



Justin Kim

## 摘要

本应用手册介绍了一种自动切换设计，该设计不使用来自 MCU（微控制器单元）的 GPIO（通用输入输出）信号来延长电池运行时间。这是使用太阳能电池或可变电源作为主电源并以电池作为备用电源的应用的一个要求。如果主电源低于目标电压，则必须将电池用作系统的电源，以便保持最小  $V_{out}$ 。MCU 可用于监控电源输入，并通过 GPIO 在电池和主电源之间选择电源。但是，这意味着 MCU 必须处于工作模式，即使将电池用作电源也是如此。对于需要较长电池运行时间的应用而言，这一点非常重要。本报告介绍了如何使用 TPS2121 实现自动切换，从而在所需应用的 MCU 处于睡眠模式时延长电池运行时间。

## 内容

1 引言.....	2
1.1 设计示例规格.....	2
2 设计注意事项.....	3
2.1 最高电压工作方案 (VCOMP).....	3
2.2 输出电压骤降和切换.....	5
2.3 过压计算.....	7
3 测试结果.....	8
3.1 从主电源 (IN1) 无缝切换至备用电源 (IN2).....	8
3.2 从备用电源 (IN2) 无缝切换至主电源 (IN1).....	9
4 总结.....	10
5 参考文献.....	10

## 插图清单

图 1-1. 简化版方框图.....	2
图 2-1. 采用 VCOMP 配置的简化设计示例.....	3
图 2-2. VCOMP 优先电源选择 ( $V_{IN1}$ 固定不变).....	3
图 2-3. VCOMP 优先电源选择 ( $V_{IN2}$ 固定不变).....	3
图 2-4. 无缝切换时序图.....	4
图 2-5. $V_{DIP}$ 图.....	5
图 2-6. 从较低电压切换到较高电压.....	5
图 2-7. 从较高电压切换到较低电压.....	6
图 2-8. OV 电阻器.....	7
图 3-1. 从 IN1 无缝切换至 IN2.....	8
图 3-2. 从 IN1 无缝切换至 IN2.....	8
图 3-3. 从 IN2 无缝切换至 IN1.....	9
图 3-4. 从 IN2 无缝切换至 IN1.....	9

## 表格清单

表 1-1. 设计示例规格.....	2
表 2-1. $I_Q$ 、 $I_{SBY}$ 的规格.....	4

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

此设计示例使用太阳能电池这一可变电源作为主电源。当高于备用电源时，主电源需要为  $V_{OUT}$  供电。但是，由于天气原因，主电源可能会低于备用电源。如果主电源电压较低，则系统需要切换到备用电源，而又不中断正常运行。如果不进行切换，这可能会导致下游负载复位或进入欠压锁定状态。电池通常用作备用电源，以便保持系统的最小  $V_{OUT}$ 。

电池必须能尽可能长地维持系统运行，而又不中断正常运行。为了更大幅度地延长电池运行时间，需要尽可能地减小电池的漏电流。在输入电源被禁用后，TPS2121 支持  $I_{SBY} = 25\mu A$  (最大值)。借助  $V_{COMP}$  模式配置，TPS2121 能够支持自动切换并尽可能地减少漏电流。因此，当选择主电源作为系统的  $V_{OUT}$  时，TPS2121 可以更大幅度地减小电池的漏电流。请参阅节 2，了解有关此方面的详细信息。

TPS2121 还具有过压保护、快速反向电流阻断、有源电流限制和软启动控制等附加功能。如果是在高电流轨之间切换，则建议使用大输入电容器。这些电容器可以帮助提供临时电源来实现稳定的切换。

