

**摘要**

本应用手册介绍了一种扩展某些升压转换器输入电压范围的方法。这些升压转换器的输入电压范围通常受 VIN 引脚电压额定值的限制，但不受集成功率 MOSFET 的电压额定值的限制。本文档分析了该方法的可行性，然后提供了支持该方法的器件列表。

**内容**

1 引言.....	2
2 升压转换器外部偏置要求.....	3
3 适用器件列表和测试结果.....	5
4 应用案例.....	7
5 总结.....	8
6 参考文献.....	8

**插图清单**

图 1-1. 同步升压转换器的典型应用.....	2
图 1-2. 同步升压转换器的外部偏置应用.....	2
图 2-1. CCM 和 DCM 中的升压 SW 电压波形.....	3
图 2-2. TLV61046a 电源 Vin = 信号 Vin = 5V, Vo = 12V, Io = 10mA, 首先提供电源 Vin.....	4
图 2-3. TLV61046a 电源 Vin = 信号 Vin = 5V, Vo = 12V, Io = 10mA, 首先提供信号 Vin.....	5
图 3-1. 没有外部偏置的 TPS61089 CCM 波形.....	5
图 3-2. 具有外部偏置的 TPS61089 CCM 波形.....	6
图 3-3. 没有外部偏置的 TPS61089 DCM 波形.....	6
图 3-4. 具有外部偏置的 TPS61089 DCM 波形.....	6
图 3-5. TPS61089 电源 Vin = 1.5V, 信号 Vin = 3.6V, Vo = 9V, Io = 1A.....	7
图 4-1. 备用电源的简化方框图.....	7
图 4-2. 能量收集系统的简化框图.....	8

**表格清单**

表 3-1. 外部偏置的 MV 升压列表.....	5
---------------------------	---

**商标**

所有商标均为其各自所有者的财产。



## 2 升压转换器外部偏置要求

为了确定支持外部偏置的要求，有必要分析这些升压转换器的控制策略。根据主要控制策略的不同，中压升压转换器（输出电压 7V 以上）可分为三种控制策略。

第一种是固定频率控制 (PWM)，一种相对简单且常用的控制策略。使用这种控制策略的器件包括 TPS61175、TPS61178 等。

第二种是准恒定频率控制或恒定导通或关断时间 (COT) 控制。恒定关断时间控制器件将根据输入电压和输出电压计算关断时间  $T_{off}$ ，以使频率基本保持恒定。使用这种控制策略的器件包括 TPS61089、TPS61372 等。

第三种类型是脉冲频率调制控制 (PFM)。使用 PFM 的器件较少，包括 TPS61096a 和 TPS61040。

对于 COT 控制，该器件需要对输入电压进行采样以计算  $T_{off}$  或  $T_{on}$ 。还可以通过两种方法对输入电压进行采样：

1. 对 VIN 引脚电压进行直接采样
2. 对 SW 引脚的平均电压进行采样，该电压几乎与  $V_{in}$  相同。

衍生过程如下：

SW 在 CCM 和 DCM 中的电压波形如图 2-1 所示。

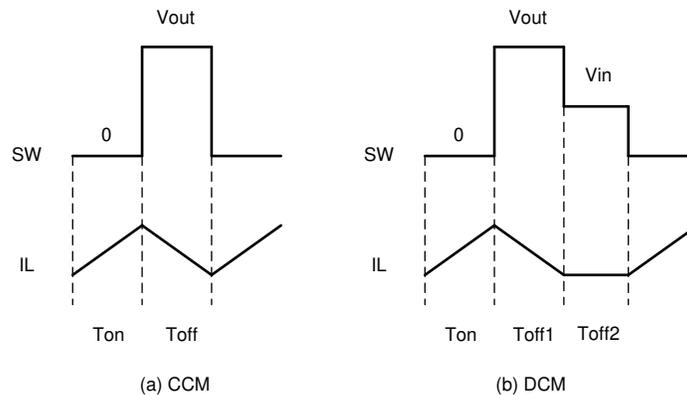


图 2-1. CCM 和 DCM 中的升压 SW 电压波形

对于 CCM，SW 引脚的平均电压通过方程 1 计算得出：

$$V_{SW}^- = \frac{T_{on} \cdot 0 + T_{off} \cdot V_{out}}{T_s} = \frac{(1-D) \cdot T_s \cdot \frac{V_{in}}{(1-D)}}{T_s} = V_{in} \quad (1)$$

