

Application Note

使用升压转换器生成正负电压轨的分析和改进



Roy Chou and Lei Zhong

摘要

许多 TFT-LCD 面板需要正负电压轨来为使用 12V 或 5V 电源的放大器供电。使用升压转换器 **TLV61048 生成正负电压轨** 应用手册使用 TLV61048 器件，并参考**分立式电荷泵设计**应用手册来演示生成正负电压轨的示例。对于异步升压转换器，正向二极管有助于减小正负电压轨之差；对于同步升压转换器，由于集成了 MOSFET，正向压降非常低，但也可以使用二极管来更大程度减小差值。但是，二极管无法在整个负载电流范围内有效减小电压差。本应用手册演示了如何使用电阻器来有效地减小差值。该应用还设计了一个计算器来简化设计过程。基于异步升压转换器、使用升压转换器 ± 快速计算器的元件可从 **TPS61377** 产品文件夹中下载。最后，本文档展示了一个使用 TPS61377 的示例，并介绍了原理图设计和布局设计的预防措施。

内容

1 简介	2
2 分析采用升压转换器的双极性电压轨设计	2
2.1 负电压轨的影响因素分析	2
2.2 减小正负电压轨之差	2
3 升压转换器 ± 快速计算器设计	4
4 演示和测试	5
4.1 仿真结果	5
4.2 演示板示例	6
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 简介

节 2 分析了使用升压转换器 TLV61048 生成正负电压轨中的原始设计，然后使用公式说明了其主要缺点。为了缓解这一缺点，该部分还提供了一种设计。节 3 使用升压转换器 ± 快速计算器设计了一个特定条件下的电路。节 4 演示了该应用的原理图示例和布局示例。

2 分析采用升压转换器的双极性电压轨设计

图 2-1 展示了采用异步升压转换器的双极性电压轨设计的典型电路。该图像使用 RCHG、CCHG、D2 和 D3 来实现负电压轨。

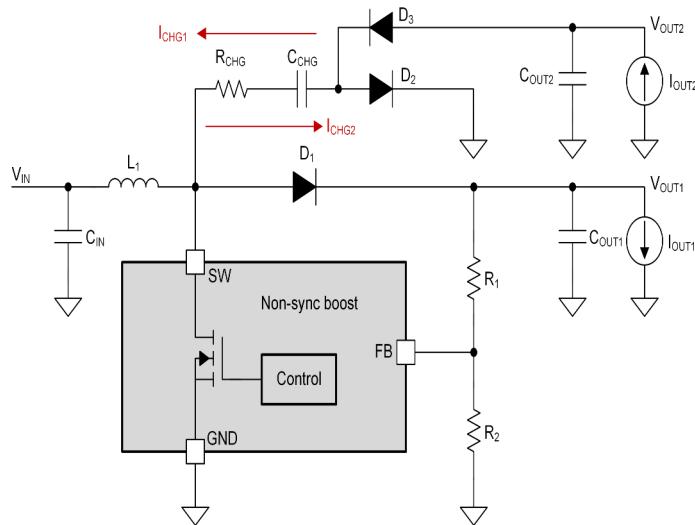


图 2-1. 采用异步升压转换器的双极性电压轨设计的典型电路

2.1 负电压轨的影响因素分析

负电压轨直流电压可通过方程式 1 估算。负电压轨与正电压轨相比，可能存在电压差。RCHG 以及 D2 和 D3 的正向电压是导致负电压差的主要因素。

$$-V_{OUT2} = (V_{OUT1} + V_{D1}) - (I_{CHG1} + I_{CHG2}) \times R_{CHG} - V_{D2} - V_{D3} \quad (1)$$

$$I_{CHG1} = \frac{1}{D} \times I_{OUT2} \quad (2)$$

$$I_{CHG2} = \frac{1}{1-D} \times I_{OUT2} \quad (3)$$

但 D1 的正向电压有助于缩小电压差。通常，选择较高的 D1 正向电压来减小差值是常用的方法，较高的正向电压有助于在满载条件下减小差值，但在轻负载条件下，会在负电压轨上产生额外的电压。

$$\text{Negative voltage drop} = \frac{1}{D(1-D)} \times I_{OUT2} \times R_{CHG} + V_{D2} + V_{D3} - V_{D1} \quad (4)$$