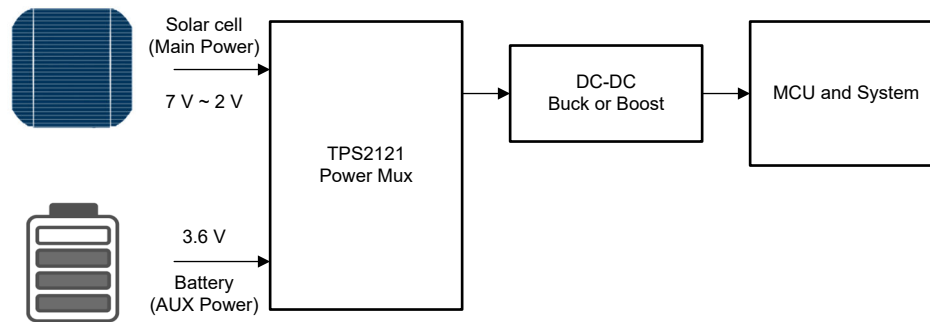


图 1-1. 简化版方框图

### 1.1 设计示例规格

表 1-1. 设计示例规格

参数	规格	详细信息
主电源 (IN1)	VIN1	2V 至 7V (太阳能电池)
辅助电源 (IN2)	VIN2	3.6V (电池)
输出电压	VOUT	VIN1 和 VIN2 之间的最高电压 (最小值: VBAT, 最大值: 7V)
输出电容	C <sub>OUT</sub>	320μF
负载电流	I <sub>OUT</sub>	100mA
静态电流	I <sub>SBY</sub> (输入被禁用)	< 50μA

## 2 设计注意事项

### 2.1 最高电压工作方案 (VCOMP)

如果 PR1 和 CP2 都小于 VREF (典型值为 1.06V)，则器件会使用两个输入之间的内部比较器来确定优先电源。通过将 PR1 和 CP2 下拉至地，可以轻松实现此模式。图 2-1 展示了此配置的简化应用电路。

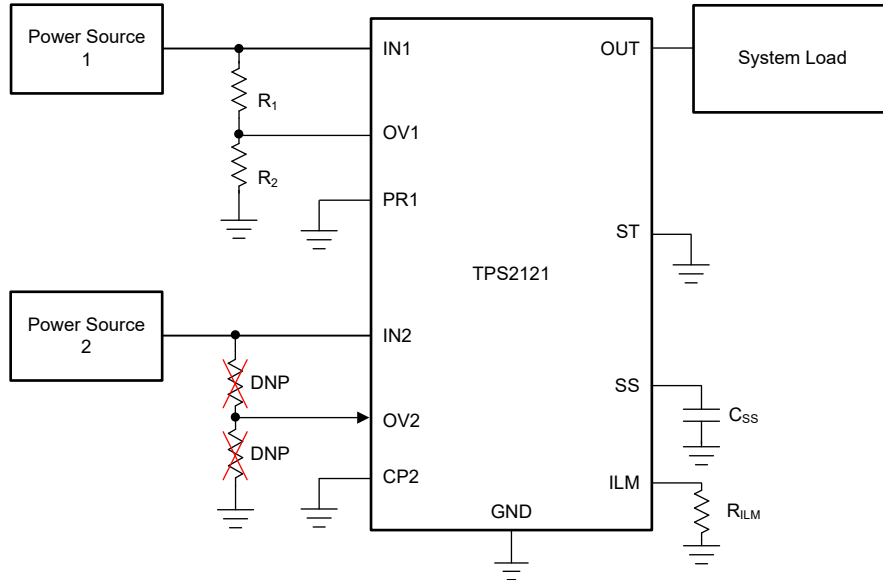


图 2-1. 采用 VCOMP 配置的简化设计示例

图 2-2 展示了如何在  $V_{IN1}$  固定不变的情况下选择  $V_{COMP}$  优先电源。如果两个输入电压相等， $V_{comp}$  和迟滞确保 IN2 优先。如果 IN2 下降至小于  $V_{comp}$  加上迟滞，则 IN1 将优先。如果重新施加 IN2，当它处于 IN1 的  $V_{comp}$  范围内时，IN2 将优先。图 2-3 展示了  $V_{IN2}$  固定不变时的情况。如果 IN1 上升到大于 IN2 加上  $V_{comp}$  和迟滞，那么 IN1 优先。如果 IN1 下降至小于 IN2 减去  $V_{comp}$ ，IN2 将优先于 IN1。

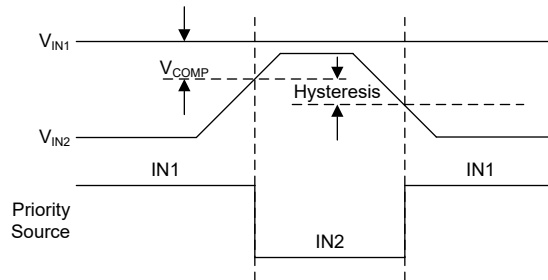


图 2-2. VCOMP 优先电源选择 ( $V_{IN1}$  固定不变)

