应用笔记

NOVOSENSE 纳芯微电子

基于NSD2123的GaN半桥自举驱动稳态供电电压分析

AN-15-0022

作者：Xiaowen Jiang



应用笔记

基于 NSD2123 的 GaN 半桥自举驱动稳态供电电压分析

AN-15-0022

作者：Xiaowen Jiang

摘要

GaN 半桥电路普遍采用自举充电方案为高压侧驱动器供电。鉴于 GaN 器件的驱动电压裕量较窄，必须充分评估高侧驱动器的稳态供电电压，以确保驱动可靠性。本文以 NSD2123 为对象，对自举充电回路开展理论分析，并阐明各因素对自举稳态电平的影响规律。

目录

1. 自举充放电过程理论分析 **2**

1.1. 自举电容充电状态 **2**

1.2. 自举电容放电状态 **3**

2. 稳态电平影响要素分析 **4**

3. 修订历史 **6**

Copyright © 2026, NOVOSENSE

1. 自举充放电过程理论分析

传统自举电路的设计重点在于自举电容选型与充电回路阻抗优化，这一原则同样适用于 GaN 器件的自举驱动方案。然而在实际应用中，由于充电损耗与纹波压降的存在，高侧驱动器的供电电压往往低于低侧驱动器。考虑到低侧驱动电源通常仅为 5~6 V，高侧驱动电压的裕量十分有限，因此必须针对自举电路的实际工况进行充分评估与优化设计。

本章从理论分析出发，系统阐述稳态工作条件下影响高侧驱动器供电电平的关键因素。

1.1. 自举电容充电状态

图一为 NSD2123 的自举电路的结构示意图，内部集成了自举电路的功率管。在自举充电状态，内部功率管可以等效为电阻R_{charge}。查询数据手册可知，电阻R_{charge}的典型值为 8Ω。

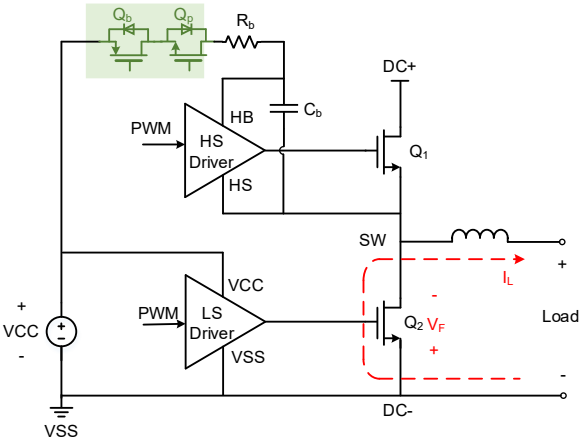


图 1 NSD2123 自举电路的结构示意图

充电状态下的自举电路可以等效为RC充电网络，因此自举电容电压$v_{HB}(t)$可表示为：

$$v_{HB}(t) = V_{source} - (V_{source} - V_{HB,min}) \times e^{-t/\tau}$$

其中：

- $V_{source} = V_{cc} - V_{DS,Q2}$（扣除下管 Q2 的导通压降）；
- $\tau = R_{charge} \times C_b$，$C_b$为自举电容容值；
- $V_{HB,min}$是稳态充电阶段的最低电压，即上次放电结束后的剩余电压

利用上面的公式，可得到充电结束时的最大电压：

$$V_{HB,max} = V_{source} - (V_{source} - V_{HB,min}) \times e^{-(1-D)\times T_{sw}/\tau}$$

其中：

- D为高侧驱动的占空比；
- T_{sw}为开关周期。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

1.2. 自举电容放电状态

自举电容C_b的放电主要发生在上管导通阶段，该阶段电容C_b负责向 GaN 器件及高侧驱动器供电，释放的总电荷可近似为：

$$Q_{out} \approx Q_g + I_{Q,HB} \times D \times T_{sw} + I_{HS} \times D \times T_{sw}$$

