 t_{tran} 可以从 100us 缩短到 10us，因此也可以缩短 LED_PWM 的周期（表示为 t_{PWM} ）。通过缩短 LED 发光时间，系统可以降低能耗并提高效率。

2 TPS61299 快速瞬态性能简介

2.1 快速瞬态模式设置

TPS61299 支持高开关频率并可获得高带宽，这两者都有助于实现超快速瞬态性能。如图 2-1 所示，在快速模式下将 Vsel 引脚上拉至 Vout 可以轻松实现 5V 输出电压。

除 5V 输出电压之外，TPS61299 还可支持其他输出电压。请参阅表 2-1，通过使用电阻器将 Vsel 引脚接地，选择具有快速瞬态性能的目标输出。

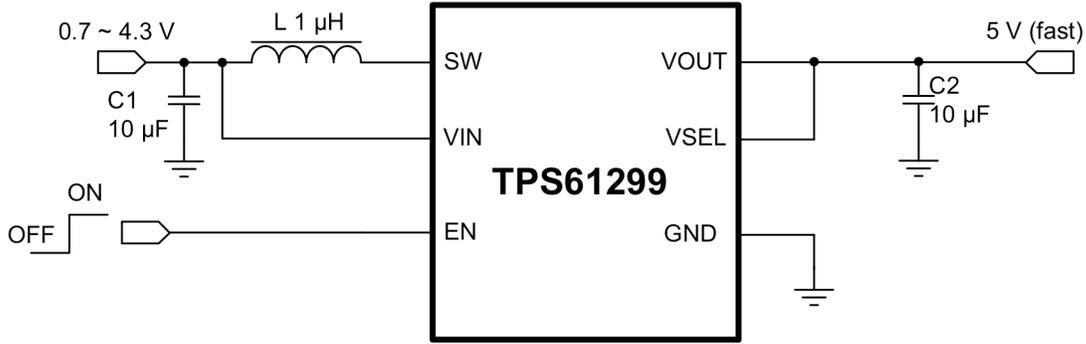


图 2-1. 5V 输出电压快速瞬态模式下的 TPS61299 电源原理图

表 2-1. Vsel 引脚设置

电阻 (kΩ)	V _{OUT_REG} (V)	电阻 (kΩ)	V _{OUT_REG} (V)	电阻 (kΩ)	V _{OUT_REG} (V)	电阻 (kΩ)	V _{OUT_REG} (V)
4.75	5.5 (快速)	14.7	4.5 (快速)	442	5 (快速)	Vout 引脚, 442	5 (快速)

3 待机时间计算

为了直观地了解快速瞬态性能在智能手环应用中的优势，本文根据实际市场应用和具有快速瞬态模式的 TPS61299 应用做出以下假设。

其中：

- LED 闪烁频率为 f ，LED 点亮时间为 t_{pwm}
- LED 灯的能量损耗为 P_{LED} ，系统的能量损耗为 P_{sys} 。
- 闪烁时，LED 的功耗为 P_{AFE}
- 锂电池的容量为 E_{bat} 。

LED 的能量损耗为：

$$P_{AFE} = P_{LED}t_{pwm}f \quad (1)$$

实际市场应用的待机时间为：

$$t = \frac{E_{bat}}{P_{sys} + P_{LED}t_{pwm}f} \quad (2)$$

延长的待机时间为：

$$t_{extend} = t_2 - t_1 \quad (3)$$

t_1 是市场应用的待机时间， t_2 是 TPS61299 应用的待机时间

表 3-1 展示了实际市场应用和具有快速瞬态模式的 TPS61299 应用的参数：

表 3-1. 智能手表应用参数

参数	值	参数	值	参数	值
t_{pwm1}	60us	f	50Hz	P_{LED}	0.3mW
t_{pwm2}	120us	E_{bat}	450mAh	P_{sys}	1.159mW

根据上述参数和公式，实际市场应用和具有快速瞬态模式的 TPS61299 应用的能量损耗分别为 0.18mW 和 0.09mW。实际市场应用的待机时间为 14.00 天，具有快速瞬变模式的 TPS61299 应用的待机时间为 15.01 天，所以具有快速瞬变模式的 TPS61299 应用可以将待机时间延长 1.01 天。

4 基于 TPS61299 解决方案的测试报告

4.1 TPS61299 和 TPS61099 的负载瞬态测试

图 4-1 展示了具有快速瞬态模式的 TPS61299 应用在 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 和 0A 至 0.5A 条件下的负载瞬态波形。图 4-2 展示了 TPS61099 在 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 和 0A 至 0.5A 条件下的负载瞬态波形。具有快速瞬态模式的 TPS61299 应用的 t_{tran} 和 TPS61099 的 t_{tran} 分别为 8 μs 和 86.8 μs 。