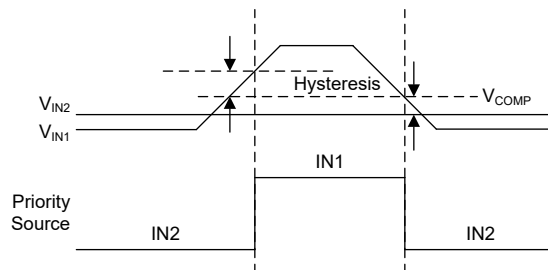


图 2-3. VCOMP 优先电源选择 ( $V_{IN2}$  固定不变)

在此设计示例中，IN2 用作电池的辅助电源，以便保持最小  $V_{OUT}$  作为电池电压。图 2-3 展示了如何在  $V_{IN2}$  固定不变的情况下选择  $V_{COMP}$  优先电源。请参阅图 2-4，了解通过更改主电源和切换时序进行电源选择的工作原理。

理。最小  $V_{OUT}$  不受  $V_{COMP}$  和迟滞的影响，从而保持最小  $V_{OUT}$ 。在主电源上升到高于  $V_{COMP}$  加上迟滞电压之前，辅助电源优先。

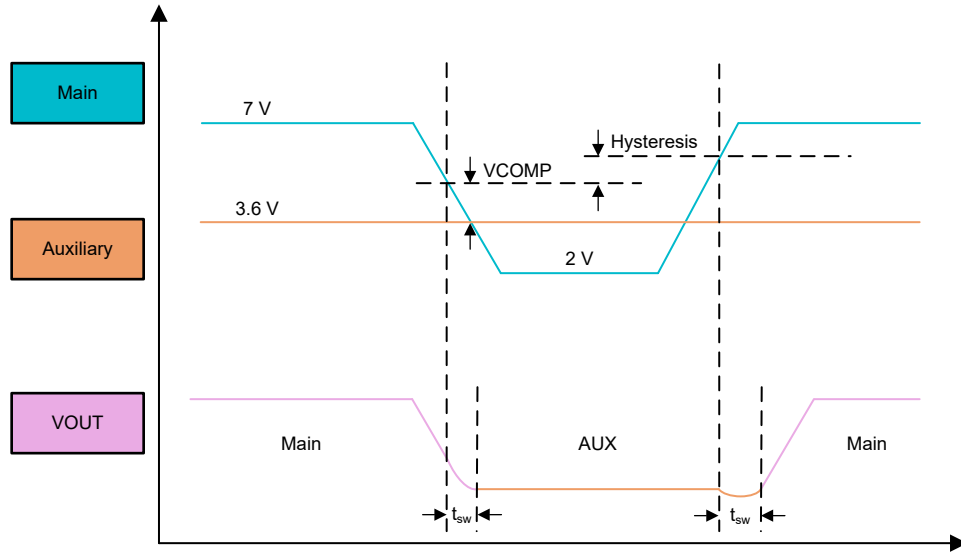


图 2-4. 无缝切换时序图

如果不需要最小  $V_{OUT}$ ，用户可以选择  $IN2$  作为主电源， $IN1$  作为辅助电源。然后，由于  $V_{COMP}$  和迟滞导致主电源降至辅助电源以下时会发生切换，因此系统可以更大限度地扩大  $V_{OUT}$  的主电源范围。因此，系统可以更大限度地减少电池使用，从而节省电量。

通过将  $CP2$  下拉至地，该过程有助于消除漏电流。此外，建议不要在此设计示例中为  $OV2$  设置填充电阻器，以便消除电池的额外漏电流。表 2-1 展示了用户可以估计的  $I_Q$ 、 $I_{SBY}$  值。 $I_Q$  是在空载条件下从已启用输入端产生的电流。 $I_{SBY}$  是在空载条件下从已禁用输入端产生的电流。TPS2121 支持典型值为  $15\mu A$  的  $I_{SBY}$ 。因此，在本设计示例中，它可以实现所需的静态电流 ( $<50\mu A$ )。有关规格的更多详细信息，请参阅[支持无缝切换的 TPS212x 2.8V 至 22V 主电源多路复用器](#) 数据表。

