

Application Note

TLV61290 中的设计注意事项



Given Ding, Aurora Tie, Eric Jia

摘要

TLV61290 是一款包含旁路功能的同步升压转换器。该器件在极低的输入电压 ( UVLO 下降阈值为 2V ) 下运行，可提供高效率。该器件将迟滞电流控制与自适应补偿相结合，可获得更好的负载瞬态性能。由于采用这种控制架构，开关频率会随运行条件的变化而变化。本应用手册说明了开关频率和输出电压之间的关系，分析了输出电容器如何影响输出电压纹波，并描述了有源放电电路的控制逻辑。这为实际应用提供了宝贵的指导。

内容

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1 TLV61290 简介.....   | 2 |
| 2 TLV61290 优点.....   | 3 |
| 3 TLV61290 开关频率..... | 5 |
| 4 输出放电电路.....        | 7 |
| 5 总结.....            | 8 |
| 6 参考资料.....          | 8 |

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 TLV61290 简介

TLV61290 是 TI 的新一代升压转换器，具有集成旁路功能，因此特别适合单节电池供电应用。当电池电压高于所需的输出电压（即输入电压超过升压模式目标）时，该器件可通过内部旁路 FET 以旁路模式运行。这不仅提高了效率，还延长了电池续航时间。与提供通功能的传统器件（例如 TPS61253 系列）相比，TLV61290 效率更高，因为旁路路径中没有电感器，无需考虑电感器直流电阻 (DCR) 引起的损耗。

TLV61290 采用迟滞电流控制模式与自适应补偿技术相结合的方式，以实现更好的负载瞬态性能。该器件支持 I<sup>2</sup>C 接口，允许用户配置关键参数，例如输出电压、工作模式和电流限制值，从而显著提高了易用性。此外，用户可以利用 I<sup>2</sup>C 接口将器件配置为在任何输入电压条件下强制进入旁路模式。

典型应用电路图如下所示。有关详细设计信息，请参阅 TLV61290 数据表。

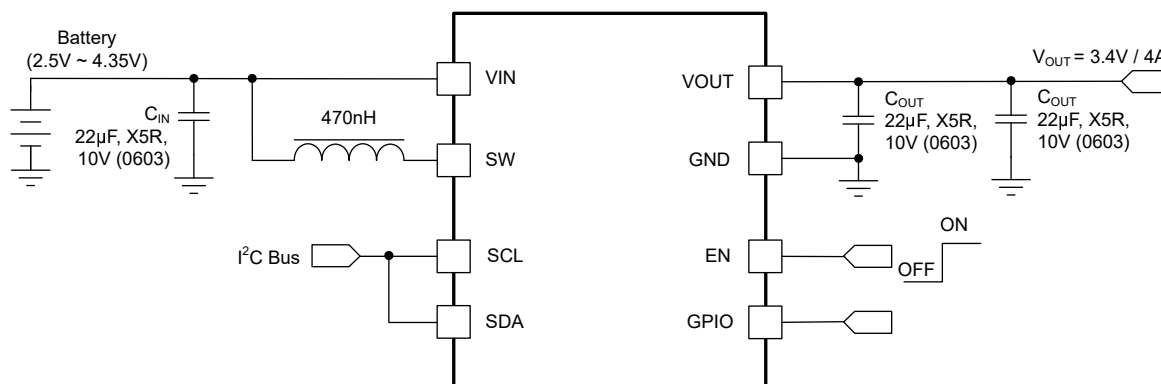


图 1-1. TLV61290 典型电路

需要注意以下几点：

### 1. 输出电容器选型

输出电容器 (C<sub>out</sub>) 的有效电容必须大于或等于 14 µF。TLV61290EVM 仅使用两个 22µF MLCC 电容器作为 C<sub>out</sub>。由于所选器件具有足够高的有效电容，因此评估板符合规格。

在实际应用中，许多客户选择具有相似额定电压的电容器，但其有效电容远低于要求。因此，在选择元件时，应根据实际有效电容来做出决策，而不是简单地参考评估板上使用的电容器数量。

### 2. 电感器选型

选择 TLV61290 的电感器时需要格外小心。该器件采用迟滞电流控制，不使用固定开关频率。此外，其内部环路补偿针对特定范围的电感值进行了优化。因此，必须严格根据数据表建议的值选择电感器。TLV61290 专为 330nH 和 560nH 之间的电感而设计（典型值为 470nH）。

