



Jasper Li

摘要

TI 的 TPS61022 和 TPS61023 升压转换器可在器件启动后以低至 0.4V 的输入电压运行。但是，在某些应用中需要更高的欠压锁定值。本应用报告提出了一种可在 0.4V 至 1.7V 之间调节欠压锁定电压的外部电路。

内容

1 引言.....	2
2 建议电路的原理.....	2
3 基准测试.....	5
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

表 1-1 是从 **TPS61022** 和 **TPS61023** 数据表中摘录的部分电气规格。欠压锁定 (UVLO) 阈值在上升沿为 1.7V，在下降沿为 0.4V。这意味着，如果 EN 引脚为逻辑高电平：

- 当 V_{IN} 引脚高于 1.7V 时，器件将启动。
- 当输出电压 (V_{OUT}) 上升至高于 2.2V 时，器件仅在输入电压低于 0.4V 后再次关断。

表 1-1. TPS61022 和 TPS61023 V_{IN} 引脚 UVLO 规格

参数	测试条件	典型值	最大值	单位
V_{IN_UVLO}	V_{IN} 上升	1.7	1.8	V
	V_{IN} 下降	0.4	0.5	V

这种超低 UVLO 的特性在超级电容器电源系统等应用中非常有用，有助于利用超级电容器中的所有能量。但是，该特性不是我们一直需要的。如果转换器由两节串联的碱性电池供电，工作电压介于 3.2V 至 1.4V 之间，则最低工作电压不需要低于 1.2V。在较高电压下关闭升压转换器有助于轻松选择外部元件（例如电感器和电容器），还有助于保护电池免于过度放电。

本应用报告介绍了在高于 0.4V 的电压下关断 **TPS61022** 和 **TPS61023** 器件的电路，并以 **TPS61022** 器件为例，提供了理论分析和工作台测试结果，以验证建议的电路。

2 建议电路的原理

建议的解决方案利用 EN 逻辑阈值电压的特殊功能，如表 2-1 所示：

- 当 $V_{IN} > 1.8V$ 或 $V_{OUT} > 2.2V$ 时，EN 逻辑高电平阈值 V_{EN_H} 为 1.2V。
- 器件开始运行后，典型的 EN 逻辑低电平阈值 V_{EN_L} 通常为 0.42V，最小值为 0.35V，最大值为 0.42V

表 2-1. TPS61022 EN 引脚规格

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	$V_{IN} > 1.8V$ 或 $V_{OUT} > 2.2V$		1.2	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	$V_{IN} > 1.8V$ 或 $V_{OUT} > 2.2V$	0.35	0.42	V

图 2-1 展示了建议解决方案的简化原理图。工作原理详述如下：

- 开始时，器件 $V_{IN} < 1.7V$ 且 $V_{OUT} = 0V$ 。器件关断并断开 V_{IN} 和 V_{OUT} 的连接。NMOS Q1 关断，EN 引脚上的电压 V_{EN} 等于 V_{IN} 。
- 当 V_{IN} 增加至高于典型值 1.7V（最大值 1.8V），并且 EN 电压高于逻辑高电平阈值时，器件开始运行。EN 逻辑高电平阈值通常为 0.95V，最大值为 1.2V。当 $V_{EN} = V_{IN} > 1.7V$ 时，器件将开始软启动过程。在软启动过程中，该器件最初对 V_{OUT} 进行预充电，使其接近 V_{IN} ，然后转为将输出升至更高的电压。
- V_{OUT} 变为高于 2.2V 后， V_{IN} 引脚的 UVLO 值更改为典型值 0.4V，EN 逻辑低电平阈值更改为 0.42V。由于 R5、R6 和 C2，Q1 栅极电压仍然过低而无法导通， V_{EN} 仍等于 V_{IN} 。
- 在 V_{OUT} 滑行至设置值并且 Q1 导通后，EN 引脚上的电压由方程式 1 定义。

$$V_{EN} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \times V_{IN} \quad (1)$$

- 如果 V_{IN} 下降并导致 V_{EN} 低于典型值 0.42V，器件将关断。 V_{OUT} 由负载放电。Q1 关断后， V_{EN} 将再次等于 V_{IN} 。但是，如果 $V_{IN} < 1.7V$ ，器件将保持关闭。