表 2-1.  $I_Q$ 、 $I_{SBY}$  的规格

参数		测试条件	$T_J$	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入源 (<math>IN1</math>、<math>IN2</math>)</b>							
$I_{Q, INx}$	静态电流 ( $INx$ 断电)	$OUT =$ 开路	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$		300	400	$\mu A$
$I_{SBY, INx}$	待机电流 ( $INx$ 未断电)	$V_{OUT} = V_{INx}$	$25^{\circ}C$	0	15	25	$\mu A$
			$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$			25	$\mu A$

## 2.2 输出电压骤降和切换

在输入建立至稳定状态后，TPS2121 会利用快速切换来大大减少输出电压骤降。但是，在 VCOMP 配置中，TPS2121 不支持快速切换，因为  $CP2 > V_{REF}$  是必需条件。正常切换时间为  $100 \mu s$ 。输出端的压降大小取决于输出负载电流 ( $I_{OUT}$ ) 和负载电容 ( $C_{OUT}$ )。切换期间的最小输出电压 ( $V_{OUT,MIN}$ ) 可通过以下公式得出：

$$V_{OUT,MIN} = V_{SW} - V_{DIP} \quad (1)$$

$$V_{DIP} = t_{SW} \times \frac{I_{OUT}}{C_{OUT}} \quad (2)$$

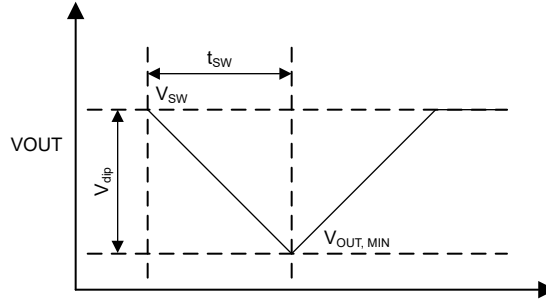


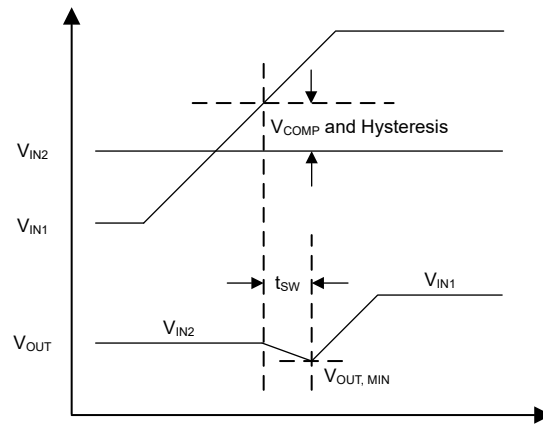
图 2-5.  $V_{DIP}$  图

$V_{DIP}$  发生在器件识别到  $IN1$  上的电压超过图 2-5 中所述的切换阈值后。最大输出骤降 ( $V_{DIP}$ ) 和输出负载电流 ( $I_{OUT}$ ) 取决于系统规格，如下所示。这些值可以预先确定并可通过改变系统的负载电容进行调整。对于这个设计示例，方程式 3 展示了相关计算。因此，在两个输入之间切换期间，此设计示例的输出会额外下降  $31.25mV$ 。

标称  $V_{DIP}$  计算

$$V_{DIP} = 100\mu s \times \frac{100mA}{320\mu F} = 31.25mV \quad (3)$$

如果从较低电压切换到较高电压，则所选通道不会检测到反向电压，并且应会立即导通来使用电流监视器将输出电流限制在安全水平。



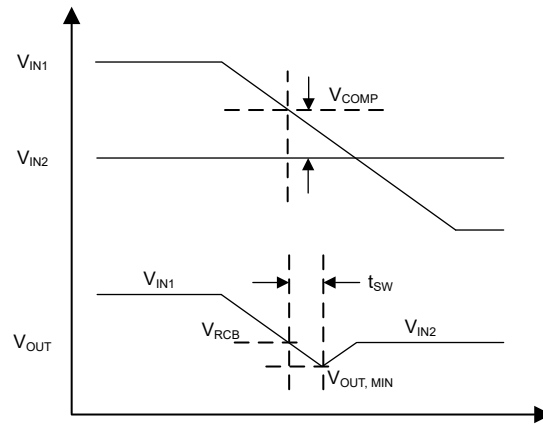
$$V_{OUT,MIN} = V_{IN2} - (t_{SW} \times S_{ROUT}) \text{ where } S_{ROUT} = I_{OUT}/C_{OUT}$$