## 2 TLV61290 优点

与广泛使用的 TPS6128x 系列相比，TLV61290 在许多方面都得到了显著改进。表 2-1 展示了详细的比较表

表 2-1. TLV61290 和 TPS6128x 系列比较表

|                                                                                                  | TLV61290                                 | TPS6128x 系列                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 输入电压范围                                                                                           | 2~5V ( 启动 : 2.2V )                       | 2.3~4.8V                                 |
| Vout 范围                                                                                          | 2.35~5V                                  | 2.85~4.4V                                |
| 电流限制                                                                                             | 8A ( 平均输入电流 )                            | 4.5A ( 谷值电流 )                            |
| 效率 ( Vin = 2.7V、Vout = 3.4V、Iout = 3A 时 )                                                        | 92.95%                                   | 90%                                      |
| Iq_BYN                                                                                           | 30 $\mu$ A                               | 27 $\mu$ A                               |
| Rdson (HS/LS/Bypass)                                                                             | 10m $\Omega$ /10m $\Omega$ /10m $\Omega$ | 45m $\Omega$ /40m $\Omega$ /35m $\Omega$ |
| 轻负载模式                                                                                            | FPWM/PFM/超声波模式                           | FPWM/PFM                                 |
| 真正关断                                                                                             | ✓                                        | × ( 与 nBYN 引脚状态相关 )                      |
| 负载瞬态 ( Vin = 2.7V、Vout = 3.4V、Io = 0A 至 3A、SR = 0.2A/ $\mu$ s )<br>2pcs 22 $\mu$ F/10V/0603 Cout | Vout_drop = 288mV                        | Vout_drop = 348mV                        |
| 短路保护                                                                                             | ✓                                        | ×                                        |
| 封装                                                                                               | 16 焊球 WCSP<br>(1.58mm × 1.58mm)          | 16 焊球 WCSP<br>(1.66mm × 1.66mm)          |
| 电感器                                                                                              | 0.47 $\mu$ H                             | 0.47 $\mu$ H                             |

与 TPS6128x 系列相比，TLV61290 接受更宽的输入电压范围，并且启动后的最小输入电压低至 2V。该范围符合硅阳极电池的要求，目前该类电池被广泛用于智能手机和平板电脑等消费类电子产品。该类型电池的应用范围正在逐渐扩大。与传统电池相比，该新型电池即使在低电压 ( 约 2.5V 或更低 ) 下也能供电。需要使用升压转换器将电池电压升高至下游负载所需的电平。这充分利用了硅阳极电池的优势并延长了电池续航时间。图 2-1 中显示了一种典型应用。

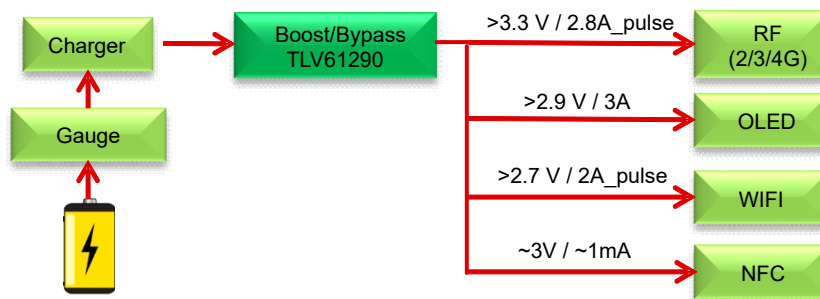


图 2-1. 硅阳极电池的典型应用

由于 TLV61290 采用磁滞电流控制方案 and 自适应补偿技术，因此其负载瞬态性能显著提高。对于实际应用，TLV61290 输出端的最低工作电压是固定的。如果该器件具有更好的负载瞬态性能，它可以在旁路模式下运行更长时间。与升压模式相比，TLV61290 在旁路模式下具有更高的效率，可以达到大约 99%。因此，这一优势可以通过提高总效率来延长电池续航时间。图 2-2 展示了一个具体示例。与上一代 TPS61280x 系列相比，TLV61290 可以在相同条件下以旁路模式运行更长时间。（测试条件：Vin = 2.7V、Vout = 3.4V、Io = 0A 至 3A、压摆率 = 0.2A/  $\mu$  s）