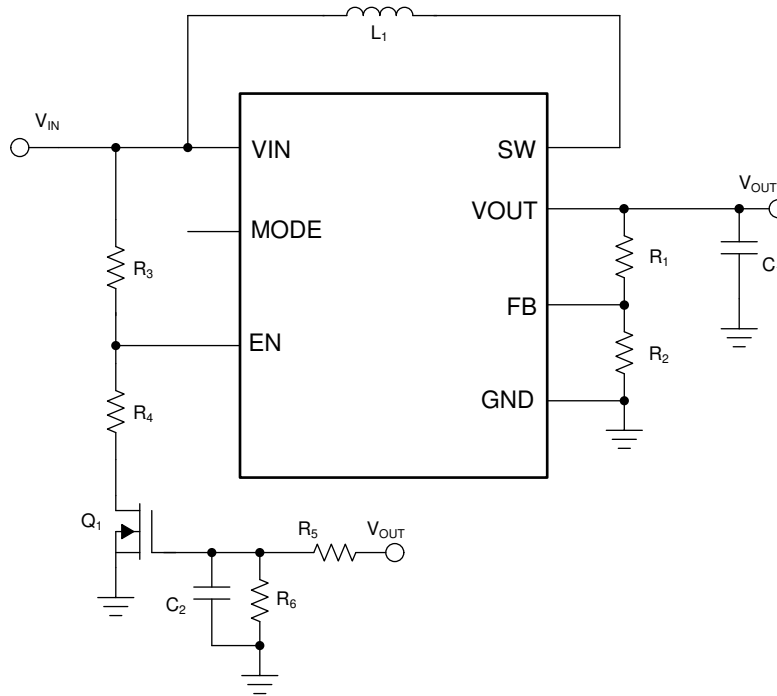


图 2-1. 建议电路的原理图

根据前面的分析，此方法设置的 UVLO 值必须低于 1.7V。

R5、R6 和 C2 的功能是在 VOUT 就绪前使 Q1 保持关断状态。但在输出电压稳定在设置电压后，Q1 必须导通。稳定条件下的栅源电压由方程式 2 定义，该电压应比 MOSFET 栅源阈值电压高 10%，以实现设计裕度。

$$V_{GS} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} \times V_{OUT} > 1.1 \times V_{GS(th)} \quad (2)$$

其中

- $V_{GS(th)}$ 是 MOSFET 的栅源阈值电压
- V_{OUT} 是输出电压的设置值

R5、R6 和 C2 的时间常数由方程式 3 定义，建议为器件的启动时间 - 700 μ s (典型值)。

$$T_{RC} = \frac{R_5 \times R_6}{R_5 + R_6} \times C_2 \quad (3)$$

图 2-2 显示了通过外部控制逻辑引脚关断升压转换器的方法。如果 CTRL 为高电平，器件将关断；如果 CTRL 为低电平，器件将由建议的电路控制。如果 CTRL 信号可以支持开漏输出，即可直接连接到 EN 引脚。然后在 CTRL 低电平逻辑时升压会关闭，这由 CTRL 开漏上的建议电路控制。

