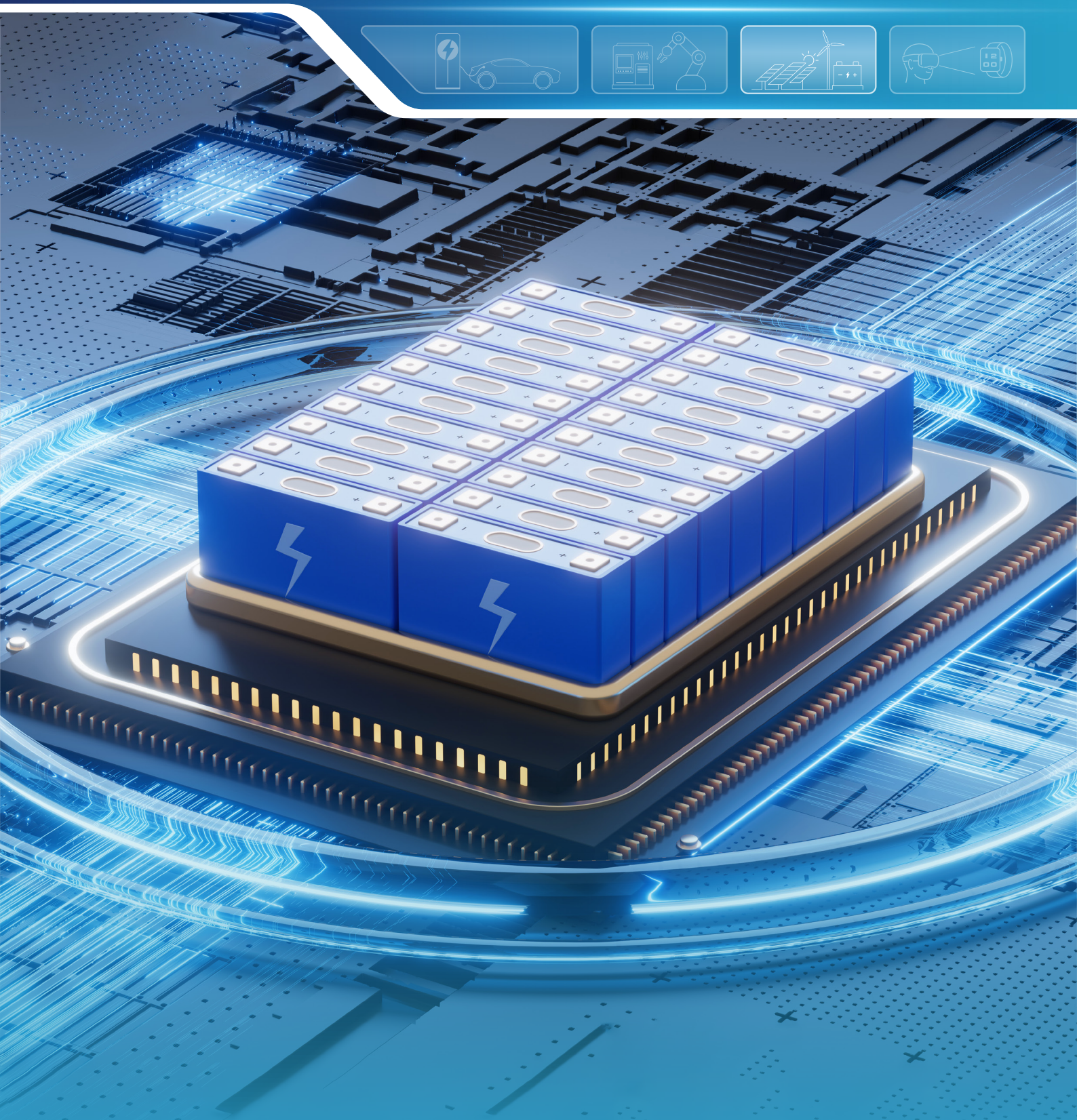


基于PWM控制器NSR28C4x的 外部软启动电路设计

AN-14-0003

作者：Shuai Fan



基于PWM控制器NSR28C4x的 外部软启动电路设计

摘 要

NSR28C4x 系列高性能、固定频率电流模式控制器，专为离线式和 DC-DC 应用而设计，且所需外部元件数量极少。然而，在次级反馈反激式拓扑中，由于控制器位于初级侧而输出参考电压位于次级侧，实现软启动功能面临一定挑战。本应用笔记将介绍一种外部电路，用以实现基于 NSR28C4x 的反激电源的软启动功能，并提供相应的台架测试结果。

