应用笔记

NOVOSENSE 纳芯微电子

# 基于NSR35001的负压驱动供电设计

AN-14-0005

作者：Xuefan Yu，Yufei Chen



AN-14-0005

# 基于NSR35001的负压驱动供电设计

NOVOSENSE 纳芯微电子


## 摘 要

本文介绍一种基于NSR35001的LDO搭配稳压管搭建的简易正负压驱动供电方案。该方案摒弃电荷泵、反相 DC/DC 等复杂电路，具备架构简洁、成本低廉、电压配置灵活等优势。文中完成稳压管、分压电阻、储能电容等关键器件参数设计，明确负压侧电容选型约束条件，保障上电时序满足器件可靠关断要求。通过搭建实验样机开展启机时序、不同寄生电容负载跳变等实测验证，结果表明该方案输出电压纹波小、供电稳定性好，合理匹配电容容值比例可实现负压优先建立，有效规避功率器件误开通风险。此LDO型负压驱动供电方案实用性强、适配性广，可广泛应用于各类高可靠功率变换设备中，整套方案可搭配同系列 PWM 控制器、隔离驱动芯片实现器件方案一体化配套设计。


## 目 录


1. 负压驱动应用介绍 ---- 2
   1.1. IGBT器件特性 ---- 2
   1.2. 负压驱动工作原理 ---- 2
2. LDO介绍 ---- 3
   2.1. LDO的工作原理 ---- 3
   2.2. 负压驱动供电下的LDO器件选型 ---- 4
3. 具体应用描述 ---- 5
   3.1. 方案介绍与优势 ---- 5
   3.2. 参数设计 ---- 6
   3.3. 样机验证 ---- 6
   3.4. 参数验证 ---- 7
4. 总结 ---- 8
5. 修订历史 ---- 9

## 1.负压驱动应用介绍

负压驱动，是指在关断功率器件（IGBT / MOSFET / SiC MOSFET）时，将栅极电压驱动到低于参考地（GND）的负电位，使栅源极之间形成一个反向偏置电压，从而实现更可靠、更安全的关断状态。负压驱动的核心价值，是在高压、高速、高 dv/dt、强干扰的功率变换场景中，保证功率器件 IGBT/SiC MOSFET 实现绝对可靠的关断，从根本上提升系统安全性与稳定性。

### 1.1.IGBT器件特性

IGBT 是绝缘栅极双极型复合功率器件，结合了 MOSFET 高输入阻抗、易驱动与双极型晶体管低导通压降、高耐压大电流的优势。IGBT的开通与关断受栅极电压$V_{GE}$控制，当$V_{GE}$大于阈值电压$V_{GE_TH}$时器件开通，当$V_{GE}$小于阈值电压$V_{GE_TH}$时器件关断。而栅极具有显著的输入电容与米勒电容，在高压、高速开关过程中易受 dv/dt 耦合，栅极电压$V_{GE}$容易出现震荡，进而导致误导通。同时阈值电压$V_{GE_TH}$随温度升高而降低，0V关断的安全裕量不足。在高dv/dt、高可靠性或桥臂直通风险较高的应用中，常采用负压关断方案，以提升关断可靠性、抑制米勒效应，满足高可靠功率变换系统的安全要求。

### 1.2.负压驱动工作原理

当 IGBT 或 SiC MOSFET 在高压、高速开关条件下工作时，高 dv/dt 会通过米勒电容向栅极耦合电荷，易引发器件误导通。负压驱动可提供充足的抗干扰阈值，抵消耦合噪声带来的栅极电压抬升，提高抗干扰裕量。同时，负压关断可补偿器件阈值电压随温度漂移的影响，提升全温度区内的工作稳定性，是高可靠功率变换系统的驱动方式。图1.1展示了采用隔离驱动给功率器件进行供电的结构示意图。

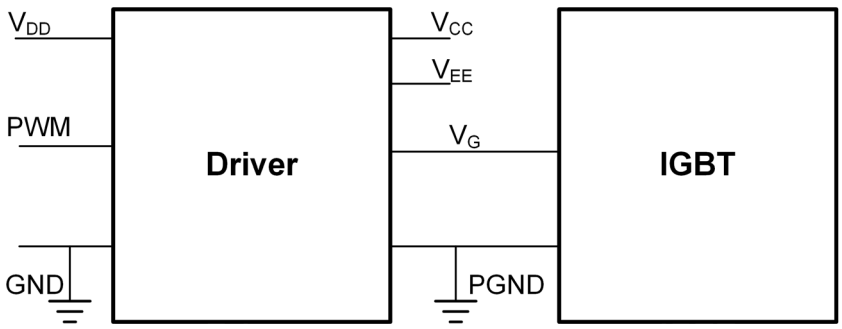



图1.1 负压隔离驱动结构图

其中$V_{CC}$、$V_{EE}$分别是隔离驱动IC的正电压与负电压供电，选择简单可靠的供电方式尤为重要。

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

## 2.LDO介绍

LDO（Low Dropout Regulator，低压差线性稳压器）是一种线性稳压电源，通过反馈控制与功率管压降调节，将波动的输入电压转换为稳定、低噪声的输出电压。