图 4-1. TPS61299 瞬态性能

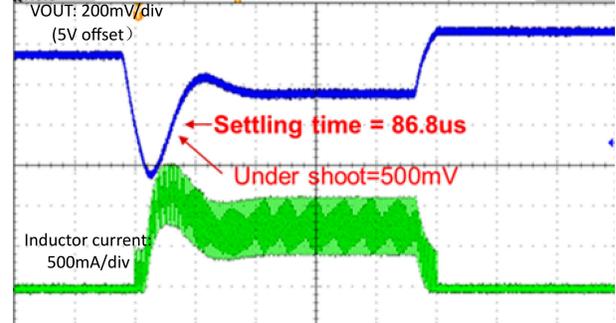


图 4-2. TPS61099 瞬态性能

4.2 效率和负载调节

图 4-3 展示了 $V_{out} = 5V$ 时 TPS61299 在不同输入电压条件下的效率。如图所示，当 V_{in} 高于 3.0V 时，1 μA 超轻负载条件下的效率仍可保持在 70% 以上。特别是当输出电流高于 6mA 时，效率可保持高达 95% ($V_{in} = 4.3V$ 时)，与正常模式相同。

图 4-4 展示了 $V_{out} = 5V$ 时 TPS61299 在不同输入电压条件下的调节情况。

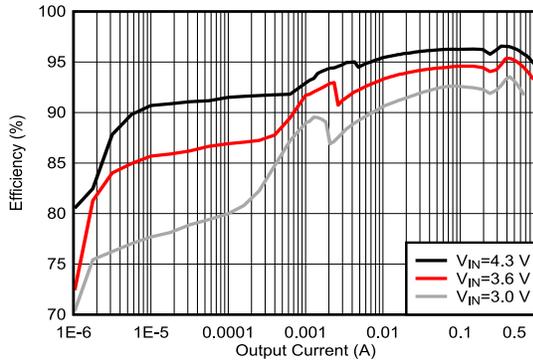


图 4-3. TPS61299 效率， $V_{out}=5V$

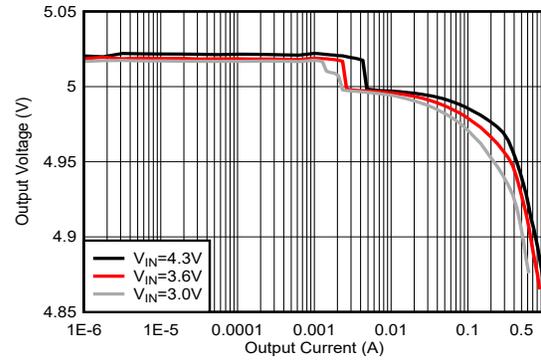


图 4-4. TPS61299 负载调节， $V_{out}=5V$

4.3 TPS61299 和 TPS61099 的输出纹波测试

图 4-5 至图 4-7 展示了 V_{IN} 为 3.6V、 V_{OUT} 为 5V 且 I_{out} 为 0mA、25mA 和 200mA 时，TPS61099 的输出电压纹波。图 4-8 至图 4-10 展示了 V_{IN} 为 3.6V、 V_{OUT} 为 5V 且 I_{out} 为 0mA、25mA 和 200mA 时，TPS61299 的输出电压纹波。无论在何种情况下，TPS61299 的输出电压纹波都小于 TPS61099。