目 录

1. 为何需要软启动功能	2
1.1. 无软启动电路时的启动特性分析	2
2. 外部软启动电路	3
2.1. 软启动电路的台架测试结果与性能验证	4
3. 修订历史	6

基于PWM控制器NSR28C4x的外部软启动电路设计

1. 为何需要软启动功能

在反激式拓扑中，流经输出电容的电流是不连续的，因此为了满足输出纹波要求，需要使用较大容值的输出电容。如果输出电压上升时间较短，则需要大电流对输出电容进行充电，这会导致变换器在短时间内承受高功率。这将引起输入侧出现浪涌电流，在某些不利工况下甚至会导致输入电压跌落。图 1 为一个未配置软启动电路的NSR28C4x 典型SSR 反激式电路。

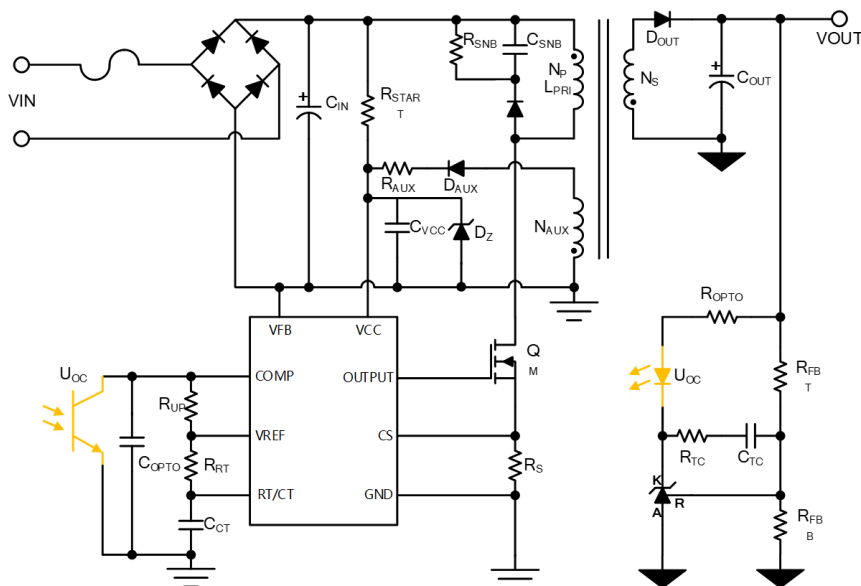


图1 未配置软启动电路的NSR28C4x典型SSR反激式电路

1.1. 无软启动电路时的启动特性分析

在无软启动电路的情况下，开始时次级输出电压为零。因此，光耦的初级侧和次级侧均处于关断状态。在VCC 充电完成且VREF 建立之后，COMP 引脚电压将通过上拉电阻 R_{UP} 由VREF 进行充电。通常，COMP 与GND 之间的电容相对较小，因此COMP 引脚电压会被充电至饱和状态，其电压将远高于NSR28C4x 开始输出脉冲前的稳态COMP电压。这将导致较大的电感电流对输出电容充电，并在输入侧引发浪涌电流。图 1.1 显示了无软启动电路时的启动波形。我们可以看到，COMP 电压直接被充电至5V，并且输出电压上升时间仅为 $820\mu s$ 。实际上，输出电容为 $560\mu F$ ，稳态调节电压为12V。如果根据公式 $I=C \cdot dv/dt$ 进行简单计算，反激变换器在此过程中产生的瞬态电流至少达到8A，对应瞬态输出功率高达96W，而该电源的额定功率仅为30W。