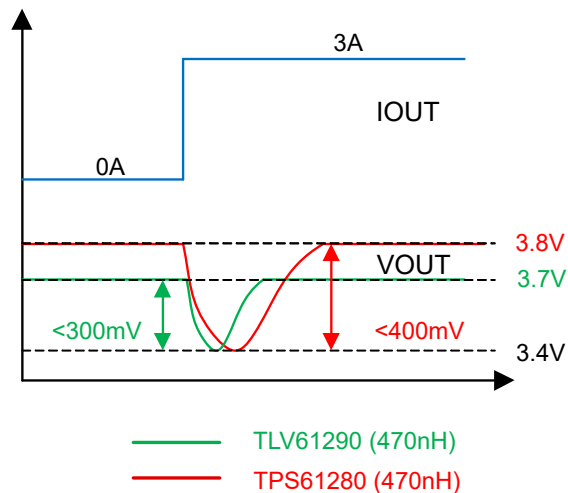


图 2-2. 良好负载瞬态响应可如何延长电池续航时间的示例

此外，TLV61290 可以实现真正断开，这意味着当器件被禁用时，其输入和输出完全隔离。对于系统在器件关断期间对功耗敏感的应用而言，该特性非常重要。在传统的升压电路中，由于存在整流二极管或整流器 FET 的体二极管，通常无法实现真正断开。然而，TLV61290 采用 TI 专有的“可切换体二极管 NMOS FET”来替代整流器 FET，从而实现真正断开功能。具体图表如 图 2-3 所示。

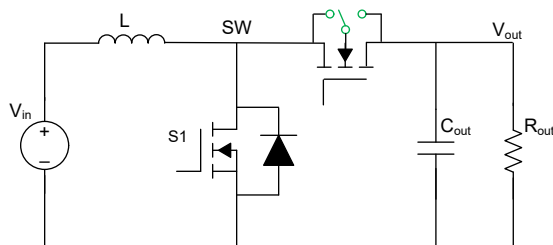


图 2-3. TLV61290 具有可切换体二极管的高侧 FET (NMOS)

当输出电压高于输入电压时，体二极管方向如 图 2-4 所示。相反情况下，体二极管方向如 图 2-5 所示。

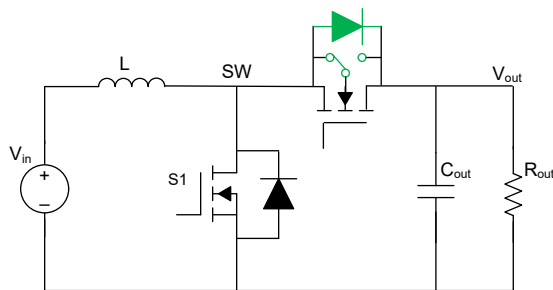


图 2-4. 工作条件：Vout > Vin

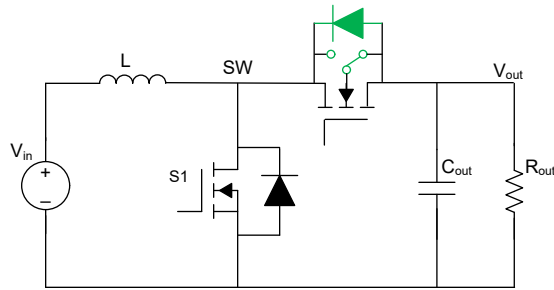


图 2-5. 工作条件 :  $V_{out} < V_{in}$

### 3 TLV61290 开关频率

TLV61290 采用迟滞电流控制方法。以下是用于计算连续电流模式 (CCM) 下开关频率的公式。

$$f = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN} \times \eta)}{L \times I_{LH} \times V_{OUT}} \quad (1)$$

其中

- $L$  是电感器值
- $V_{IN}$  是输入电压
- $V_{OUT}$  是输出电压
- $\eta$  是转换效率
- $f$  是开关频率
- $I_{LH}$  是电感器纹波电流

TLV61290 的电感器电流纹波根据输入电压、输出电压和负载的变化动态调整 (典型值为 1A)。根据上述公式, TLV61290 的工作频率不是固定值, 这有助于提高负载瞬态性能。然而, 开关频率的变化可能会在实际实现中引入性能挑战, 尤其是在为某些射频器件供电时。