$$V_{OUT,MIN} = 3.6 V - (100 \mu s \times 100 mA / 320 \mu F) = 3.568 V$$

$$V_{OUT,MIN} = 3.6 V - (100 \mu s \times 300 mA / 320 \mu F) = 3.506 V$$

图 2-6. 从较低电压切换到较高电压

如果在输出电压仍然较高的情况下选择了输入，则该通道会继续阻断反向电流，方法是等待导通，直到输出降至  $V_{RCB}$  阈值以下。



$$V_{OUT,MIN} = V_{IN2} + V_{RCB} - (t_{SW} \times S_{ROUT}) \text{ where } S_{ROUT} = I_{OUT}/C_{OUT}$$

$$V_{OUT,MIN} = 3.6 \text{ V} + 25 \text{ mV} - (100 \mu\text{s} \times 100 \text{ mA} / 320 \mu\text{F}) = 3.593 \text{ V}$$

$$V_{OUT,MIN} = 3.6 \text{ V} + 25 \text{ mV} - (100 \mu\text{s} \times 300 \text{ mA} / 320 \mu\text{F}) = 3.531 \text{ V}$$

图 2-7. 从较高电压切换到较低电压

## 2.3 过压计算

IN1 和 IN2 都受到输出过压保护，防止任一施加的电压大于支持的最大负载电压。OV1 和 OV2 引脚上的 VREF 比较器允许独立调整过压保护阈值。当出现过压情况时，如果引脚上的电压达到 1.1V，相应的通道会立即关闭。然后，如果另一个输入具有有效电压，TPS2121 将切换到该输入。但是，此设计示例中未使用 IN2 的 OVP。

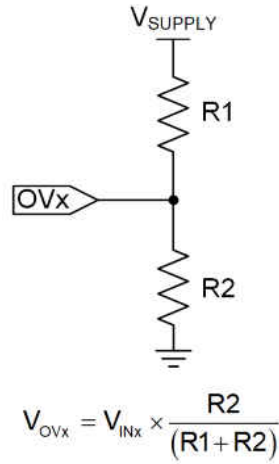


图 2-8. OV 电阻器

在此设计示例中，通道 1 上的过压设定为 7V，这是来自 IN1 的最大电压。方程式 4 展示了 OV 电阻计算方式。

$$1.1 \text{ V} = V_{IN1} \times \frac{5\text{k}}{5\text{k} + 26.8\text{k}} \rightarrow 7 \text{ V} \quad (4)$$

### 3 测试结果

#### 3.1 从主电源 (IN1) 无缝切换至备用电源 (IN2)

第一种情况展示了主电源 (IN1) 降至低于备用电源 (IN2) 的情况，这是会自动切换到 IN2。此设计示例将在 IN1 上的电压约为 3.89V 时启动自动切换。由于 IN2 为 3.6V，一旦 IN1 达到  $(3.6V + V_{COMP})$ ，TPS2121 将切换到 IN2。如图 3-1 所示，IN1 是蓝线，IN2 是绿线，VOUT 是紫线。