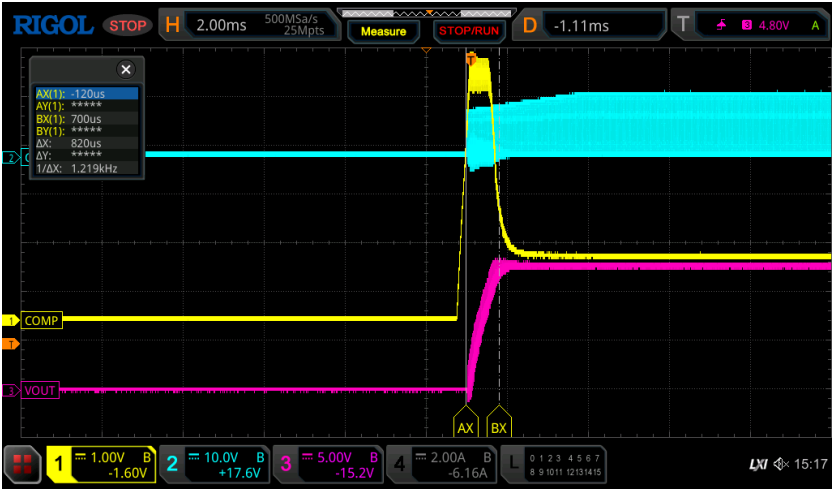


图 1.1无软启动电路时的启动波形

2.外部软启动电路

图 2.1 展示了带有软启动电路的 NSR28C4x SSR 反激式电路，其中下方红色部分为外部软启动电路。

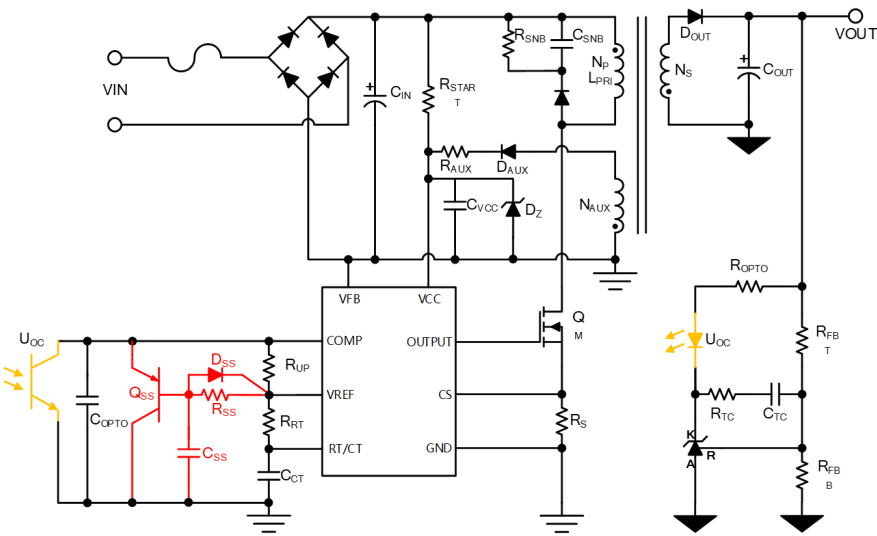


图 2.1 带有软启动电路的NSR28C4x 典型SSR 反激式电路

基于PWM控制器NSR28C4x的外部软启动电路设计

实际上，该软启动电路的核心理念是限制 COMP 引脚电压，因此使用了一个 PNP BJT Q_{SS} 来钳位 COMP 引脚电压，使其跟随 C_{SS} 电压。因此，只需控制或减缓 C_{SS} 电压的上升速率即可。图 2.2 显示了启动过程中 C_{SS} 电压与 COMP 电压之间的时序关系。

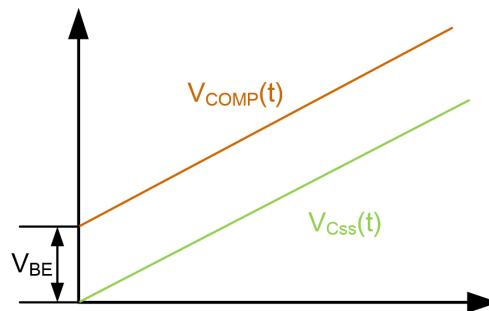


图 2.2 启动过程中 C_{SS} 电压与 COMP 电压的时序关系

从图 2.1 可以看出， R_{SS} 在某种程度上与 R_{UP} 和 Q_{SS} 的 V_{BE} 并联，部分 R_{UP} 电流将被 Q_{SS} 的电流放大系数 β 分流并流入 C_{SS} 。