2.2 减小正负电压轨之差

图 2-2 展示了改进电路。选择合适的 R3 和 D1 正向电压可以减小差值。负电压轨公式可以编辑为 方程式 5。为了获得最佳实践，应使设计满足 方程式 6 以减小差值。为了在满载电流范围内减小差值，推荐设计消除正向压降，并将 方程式 7 简化至 方程式 8。

$$-V_{OUT2} = \left(V_{OUT1} + V_{D1} + \frac{I_{OUT1}}{1-D} \times R_3 \right) - (I_{CHG1} + I_{CHG2}) \times R_{CHG} - V_{D2} - V_{D3} \quad (5)$$

$$V_{D1} + \frac{I_{OUT1}}{1-D} \times R_3 = \frac{1}{D(1-D)} \times I_{OUT2} \times R_{CHG} + V_{D2} + V_{D3} \quad (6)$$

$$I_{OUT1} \times R_3 = \frac{1}{D} \times I_{OUT2} \times R_{CHG} \quad (7)$$

$$R_3 = \frac{1}{D} \times R_{CHG} \times \frac{I_{OUT2}}{I_{OUT1}} \quad (8)$$

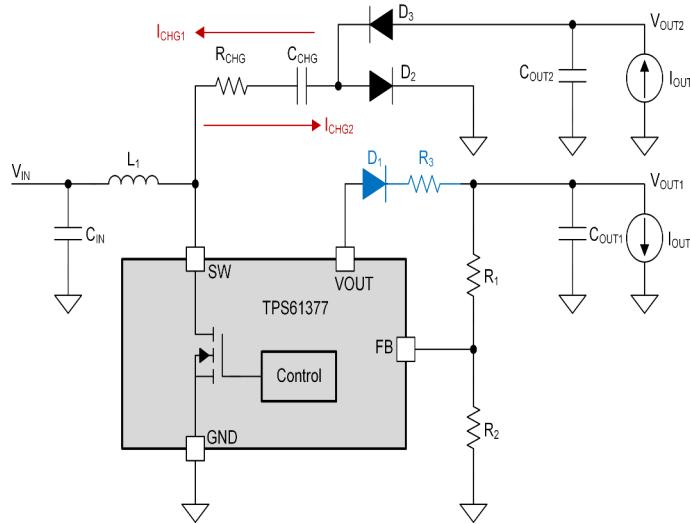


图 2-2. 减小正负电压轨之差

3 升压转换器 ± 快速计算器设计

表 3-1 展示了测试条件示例。

表 3-1. 测试条件示例

测试条件	
输入电压	12V
输出电压	± 19V
输出负载	± 100mA

该应用手册使用 TPS61377 来实现这一设计。开关频率为 650kHz。表 3-2 展示了初步结果。

表 3-2. 升压转换器 ± 快速计算器设计中的 I/O 条件

I/O 条件			
系统参数	值	单位	注释
Vin(typ)	12	V	典型输入电压
VOUT1	19	V	正电源轨电压
VOUT2	-19	V	负电源轨电压
Fsw	650	kHz	开关频率
IOUT1	0.1	A	正电压轨的负载电流
IOUT2	0.1	A	负电压轨的负载电流
效率	90	%	估计值，默认使用 90%
VCOUT2 的纹波	0.19	V	1% VOUT
CCHG	0.81	μF	实现所需 Vout 纹波的建议 CCHG
RCHG	0.32733	Ω	建议的 RCHG，使用 $Ts = RCHG \times CCHG$