其中：

- Q_g为 GaN 器件的栅极电荷；
- $I_{Q,HB}$为高侧驱动器的静态电流，可由数据手册查得；
- I_{HS}为电平移位电流，在 NSD2123 中该电流很小，可忽略不计。

栅极电荷 Q_g的取值建议不要直接采用 GaN 器件数据手册首页的典型值，因为该参数通常基于固定测试条件获得，未必与实际设计工况相符。通常，数据手册中会提供栅极电荷曲线$V_{GS} = f(Q_g)$，设计时可根据应用中的母线电压 V_{DS} 及目标驱动电平 V_{GS} ，从曲线中读取对应工况下的总Q_g。

根据放电电荷量，可求得稳态阶段的纹波电压ΔV_{HB}：

$$\Delta V_{HB} = Q_{out}/C_b$$

其中：

- C_b是自举电容容值。

由此亦可从另一角度得到放电初期的电压：

$$V_{HB,max} = V_{HB,min} + \Delta V_{HB}$$

联立充电和放电状态的表达式，可以得到稳态阶段的最小值的表达式：

$$V_{HB,min} = V_{source} - \frac{Q_{out}/C_b}{1 - e^{-(1-D)\times T_{sw}/\tau}}$$

高侧驱动的平均供电电平则可表示为：

$$V_{HB,avg} = V_{HB,min} + \frac{\Delta V_{HB}}{2}$$

Copyright © 2026, NOVOSENSE

2. 稳态电平影响要素分析

在采用 GaN 器件且对布板面积要求高的半桥电路中，高边驱动器通常采用自举充电方式供电，因此设计时需重点评估高边供电电压是否满足设计预期要求。以 NSD2123 为例，自举电容C_b的选型是驱动设计中的关键环节，同时开关频率、占空比以及功率器件特性等因素对自举供电电压产生显著影响。本章节将系统阐述上述参数对自举稳态电平的作用规律。

在电路工况已确定的条件下，驱动设计的核心任务之一便是自举电容 C_b的合理选取。基于前述章节的理论推导，可绘制出如下图所示的电容–电压特性曲线。由图可知：在该工况下，增大 C_b 可有效抑制纹波电压；然而当电容增大到一定程度后，其对稳态电平的改善效果趋于饱和，继续增大电容的收益有限。

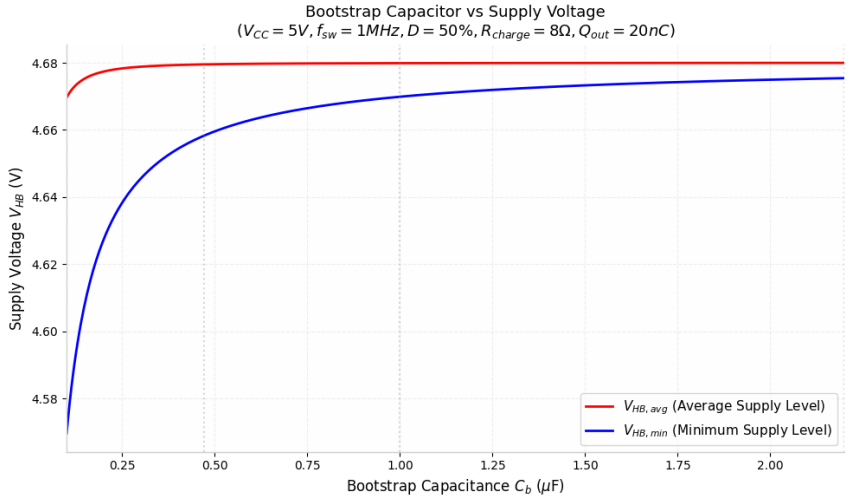


图 2 自举电容对稳态电平影响曲线

开关频率、占空比及功率器件特性等参数由功率电路的设计需求决定。本节旨在定量呈现上述因素对自举电容稳态电平的影响，以便在选型时预估当前工况下的稳态电平是否满足设计预期。