图 3-1 展示了一个示例。客户的应用需要 4.5V 输出和 2A 的最大负载能力。如下面的测试波形所示, 当输入电压为 3.7V 时, 在约 1.3MHz 处会出现超过射频规格的伪波信号。从源自实际测试的图 3-2 可以看出, 在这种情况下, 器件的开关频率与寄生信号的频率相匹配。这会导致开关频率产生影响射频性能的噪声, 即使在启用展频功能时也是如此。

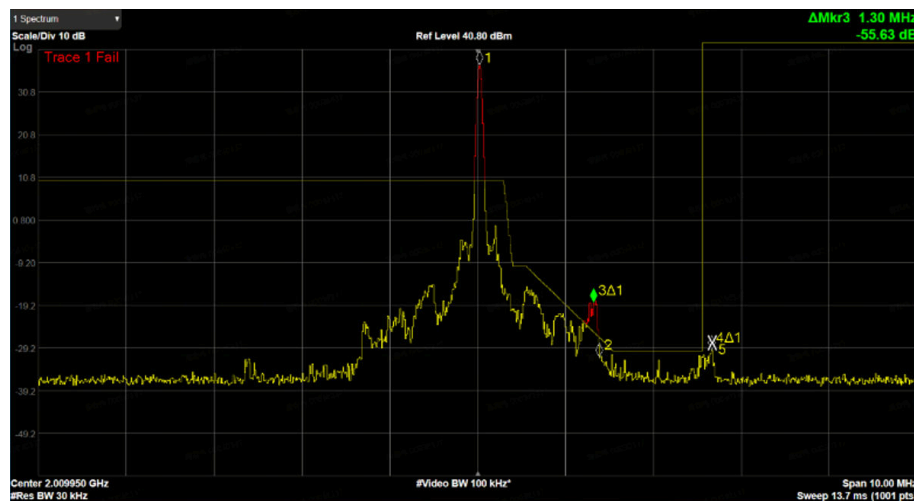


图 3-1. 射频测试结果 ( TLV61290 作为射频器件的电源 )

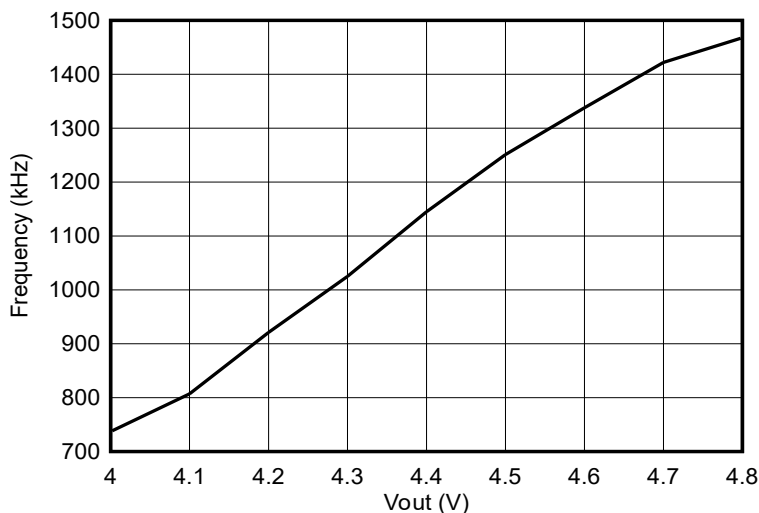


图 3-2. 开关频率与输出电压关系曲线

总的来说，有两种方法可以解决此问题：

1. 调整输出电压以避免特定频段。

如 图 3-2 所示，TLV61290 的开关频率会随输出电压的变化而变化。例如，当开关频率为 1.1MHz 时，射频 (RF) 规格具有较大裕度。因此，可以将 Vout 调整为较低的值（例如 4.4V），以优化射频性能。

2. 增大输出电容。

输出电压纹波的频率与开关频率对应。如果可以降低输出电压纹波，则基频下的能量振幅也可以降低，从而优化射频性能。根据 表 3-1 中的实际测试结果，使用四个 22  $\mu$ F 输出电容器就足以通过射频测试。使用的输出电容器型号为 GRM188R61A226ME15D。