表 3-3 展示了元件选型。D2 和 D3 的正向电压最好选择较小的值，以便更大程度减少架构的功率损耗。在上一节中，建议减小 D1 和 R3 的正向电压差。对于 R3 的功率损耗，需要进行仔细设计。

表 3-3. 升压转换器 ± 快速计算器设计中的元件选型

元件选型			
系统参数	值	单位	注释
CCHG	4.70	μF	实际 CCHG，建议 > 降额建议值
RCHG	1	Ω	实际 RCHG，建议 $\geq 1\Omega$ && 建议值，首先使用 1Ω
VD2	0.35	V	VD2 的实际正向电压，越小越好
VD3	0.35	V	VD3 的实际正向电压，越小越好
VD1	0.7	V	VD1 的建议正向电压， $= VD2 + VD3$
VD1	0.7	V	VD1 的实际正向电压
R3	2.32	Ω	通过实际使用 VD1 得出 R3 建议值
R3	2.32	Ω	VD1 实际电阻值
PR3	0.0408	W	R3 的平均功率

表 3-4 展示了输入 I/O 条件和元件选型后的计算结果。原始差值意味着该架构未使用 R3 和 D1。经过 R3 后，可以有效地减小差值。

表 3-4. 升压转换器 ± 快速计算器设计中的计算结果

计算结果			
系统参数	值	单位	注释
D	0.43		升压转换器的占空比
Ts	1.54	μs	占空比时间

表 3-4. 升压转换器 ± 快速计算器设计中的计算结果 (续)

计算结果			
系统参数	值	单位	注释
Ton	0.66	μs	导通时间
ICHG1	0.23	A	ICHG1 均值
ICHG2	0.18	A	ICHG2 均值
Δ VCHG	0.033	V	CCHG 的纹波
VCHG	19.17	V	CCHG 的直流电压
-VCOUT2 原始值	18.59	V	负电压轨原始值
原始差值	0.41	V	原始差值
输出电容	0.4603	μF	VOUT1 的 Cout 需求
优化后的 -VCOUT2	19.0005	V	优化后的负电压轨
PRCHG	0.0408	W	RCHG 功率
优化后的差值	-0.0005	V	优化后的差值

4 演示和测试

4.1 仿真结果

仿真使用表 4-1 的测试参数来分析图 4-1 中 R3 的功能。

表 4-1. 测试参数

测试参数	
输入电压	12V
输出电压	± 19V
输出负载	± 500mA

表 4-2 展示了使用和不使用 R3 时的差值。R3 可以有效地消除使用该架构时的直流偏移。

表 4-2. 使用和不使用 R3 时的差值

IOUT1/2 (A)	R3=2.32Ω , 差值 (V)	R3 = 0Ω , 差值 (V)
0	0.0000	0.0000
0.1	-0.0005	0.41
0.2	-0.0010	0.82
0.3	-0.0015	1.22
0.4	-0.0021	1.63
0.5	-0.0024	2.04

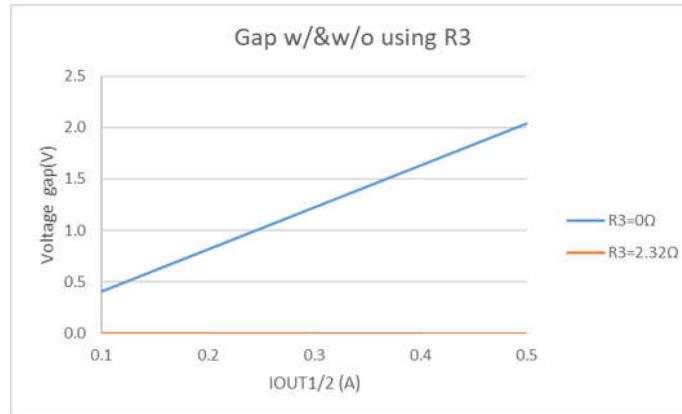


图 4-1. 使用和不使用 R3 时的差值

4.2 演示板示例

图 4-2、图 4-3 和图 4-4 展示了使用 TPS61377 满足表 4-1 要求的原理图和双层布局示例。为了尽可能缩短输出电源环路，建议在 VOUT 引脚上添加 $1\mu F$ 电容器并将其接地，如原理图中的 C14 所示。