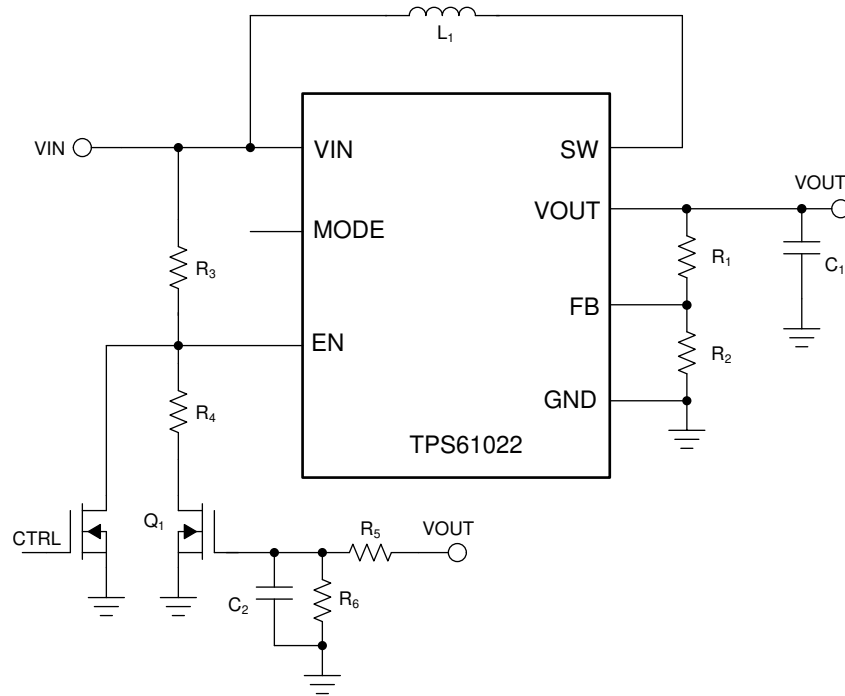


图 2-2. 使用 I/O 关断建议电路的方法

假设输出电压设置为 5V，新的 UVLO 电压为 1.2V，以下过程详细介绍了建议电路的元件设计：

- 将 R3 设为 1M Ω ，根据方程式 1，R4 将为 538k Ω 。考虑到表 2-1 中的阈值变化，新的 UVLO 值将具有 1V 的最小值和 1.29V 的最大值。
- 选择 CSD13381F4 作为 Q1，其栅源阈值电压 $V_{GS(th)}$ 的典型值为 0.85V，室温下的最小值为 0.65V，最大值为 1.1V。考虑到 $V_{GS(TH)}$ 过热的变化，栅源电压必须高于 1.2V 才能安全地导通 MOSFET。选择 1M Ω R5，根据方程式 2，R6 将为 359k Ω 。
- 将 R5、R6 和 C2 的时间常数选为 700 μ s (TPS61022 启动时间)，根据方程式 3，C2 将为 2.6nF。

图 2-3 显示了外部元件的值。

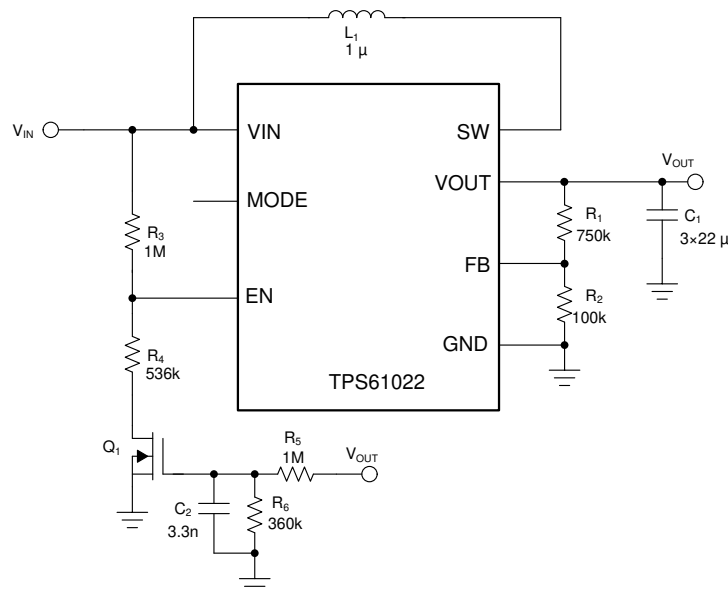


图 2-3. 建议电路的元件值

3 基准测试

添加建议的电路后，启动波形如图 3-1 所示。

- 当 V_{IN} 低于 1.7V 时，TPS61022 器件会关闭。VOUT 为零，EN 引脚电压等于输入电压。
- $V_{IN} > 1.7V$ 后，TPS61022 器件开始运行。VOUT 斜升至 5V。然后 Q1 开启，EN 引脚电压降至 0.6V。如果 V_{EN} 仍高于 EN 引脚逻辑低电平阈值，器件将保持运行。

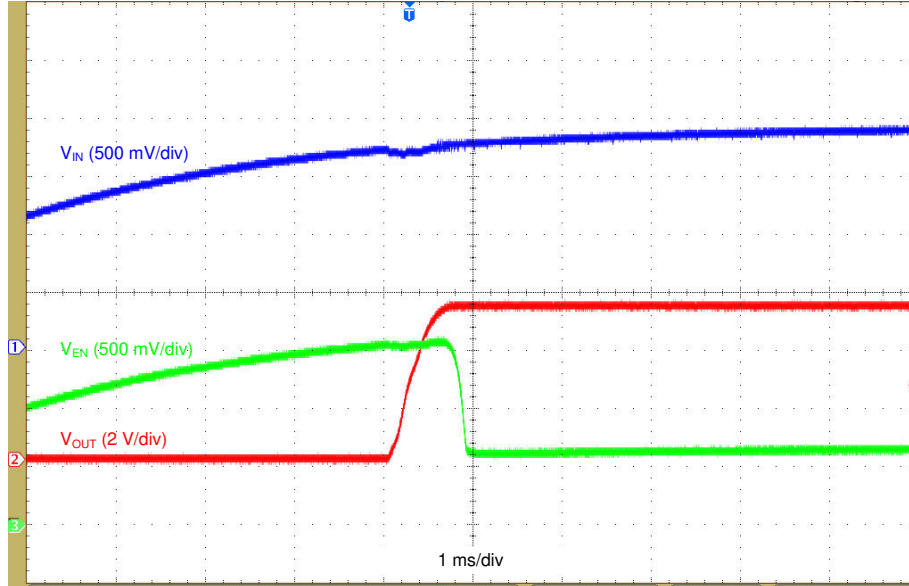


图 3-1. 添加建议的电路后启动

图 3-2 显示了随着 V_{IN} 的降低，1mA 负载条件下的关断波形。当 V_{IN} 降至接近 1.2V 时，EN 也降至接近 0.42V。一旦 EN 引脚电压低于 0.42V，器件将停止运行，VOUT 将降低。VOUT 降至约 2.4V 以下后，Q1 关闭， V_{EN} 再次等于 V_{IN} 。VIN 低于 1.7V，因此器件不会重新启动，尽管 EN 引脚再次变为逻辑高电平。