其中

- D 是开关占空比
- $T_s$  为开关周期

对于 DCM， $T_{on}$  和  $T_{off1}$  通过 [方程式 2](#) 确定：

$$T_{on} = \frac{L \cdot I_{peak}}{V_{in}} : T_{off1} = \frac{L \cdot I_{peak}}{V_{out} - V_{in}} \quad (2)$$

其中

- $L$  是功率电感器的电感
- $I_{peak}$  是电感器的峰值电流

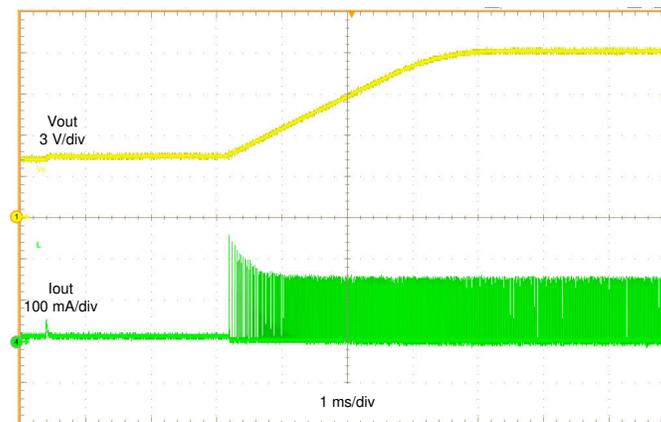
SW 引脚的平均电压通过 [方程式 3](#) 计算得出：

$$V_{SW} = \frac{T_{on} \cdot 0 + T_{off1} \cdot V_{out} + T_{off2} \cdot V_{in}}{T_{on} + T_{off1} + T_{off2}} = \frac{T_{off1} \cdot V_{out} + T_{off2} \cdot V_{in}}{T_{off1} \cdot \frac{V_{out}}{V_{in}} + T_{off2}} = V_{in} \quad (3)$$

请注意，该器件需要对 SW 引脚的电压进行采样以计算适当的  $T_{off}$  和  $T_{on}$ 。对于外部偏置应用，如果器件对 VIN 引脚电压信号  $V_{in}$  进行采样，升压转换器将不会按需工作。例如，TPS61087 的工作频率将随着 CCM 中输入电压的增加而增加。这是因为  $T_{off}$  不会随外部偏置而变化，而所需的占空比随着输入电压的上升而降低，因此  $T_{on}$  会减小。因此，外部偏置的第一个也是非常重要的要求是，如果使用 COT 控制策略，升压转换器必须对功率  $V_{in}$  进行采样，以计算  $T_{off}$  和  $T_{on}$ 。

第二个要求是升压转换器没有负载断开功能或在实际应用中没有使用该功能。以 TPS61372 为例。它集成了一个与高侧 MOSFET 串联的 P 沟道 MOSFET。如果功率  $V_{in}$  为高电平，则输出侧隔离式 PMOS 的源电压为高电平。器件可能无法产生足够高的栅极电压，如果信号  $V_{in}$  为低电平，PMOS 将不会关闭。另外，信号  $V_{in}$  可能会被采样来确定隔离 MOSFET 的驱动信号，所以当输出侧短路时可能会带来异常行为。因此，不建议将那些集成隔离 MOSFET 的器件用于外部偏置应用。

第三个要求是电源序列。应在信号  $V_{in}$  之前提供电源  $V_{in}$  以对输出电容器进行预充电。对于 TPS61288 和 TPS61089 等一些器件，如果稍后提供电源  $V_{in}$ ，启动会失败，输入侧会短路。这是因为器件在启动前就已经工作，由于电源  $V_{in}$  为 0V，器件的误差放大器会产生过大的 EA 输出电压。这会使  $T_{on}$  几乎是无穷的。[图 2-2](#) 和 [图 2-3](#) 显示了 TLV61046a 的不同启动波形。在 [图 2-2](#) 中，先提供电源  $V_{in}$ ，然后提供信号  $V_{in}$ ；先提供信号  $V_{in}$ ，然后提供电源  $V_{in}$ ，如 [图 2-3](#) 所示。很明显，启动的浪涌电流要大得多，即使稍后可以在外部偏置应用中提供电源  $V_{in}$ ，软启动功能也会丢失。