### 2.1.LDO的工作原理

LDO采用闭环负反馈机制实现稳压输出。内部误差放大器将输出分压电压与高精度基准电压比较，控制功率调整管的导通电阻，实时调节功率管压降，在规定输入电压、负载电流和温度范围内，将输出电压维持在模板精度范围内。LDO属于线性稳压架构，无高频开关动作，具备输出纹波小、噪声低、电路简洁、瞬态响应快的特性，可为提供稳定、纯净的供电。图2.1为NSR35001的控制结构图，反馈引脚FB将反馈信号传递至内部比较器，与高精度基准电压进行比较，通过控制器控制功率调整管的导通电阻，实现调整管的压降，最终实现稳定的电压输出。

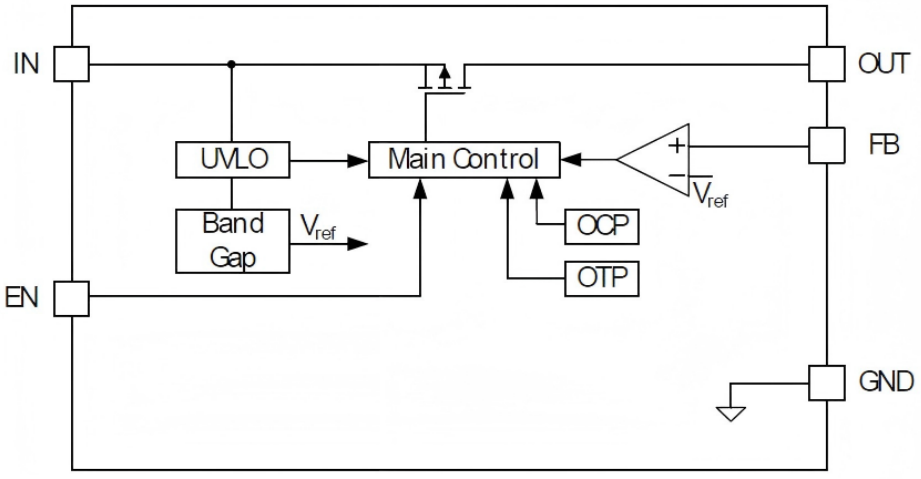



图2.1 NSR35001的控制结构图

LDO的关键参数包括输入电压范围、输出电压与精度、输出电流能力、低压差特性、线性/负载调整率、电源抑制比（PSRR）、静态电流及环路稳定性。各参数需根据应用场景的不同选择合适规格的LDO芯片。

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

## 2.2.负压驱动供电下的LDO器件选型

对于LDO而言，负压驱动供电场景的负载为图1.1所示的驱动结构，IGBT典型的正驱动电压为$V_{CC}$=15V，因此可以选择固定输出版本或者支持分压调节至15V版本。负驱动电压一般为$V_{EE}$=-5V或者-8V，此时前级辅助电源总输出需满足$V_{ISO}$>=$V_{CC}$+|$V_{EE}$|+$V_{drop}$，同时LDO IN相对PGND的电压满足$V_{CC}$+$V_{drop}$ 要求，并不超过器件推荐工作范围。至于输出电流能力，LDO的输出电流由驱动芯片的静态电流IQ、正压驱动的平均电流$I_{AVG}$以及负压稳压管的电流之和来决定。正压驱动的平均电流$I_{AVG}$由功率器件的开关频率以及栅极电荷Qg计算得出，负压稳压管的电流通常在10mA~30mA之间。栅极驱动对于噪声抑制的要求较高，实际应用时需结合前级反激电源的纹波频率与幅值评估LDO PSRR，并通过输入/输出滤波和实测验证满足驱动供电噪声要求。