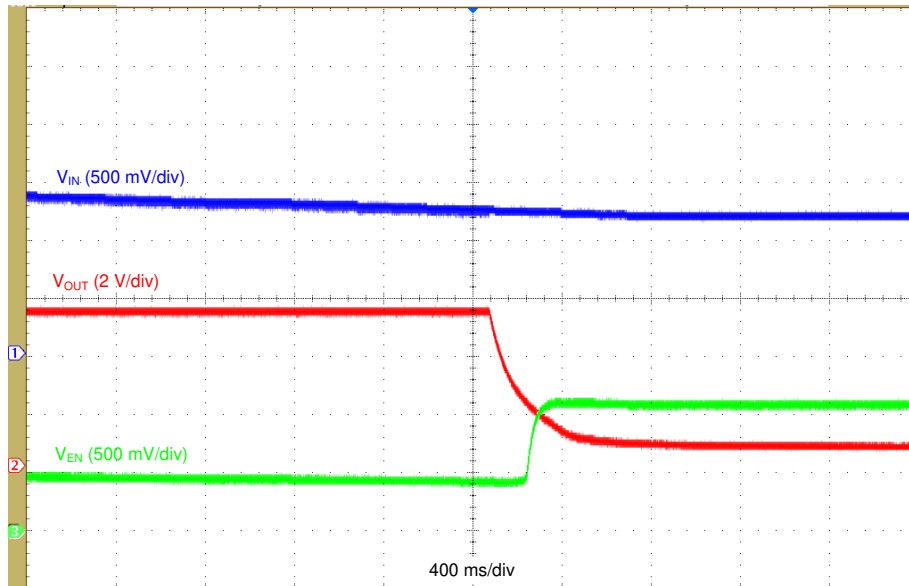


图 3-2. 在 1mA 条件下关断

图 3-3 显示了 500mA 负载条件下的关断波形。根据设计，当 V_{IN} 低于 1.2V 时，升压转换器将关断。由于输入电缆上的压降，器件关断后，输入电压会增加 100mV。

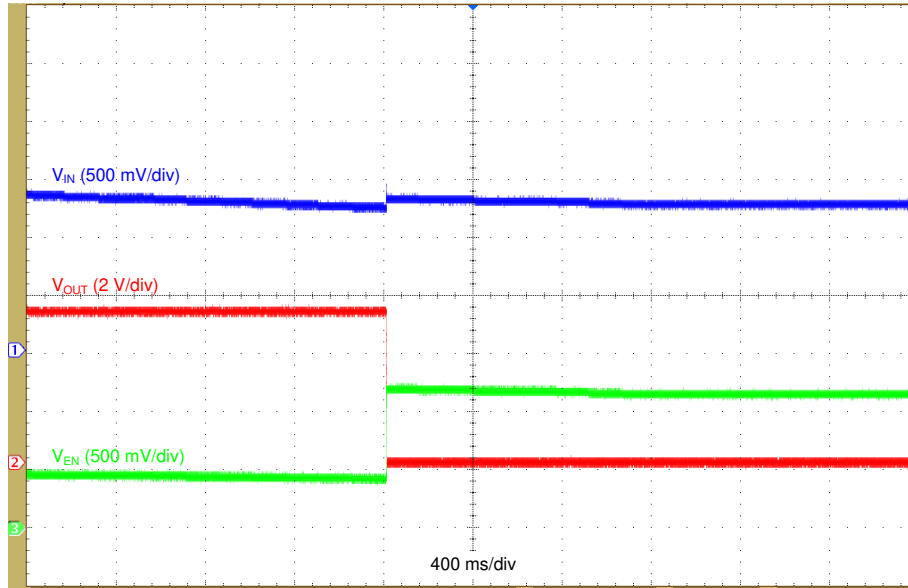


图 3-3. 在 500mA 负载下关断

4 参考文献

1. 德州仪器 (TI), [TPS61022 具有 0.5V 超低输入电压的 8A 升压转换器数据表](#)
2. 德州仪器 (TI), [TPS61023 具有 0.5V 超低输入电压的 3.7A 升压转换器数据表](#)

5 修订历史记录

Changes from Revision * (February 2020) to Revision A (November 2022)

Page

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式..... 1

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