**图 2-2. TLV61046a 电源  $V_{in}$  = 信号  $V_{in}$  = 5V， $V_o$  = 12V， $I_o$  = 10mA，首先提供电源  $V_{in}$**

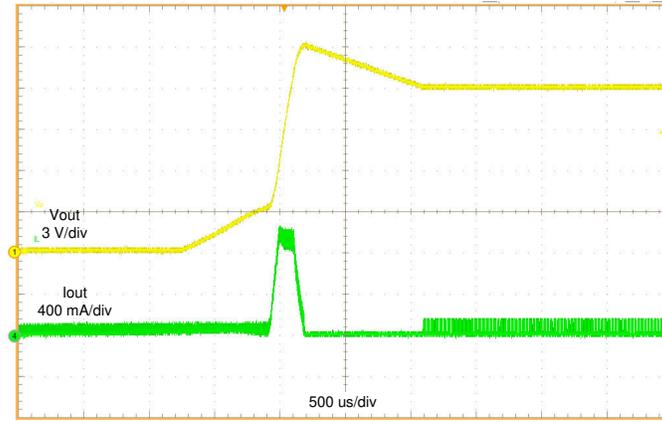


图 2-3. TLV61046a 电源  $V_{in}$  = 信号  $V_{in} = 5V$  ,  $V_o = 12V$  ,  $I_o = 10mA$  , 首先提供信号  $V_{in}$

### 3 适用器件列表和测试结果

根据前面分析的要求，列出了支持外部偏置的中电压升压转换器，并根据表 3-1 中的控制策略进行了划分。

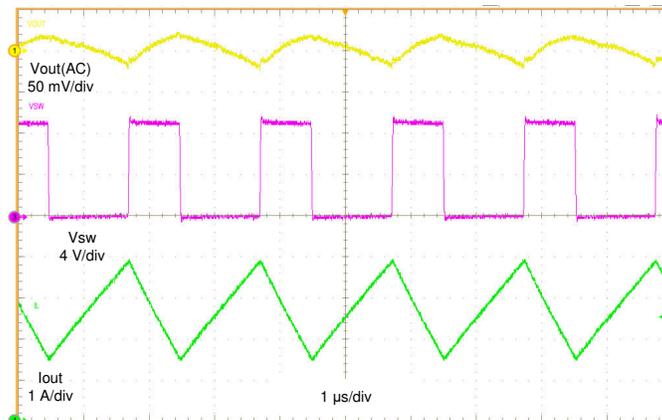
表 3-1. 外部偏置的 MV 升压列表

主控策略	轻载控制策略	支持外部偏置的器件
固定频率调制	脉冲跳跃模式	TPS61175 <sup>(1)</sup> 、TPS61170
	脉冲频率调制	TPS61178 <sup>(2)</sup>
	强制 PWM 模式	TPS61175 <sup>(1)</sup> 、TPS611781 <sup>(2)</sup> 、TPS61080、TPS61081
准恒定频率调制	脉冲跳跃模式	TPS61086、TPS61046、TLV61046a、TLV61048、TPS61085
	脉冲频率调制	TPS61288、TPS61088、TPS61089
	强制 PWM 模式	TPS610891
脉冲频率调制	脉冲频率调制	TPS61045、TPS61040、TPS61041、TPS61096a

(1) 当导通时间大于最小值 (60ns) 时，TPS61175 在强制 PWM 模式下工作；而当导通时间被钳位到最小值时，TPS61175 进入脉冲跳跃模式。

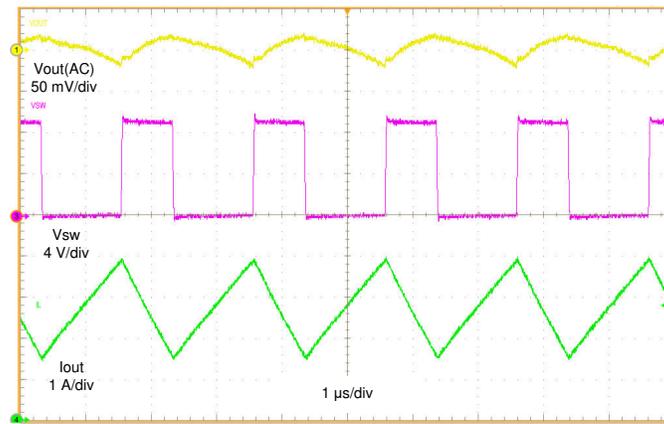
(2) 请勿使用 TPS61178 和 TPS611781 的隔离 MOSFET。