开关频率与占空比均通过改变自举电容的有效充放电时间来影响稳态电平，二者作用机理相似。下图给出了不同开关频率下的稳态电平变化曲线。由图可知，随着开关频率升高，稳态电平持续下降；而纹波电压仅取决于Q_{out}与 C_b，不受开关频率影响。

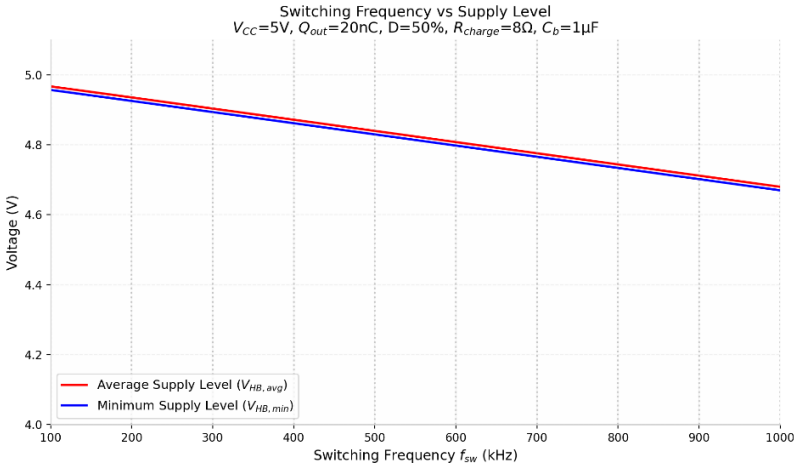


图 3 开关频率对稳态电平影响曲线

Copyright © 2026, NOVOSENSE

放电阶段的电荷同样影响稳态电平，随着负载增加，稳态电平不断减小；同时由于Q_{out}的增加，纹波电压增加，因此需要关注放电阶段的最低电平。

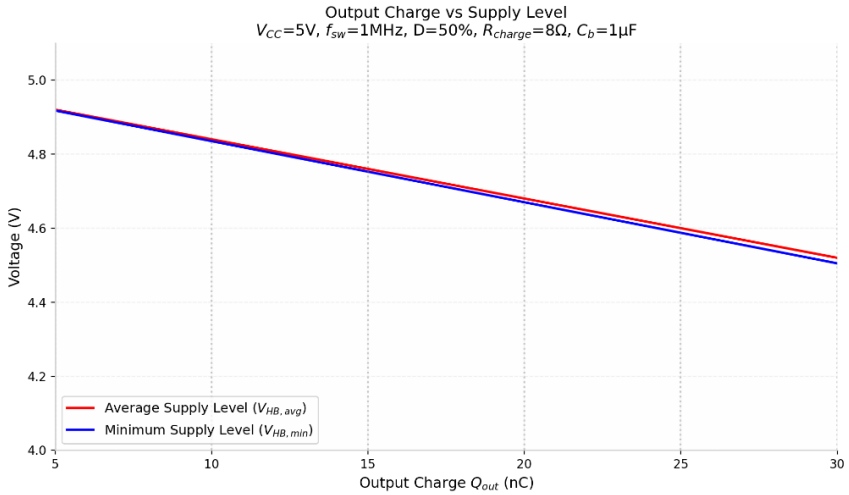


图 4 放电电荷大小对稳态电平影响曲线

综合上述分析，驱动自举电路设计中真正影响稳态电压水平的是开关频率和外围器件的设计。因此，在 NSD2123 的驱动电路设计过程中，可以根据章节 1 的设计方式粗略估计稳态电压水平，从而指导实际的设计方案。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

3. 修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Xiaowen Jiang	2026/08/10