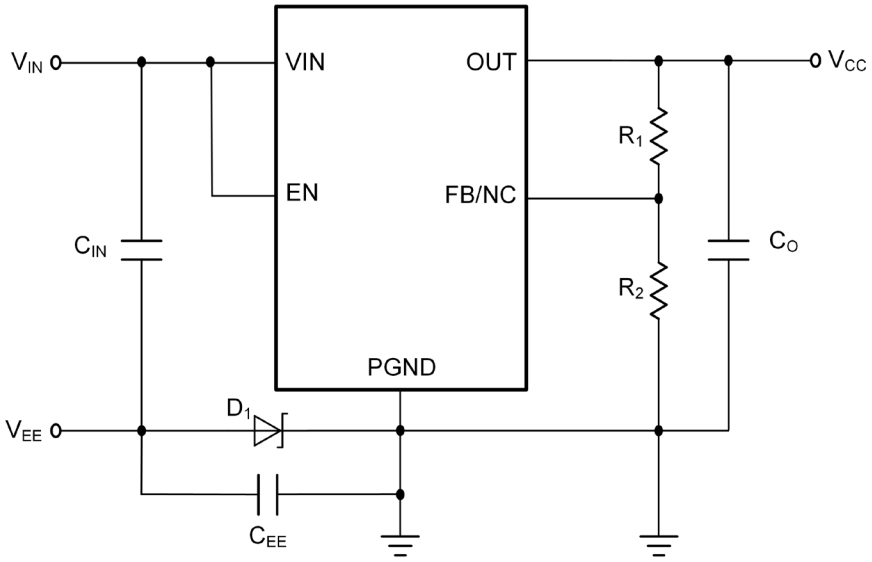



图2.2 NSR35001正负压原理图

基于NSR35001的正负压原理图如图2.2所示，$V_{IN}$为芯片的输入正端，$V_{CC}$为正压供电端，$V_{EE}$为负压供电端。值得说明的是，PGND仍然为整个系统的参考地平面，芯片的外接电源正线接$V_{IN}$，负线接$V_{EE}$。由于稳压管$D_1$的存在，相较于常规LDO的应用场景，$V_{IN}$对PGND的实际压差并未增大。

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

## 3.具体应用描述

### 3.1.方案介绍与优势

基于NSR35001的正负压驱动系统样机原理图如图3.1所示，其中NSR22605是一款PWM控制器，搭建成一个隔离反激电源用于LDO输入；NSI6621是一款单通道增强型隔离智能栅极驱动器，适用于驱动IGBT与碳化硅 MOSFET。在该系统中，NSR22605利用flyback将电池电压转换为NSR35001的输入，一方面实现升压，另一方面实现原边副边的电气隔离。NSI6611将MCU的PWM信号转化为功率驱动信号，NSR35001配合稳压结构为NSI6611提供正负压供电。

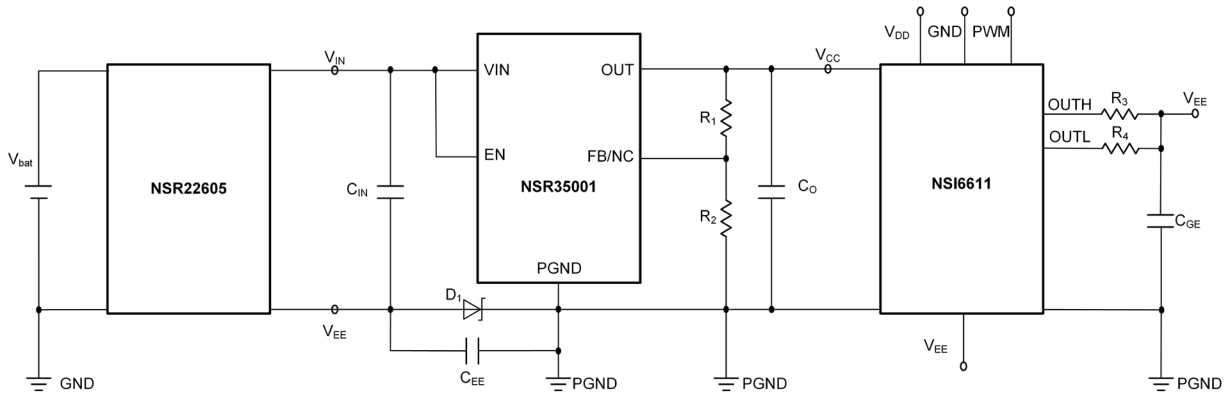



图3.1 系统样机示意图

该正负压驱动方案具有以下特点：

（1）结构极简、成本极低，无需电感、无需电荷泵以及反相DC/DC等复杂控制芯片，仅使用一颗LDO、一个稳压管及少量电阻电容等无源器件即可实现正负压双电源输出。

（2）噪声极低，LDO自身无开关噪声，负压由稳压管钳位，不会产生高频干扰，输出噪声远低于反相Buck、电荷泵等复杂方案。

（3）设计灵活性强，正压由LDO固定或可调，能够配置成常见的5V、9V、12V、15V等电源轨，负压由稳压管决定，可更换不同稳压管调整为-5V、-8V等负压值。无需修改拓扑、仅更换器件即可适配多个平台。