以 TPS61089 为例。图 3-1、图 3-2、图 3-3 和图 3-4 分别显示了 CCM 和 DCM 中具有外部偏置和没有外部偏置的主要波形。当电源  $V_{in}$  等于信号  $V_{in}$  时，器件没有区别，所以波形是一样的。这确保 TPS61089 可用于外部偏置应用。



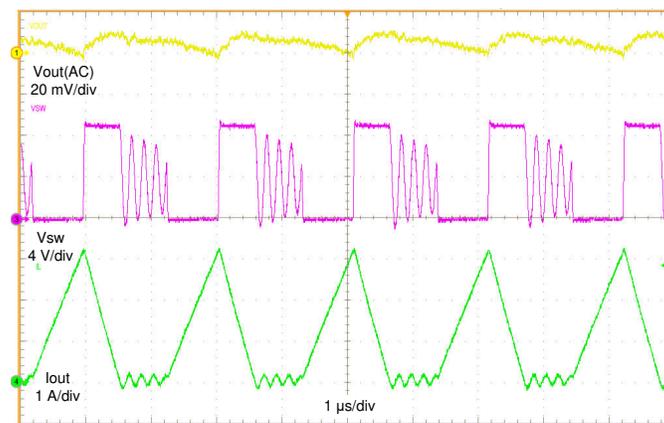
电源  $V_{in} = 3.6V$  ,  $V_o = 9V$  ,  $I_o = 1A$

图 3-1. 没有外部偏置的 TPS61089 CCM 波形



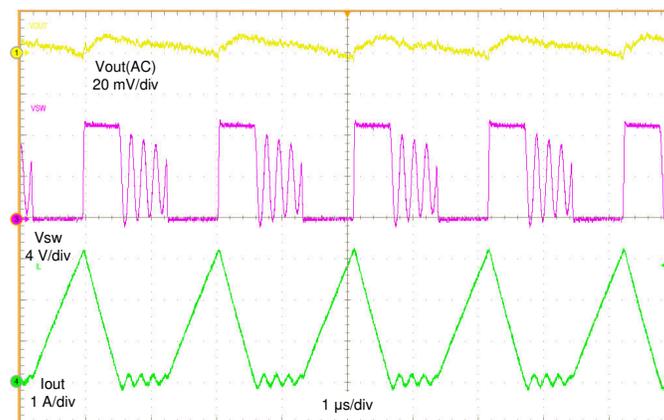
电源  $V_{in}$  = 信号  $V_{in} = 3.6V$  ,  $V_o = 9V$  ,  $I_o = 1A$

图 3-2. 具有外部偏置的 TPS61089 CCM 波形



电源  $V_{in} = 3.6V$  ,  $V_o = 9V$  ,  $I_o = 0.2A$

图 3-3. 没有外部偏置的 TPS61089 DCM 波形



电源  $V_{in}$  = 信号  $V_{in} = 3.6V$  ,  $V_o = 9V$  ,  $I_o = 0.2A$

图 3-4. 具有外部偏置的 TPS61089 DCM 波形

有外部偏置时，TPS61089 的输入电压范围可以扩展，如前所述。图 3-5 显示了当信号  $V_{in}$  为 3.6V、电源  $V_{in}$  仅为 1.5V 时 TPS61089 的波形。与典型应用的 2.7V 最小输入电压相比，只要未达到电流限制，该器件就可以在低得多的输入电压下工作。

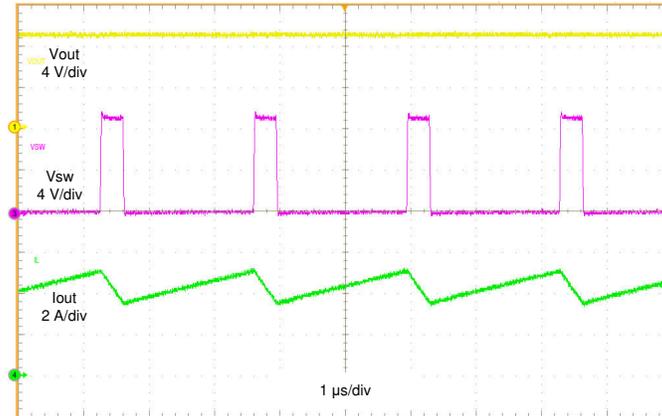


图 3-5. TPS61089 电源  $V_{in} = 1.5V$ ，信号  $V_{in} = 3.6V$ ， $V_o = 9V$ ， $I_o = 1A$