Copyright © 2026, NOVOSENSE

重要声明

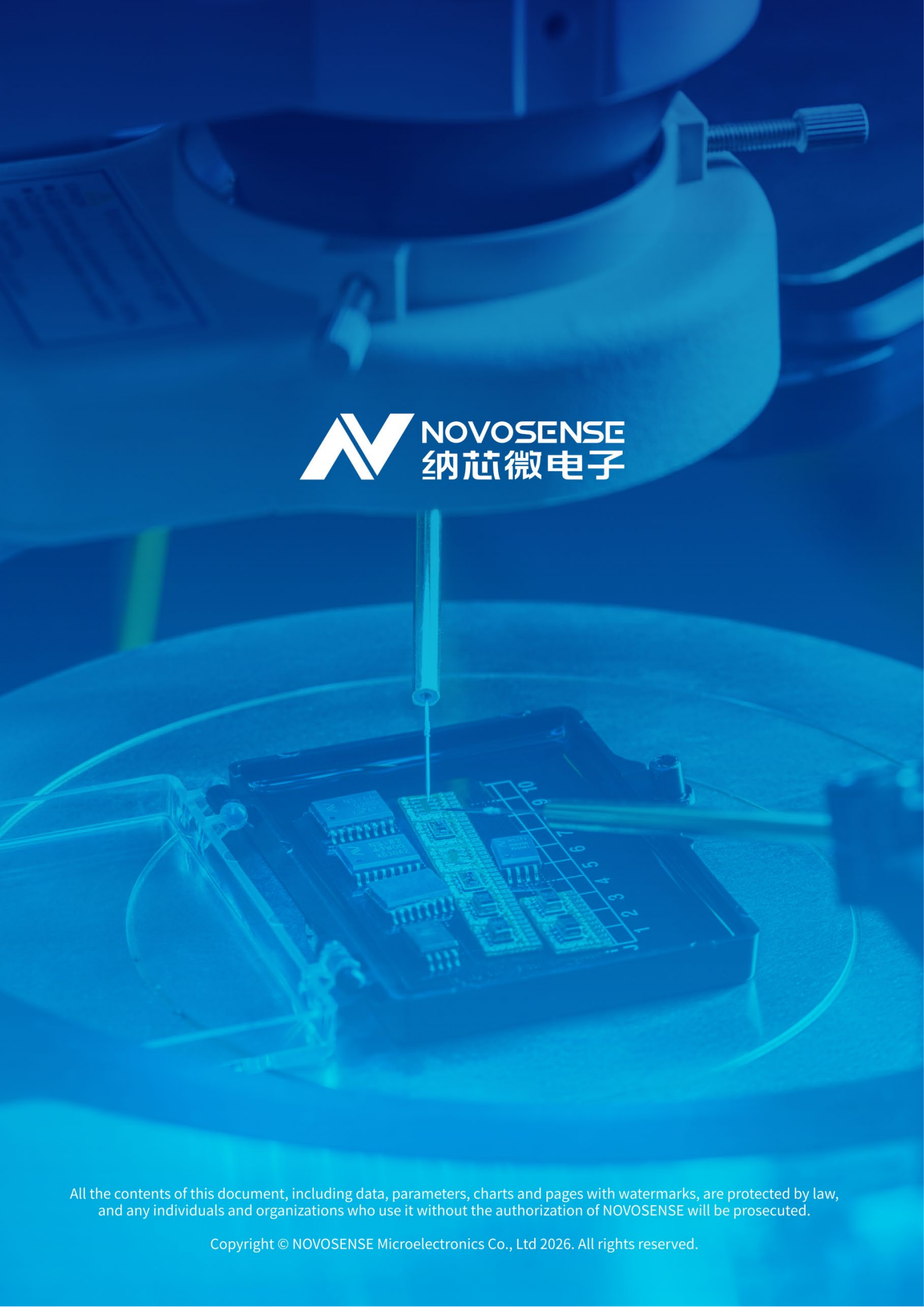
本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

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



All the contents of this document, including data, parameters, charts and pages with watermarks, are protected by law, and any individuals and organizations who use it without the authorization of NOVOSENSE will be prosecuted.

Copyright © NOVOSENSE Microelectronics Co., Ltd 2026. All rights reserved.