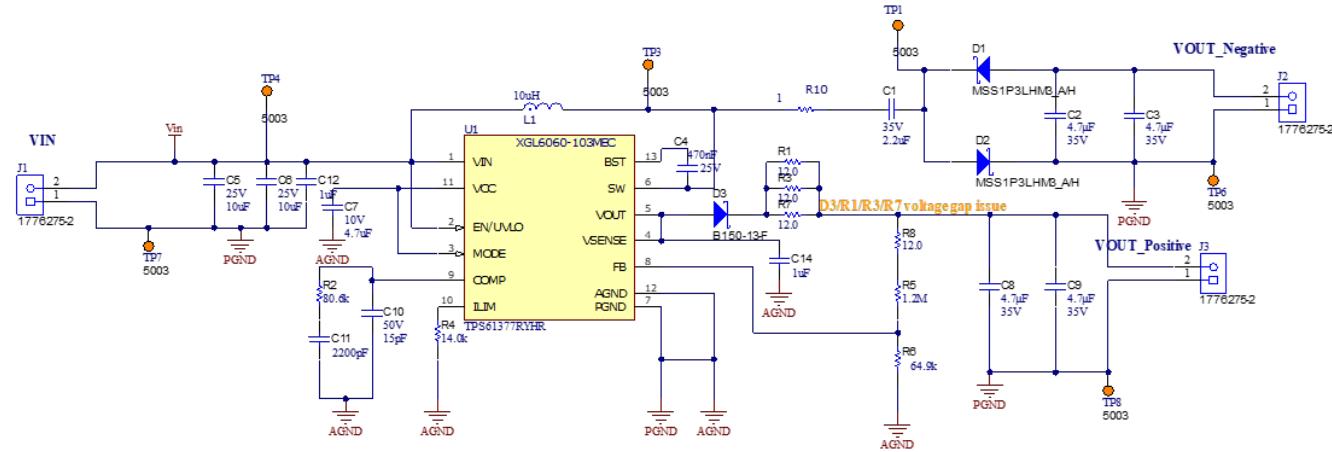


图 4-2. TPS61377 原理图

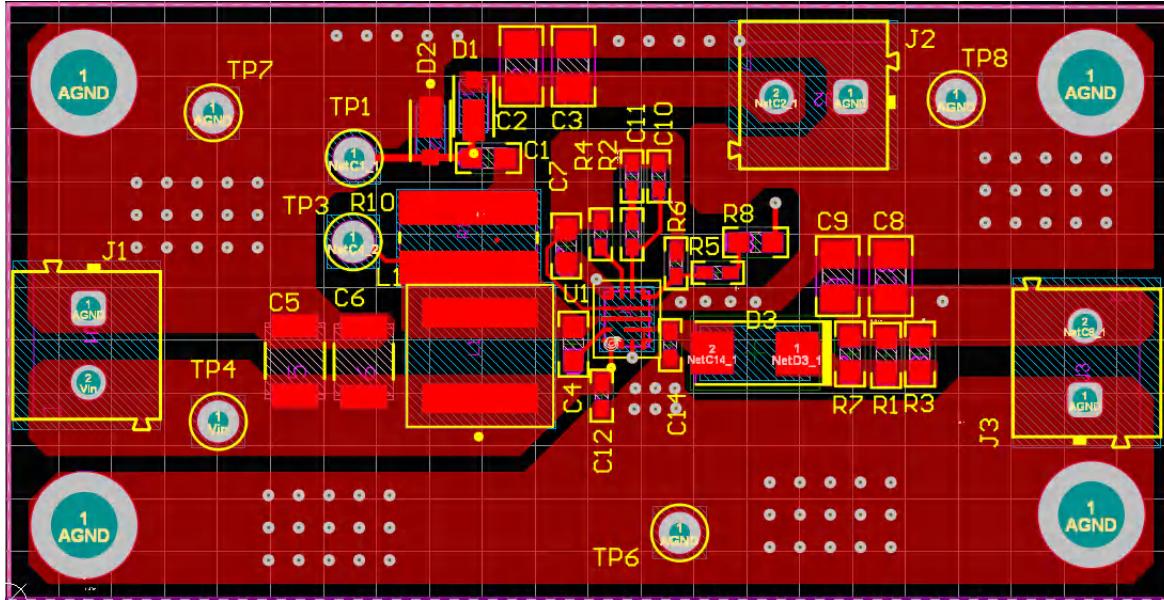


图 4-3. TPS61377 布局 (顶部)

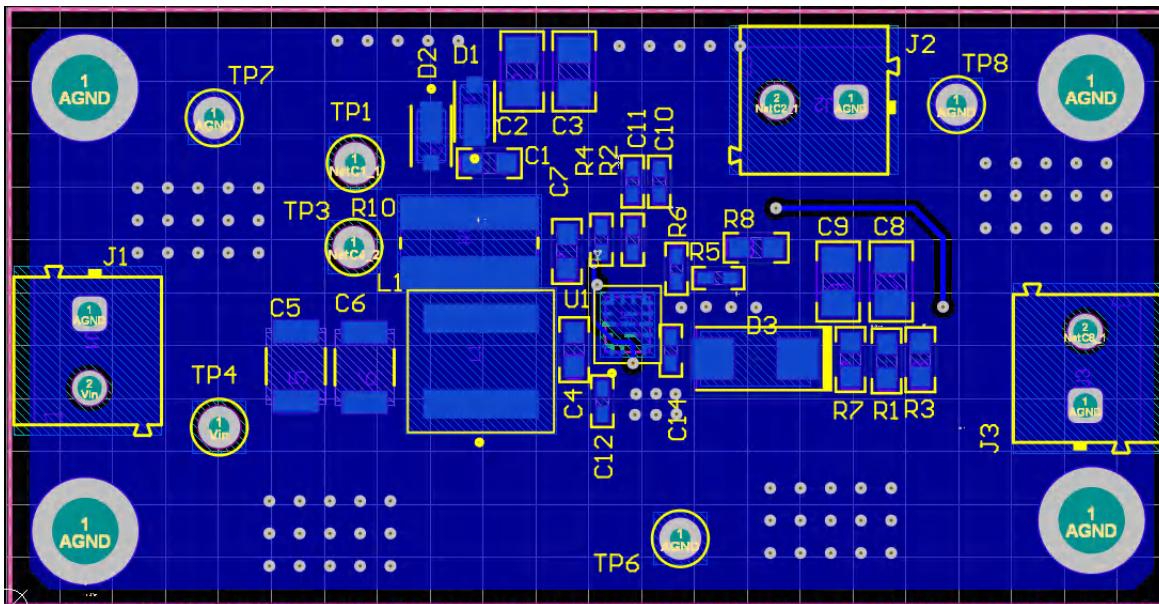


图 4-4. TPS61377 布局 (底部)

5 总结

本应用手册介绍了使用电荷泵电路和传统升压转换器来消除直流偏移问题的方法。但是，不建议在高功率等级应用中使用该方法。因为该方法需要选择高功率等级的电荷电阻器，并会增加功率损耗、成本和尺寸。升压转换器 ± 快速计算器可用于评估电阻器功率等级，这需要进一步设计并提前完成评估。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI) , [离散电荷泵设计](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI) , [使用升压转换器 TLV61048 生成正负电压轨](#) 应用手册。

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出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 © 2024, 德州仪器 (TI) 公司