## 4 应用案例

超级电容器通常用作备用电源系统中的储能单元。超级电容在总线电压  $VBUS$  存在时充电，在总线电压下降时放电以保持  $VBUS$ 。升压转换器最低工作电压越低，超级电容放电越深，后备时间越长。为了满足备用时间要求，最小工作电压设置为低于 2V，但没有负载能力充足的极低电压升压转换器。为了优化应用，当  $V_{IN}$  引脚由降压转换器的外部偏置供电时，可以使用 TLV61048。有关详细信息，请参阅 [智能仪表 PLC 模块备用电源参考设计](#)。图 4-1 显示了电源结构的简化方框图。

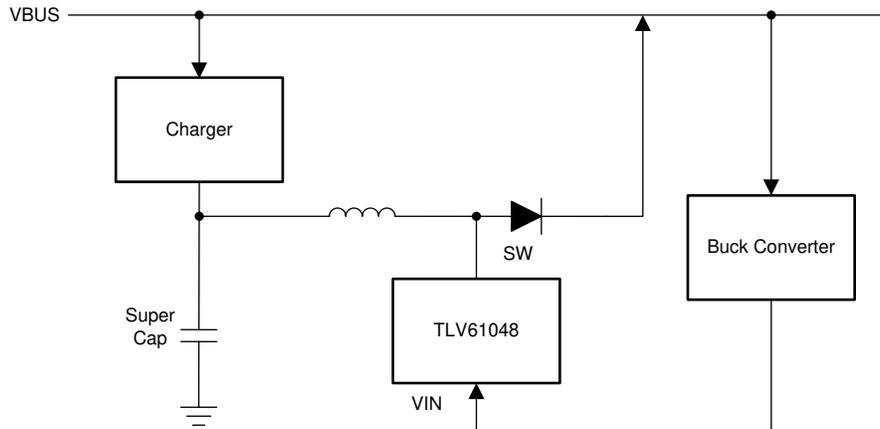


图 4-1. 备用电源的简化方框图

另一种外部偏置情形是用于输入电压范围仅为 0.4V 至 0.55V 的太阳能电池板。如图 4-2 所示，输出  $2 \times V_{out}$  电压的分立式电荷泵电路用于在启动后为 VIN 引脚供电，请参阅[适用于锂离子电池的单节电池太阳能电池板能量收集参考设计](#)。电池电压也低于 TPS61089 的最小输出电压，但系统运行良好且效率更高。

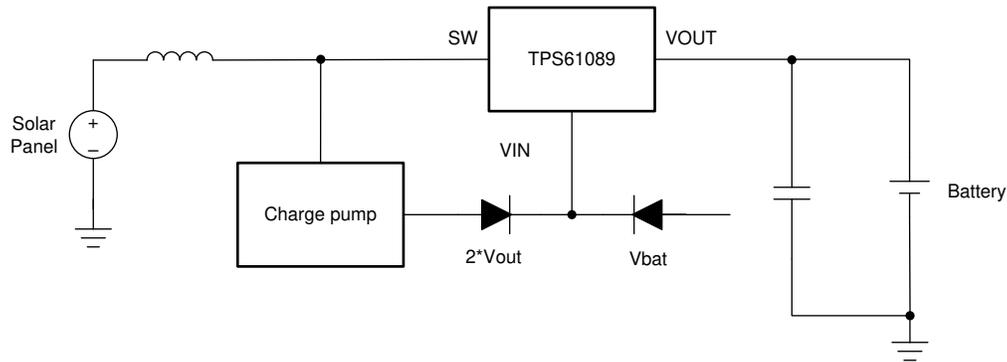


图 4-2. 能量收集系统的简化框图

## 5 总结

对于升压转换器，外部偏置是用于在备用电源系统中扩展输入电压范围的一种简单的有效解决方案。只有部分升压转换器支持外部偏置应用，本文详细分析了相关要求。本应用手册总结并列出了适用的 MV 升压器件。

## 6 参考文献

- 德州仪器 (TI), [智能仪表 PLC 模块备用电源参考设计](#)
- 德州仪器 (TI), [适用于锂离子电池的单节电池太阳能电池板能量收集参考设计](#)

## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司