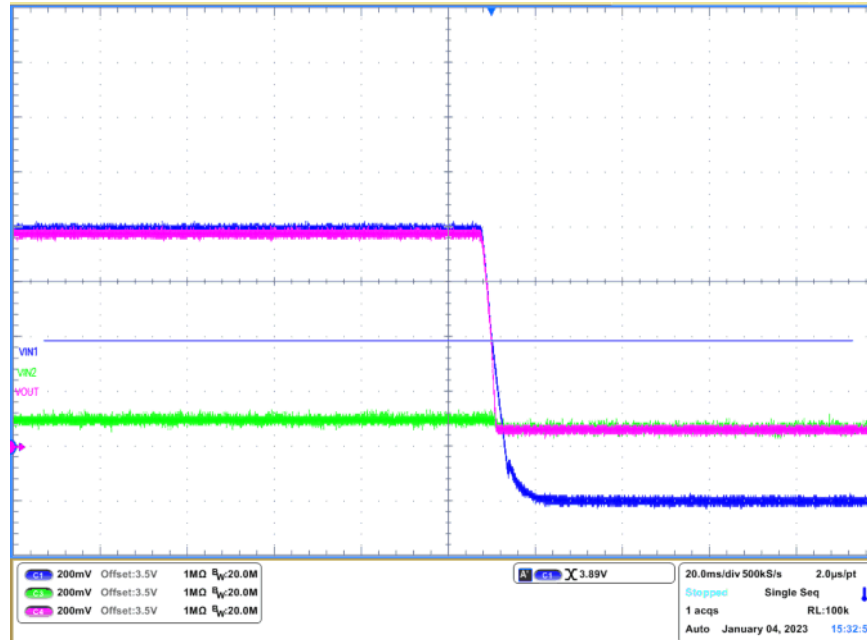


图 3-1. 从 IN1 无缝切换至 IN2

放大图 3-2 可以看到，当 IN1 降至 3.89V 以下时，VOUT 下降。快速反向电流阻断功能可防止 VOUT 高于 VIN2 时出现反向电流。当 VOUT 降至 VIN2 的  $V_{RCB}$  ( $25mV + 3.6V$ ) 范围内时，VIN2 会快速重新导通，避免切换期间出现不必要的压降。由于切换期间的预期压降为 31.25mV，VOUT 降至约 3.596V。图 2-7 展示了此情况。

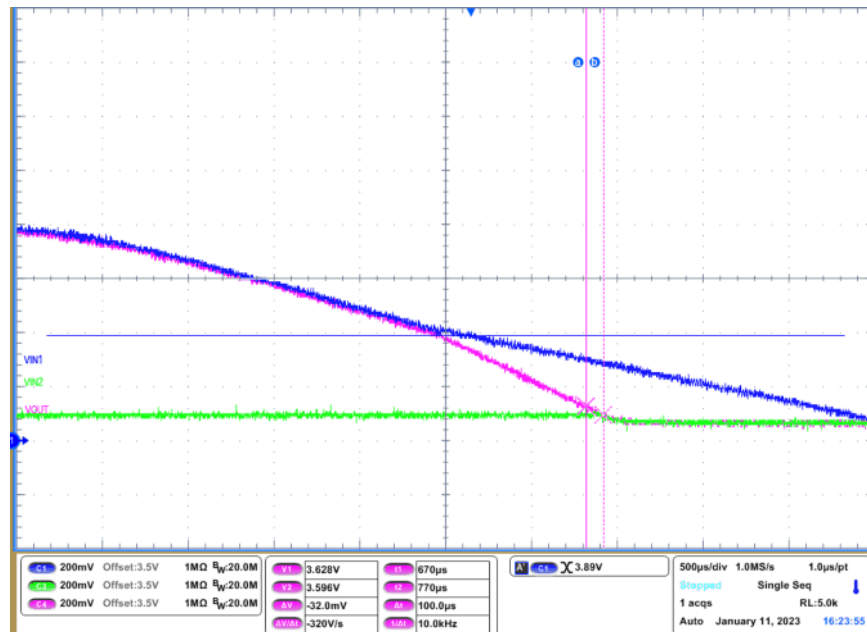


图 3-2. 从 IN1 无缝切换至 IN2



### 3.2 从备用电源 (IN2) 无缝切换至主电源 (IN1)

在这种情况下，主电源 (IN1) 已高于备用电源 (IN2)，而备用电源正在为下游系统供电。在此设计示例中，当 IN1 上的电压达到大约 4.03V 时，切换将自动开始。图 3-3 展示了这种情况下的切换。由于 IN2 为 3.6V，一旦 IN1 达到  $(3.6V + V_{COMP} + \text{滞后})$ ，TPS2121 将切换到 IN1。