表 3-1. 不同 Cout 对 Vout 纹波的影响

| Vin = 3.7V、Vo = 4.2V、Vo_ripple (测试 40ms) |         | 3pcs 22 $\mu$ F/10V/0603<br>Cout | 4pcs 22 $\mu$ F/10V/0603<br>Cout | 5pcs 22 $\mu$ F/10V/0603<br>Cout |
|------------------------------------------|---------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| PFM                                      | Io=10mA | 36.06mV                          | 27.34mV                          | 24.12mV                          |
|                                          | Io=2.8A | 41.42mV                          | 32.19mV                          | 27.11mV                          |
| 无展频的 FPWM                                | Io=10mA | 15.56mV                          | 13.51mV                          | 11.92mV                          |
|                                          | Io=2.8A | 47.54mV                          | 37.89mV                          | 30.27mV                          |
| 带展频的 FPWM                                | Io=10mA | 21.70mV                          | 20.06mV                          | 17.54mV                          |
|                                          | Io=2.8A | 52.88mV                          | 41.23mV                          | 36.35mV                          |

## 4 输出放电电路

TLV61290 具有默认启用的有源放电功能。有源放电电路将在以下条件下工作：

1.  $V_{in} < UVLO$  或  $EN =$  低电平；
2. RESET 位为 1；
3. DISCHG 位为 1，且使能位修改为 11 以进入关断模式，但 I<sup>2</sup>C 处于活动状态。

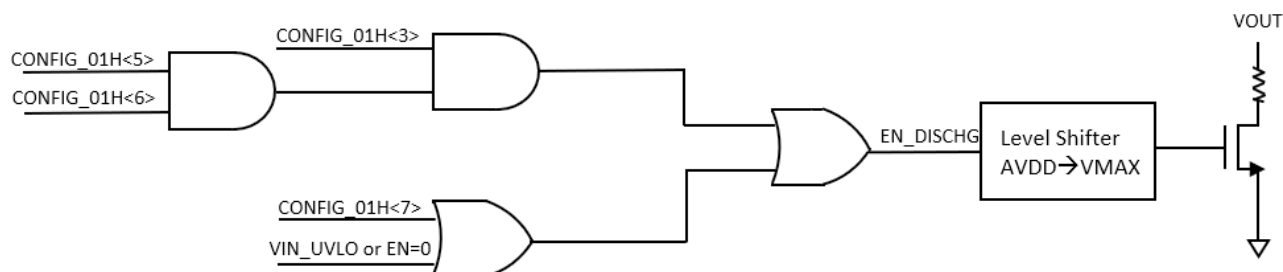


图 4-1. TLV61290 放电电路的控制逻辑

表 4-1. CONFIG 寄存器相关字段说明

存储器位置：0x01

| 位   | 字段     | 类型  | 复位 | 说明                                                                                           |
|-----|--------|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7   | 复位     | R/W | 0  | 器件复位位。<br>0：正常运行，或线路中断<br>1：所有内部寄存器均设置默认值。器件开始循环运行 (ON-OFF-ON)，即转换器会在短时间内禁用并且输出会复位。          |
| 6:5 | ENABLE | R/W | 01 | 器件使能位。<br>00 或 01：器件在自动升压模式下运行。<br>10：器件强制处于真旁路模式。<br>11：器件处于关断模式，但 I <sup>2</sup> C 处于活动状态。 |
| 3   | DISCHG | R/W | 1  | 输出放电使能位。<br>0：当器件处于 I <sup>2</sup> C 关断模式时禁用 VOUT 放电。<br>1：当器件处于关断模式时启用 VOUT 放电。             |

在某些应用中，有时需要在关断模式下禁用放电功能。根据上述条件，可以通过 I<sup>2</sup>C 将 TLV61290 的使能位写为 11，以使器件进入关断模式。同时，将 DISCHG 位设置为 0 可以禁用放电功能。

## 5 总结

TLV61290 是一款具有旁路模式和 I2C 接口的高功率密度升压版本。本应用手册不仅介绍了该器件的优势和控制方法，还阐明了电路设计的几个注意事项。它提供的测试结果可用作实际应用的有用参考。

## 6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TLV61290 适用于单节锂离子、富镍、硅阳极电池应用的宽电压电池前端直流/直流转换器](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TLV61290 EVM 用户指南](#), EVM 用户指南。



## 重要通知和免责声明

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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月