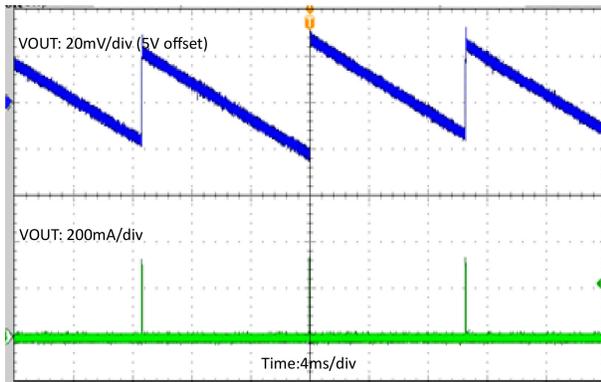


图 4-5. TPS61099 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 0A

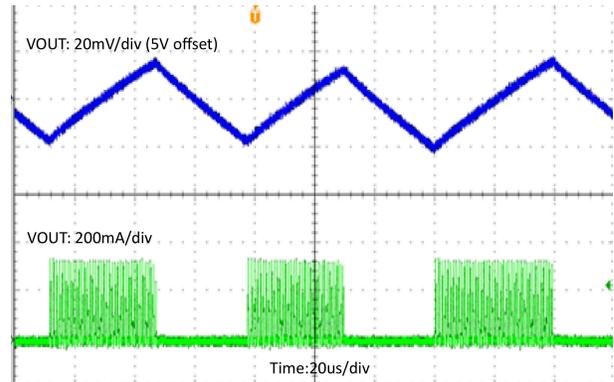


图 4-6. TPS61099 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 25mA

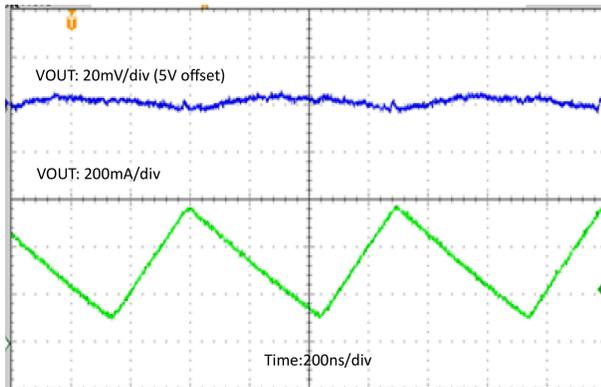


图 4-7. TPS61099 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 300mA

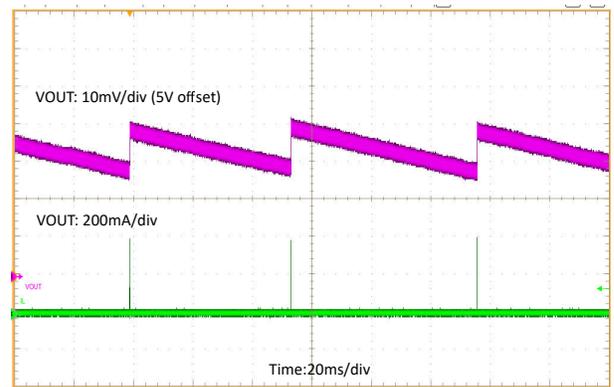


图 4-8. TPS61299 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 0A

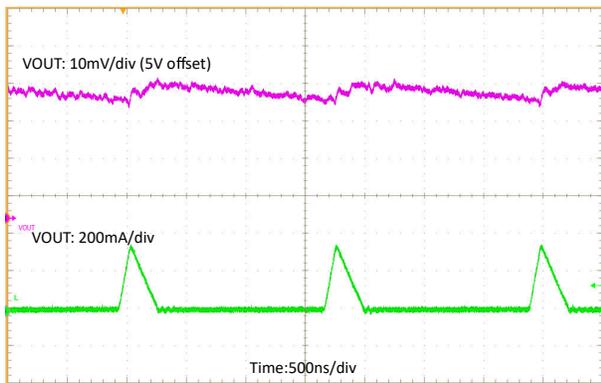


图 4-9. TPS61299 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 25mA

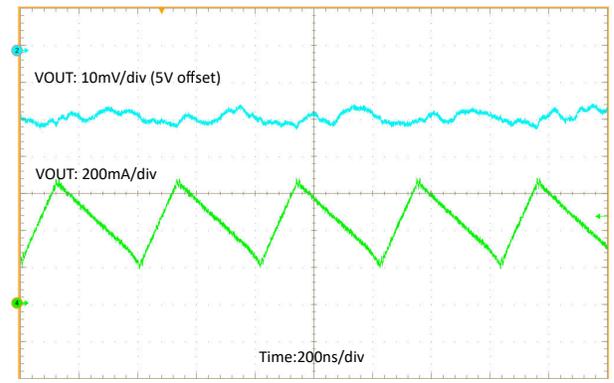


图 4-10. TPS61299 Vin 3.6V , Vout 5V , Iout 300mA

表 4-1 总结了 TPS61299 和类似产品的输出电压纹波。无论在何种情况下，TPS61299 的输出电压纹波都小于市场上的类似产品。

表 4-1. TPS61299 和 TPS61099 之间的输出电压纹波比较

输出电压纹波	0mA	25mA	200mA
TPS61299	28mV	7mV	6mV
TPS61099	52mV	100mV	8mV

5 结论

使用 TPS61299 升压转换系统时具有快速瞬态性能，可大幅缩短调节时间、提高电源系统效率并延长智能手表的待机时间。TPS61299 适用于智能手表快速瞬态性能应用。与市场上的类似产品相比，TPS61299 具有更高的效率和更小的输出电压纹波。

同时，TPS61299 可用于其他便携式产品应用场景，尤其是负载有规律波动的场景，例如周期性低频发光或周期性低频声波应用。

6 参考文献

1. 德州仪器 (TI)，[TPS61299 具有输入电流限制和快速瞬态性能的 95nA 静态电流、5.5V 升压转换器](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[TPS61099 具有超低静态电流的同步升压转换器](#) 数据表。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司