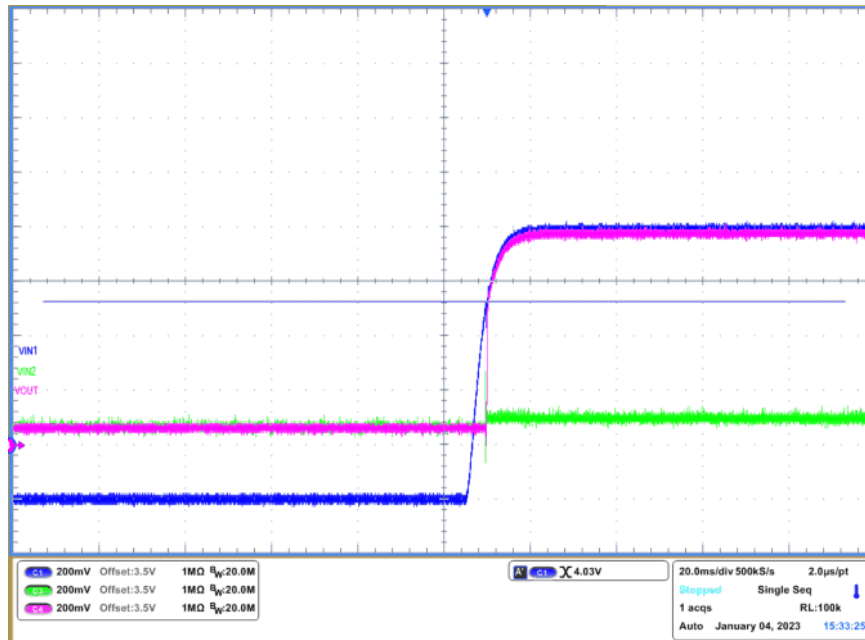


图 3-3. 从 IN2 无缝切换至 IN1

通过放大图 3-4 可以看到，当 IN1 增加到 4.03V 以上时，发生了切换。图中展示了 IN2 振荡，这会导致在选择稳定电源时出现延迟。一旦这个振荡完成，切换就会发生。由于切换期间的预期压降为 31.25mV，因此 Vout 在切换期间下降约 32mV。图 2-6 展示了此情况。

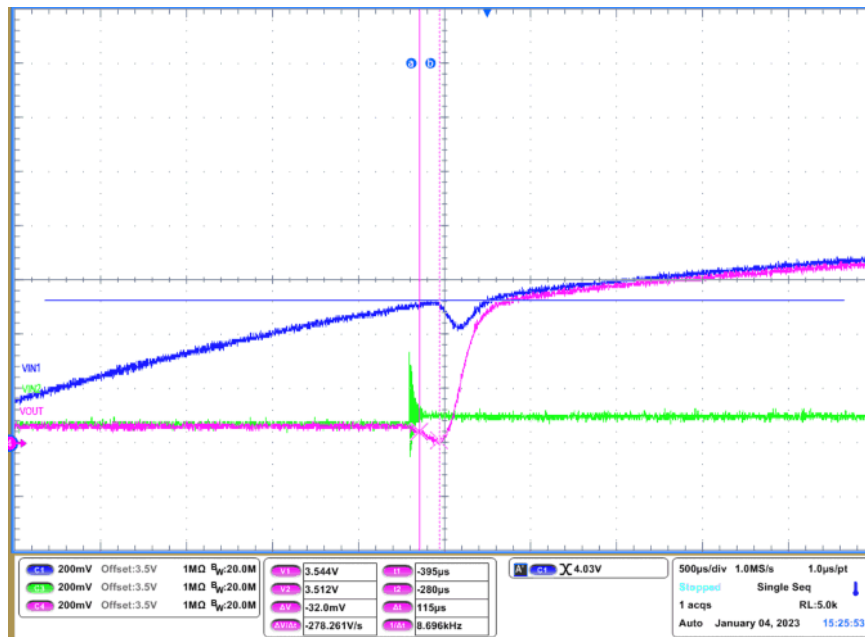


图 3-4. 从 IN2 无缝切换至 IN1

## 4 总结

本应用手册介绍了不使用 MCU GPIO 的自动切换设计。所述的设计允许 MCU 进入并保持睡眠模式，从而更大幅度地降低所需应用中的电池功耗。TPS2121 支持最高电压工作模式 (VCOMP) 和无缝转换，而又不中断正常工作。本应用手册介绍了实现电源无缝切换的设计示例和实验结果，以及设计中的待机电流和漏电流。

## 5 参考文献

- 德州仪器 (TI), [支持无缝切换的 TPS212x 2.8V 至 22V 主电源多路复用器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TPS212X 评估模块用户指南](#)。
- 德州仪器 (TI), [适用于备用电源的无缝切换参考设计](#)。

## 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