通常有两种方法来减缓 C_{SS} 电压的上升速率，从而减缓 COMP 电压和输出电压的上升速率。一是增大 C_{SS} 的容值，二是选用具有较高电流放大系数 β 的 BJT 器件。

2.1. 软启动电路的台架测试结果与性能验证

本节将验证前述电路，并展示两种不同 C_{SS} 容值下的软启动性能，详见图 2.3 和图 2.4。

随着 C_{SS} 容值的增加，软启动时间可以从 $820\mu s$ 延长至 $3.38ms$ 和 $7.6ms$ ，这能够有效实现平滑软启动并降低启动浪涌电流。

基于PWM控制器NSR28C4x的 外部软启动电路设计

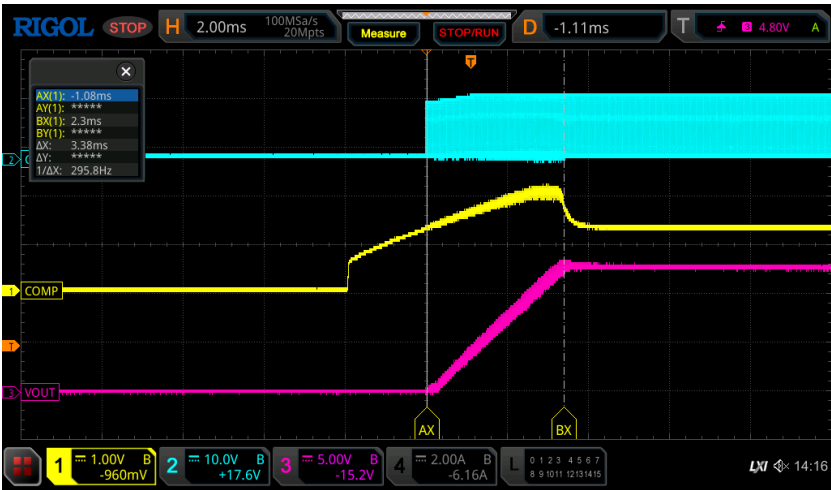


图 2.3 $C_{SS} = 100\text{nF}$ 时的启动波形

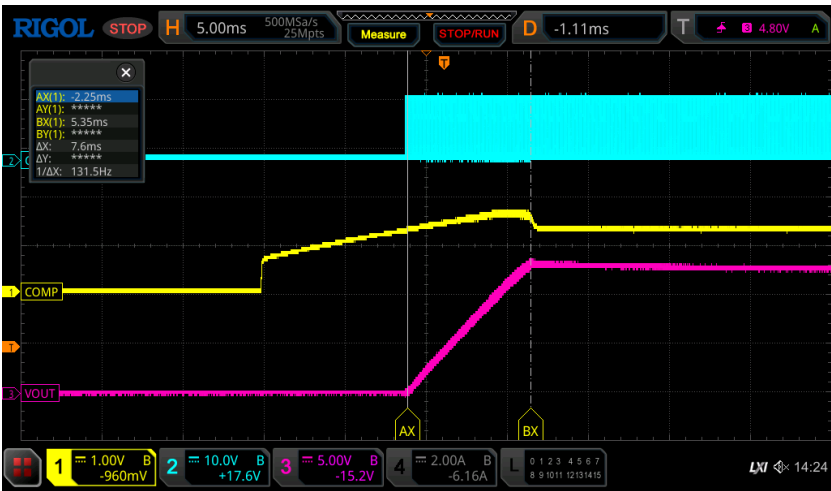


图2.4 $C_{SS} = 470\text{nF}$ 时的启动波形

基于PWM控制器NSR28C4x的 外部软启动电路设计

3.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	初始版本	Shuai Fan	2025/11/12

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权,包括但不限于对信息准确性、完整性,产品适销性、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陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责,并确保应用的安全性。客户认可并同意: 尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供,但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用,不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源,或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等,纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息,请与纳芯微电子联系(www.novosns.com)。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有