（4）通过合理设置CEE和CO的容值比例，并配合驱动IC使能/UVLO时序，可实现负压优先或同步建立，降低误开通风险。

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

### 3.2.参数设计

对于该方案中的各类型器件选型，稳压管$D_1$需要考虑两个典型参数，稳压值以及额定工作电流。其中稳压值需根据实际驱动电压的负压供电大小选择相近的标称值，额定工作电流应选择后级驱动芯片的负压供电需求电流的1.5~2倍。R1、R2、$C_{IN}$、$C_O$可根据实际输出电压值并按照芯片数据手册推荐值进行选择，$C_{EE}$的大小选型需考虑$C_{EE}$与$C_O$的比例关系。在输出建立阶段，$V_{EE}$与$V_{CC}$的大小根据$C_{EE}$与$C_O$容值大小进行分配，推荐$C_{EE}$<= ($V_{CC}$/|$V_{EE}$|)*$C_O$，此时负压优于正压建立，保证可靠关断。值得强调的是，该方案的负压轨的稳态保持能力和钳位精度受稳压管偏置电流、动态阻抗及功耗限制；瞬态驱动能力还需结合驱动IC输出能力、CEE容值及布局寄生参数评估，后级驱动芯片的负压供电要求不可超出实际稳压管的工作上限。

### 3.3.样机验证

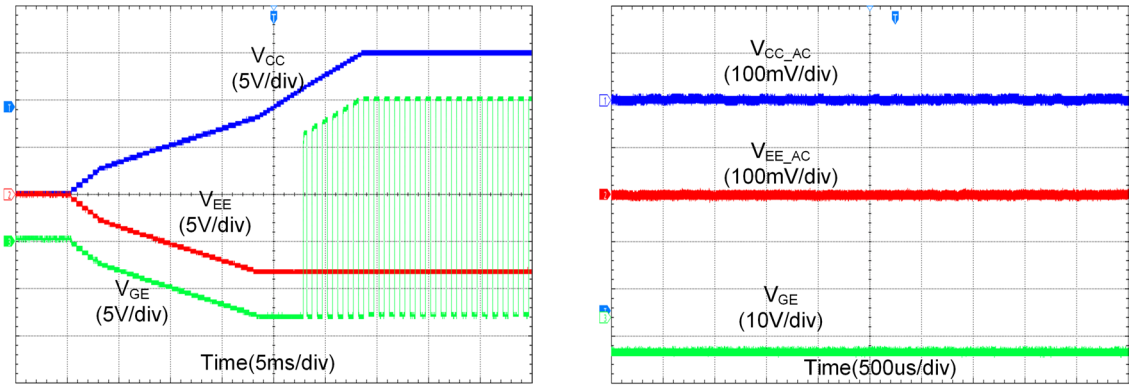
基于图3.1搭建实验样机，器件参数选型如表3.1：

表3.1.样机选择参数

| 器件名称 | 器件符号 | 数值 | 单位 |
|---|---|---|---|
| LDO输入电容 | $C_{IN}$ | 10 | μF |
| $V_{CC}$端电容 | $C_O$ | 10 | μF |
| $V_{EE}$端电容 | $C_{EE}$ | 10 | μF |
| 驱动负载 | $C_{GE}$ | 33 | nF |
| 驱动电阻 | $R_3$、$R_4$ | 10 | Ω |
| 上分压电阻 | $R_1$ | 2.2 | MΩ |
| 下分压电阻 | $R_2$ | 100 | kΩ |
| 稳压管 | $D_1$ | 8.2 | V |

其中$C_{GE}$模拟IGBT栅极和发射极间的寄生电容，该实验样机的稳态工作电压$V_{CC}$为15V，$V_{EE}$为-8V，图3.2（a）~（b）展示了依据表3.1参数实验样机的工作波形，其中通道1~3分别为LDO输出$V_{CC}$、负压输出$V_{EE}$、功率驱动信号$V_{GE}$。由图3.2（a）可以看出在启动阶段，$V_{EE}$与$V_{CC}$同步建立，能够为驱动提供稳定供电，图3.2（b）展示了当驱动信号$V_{GE}$常低时的稳态波形，输出电压纹波与普通LDO正常输出无明显差异。

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

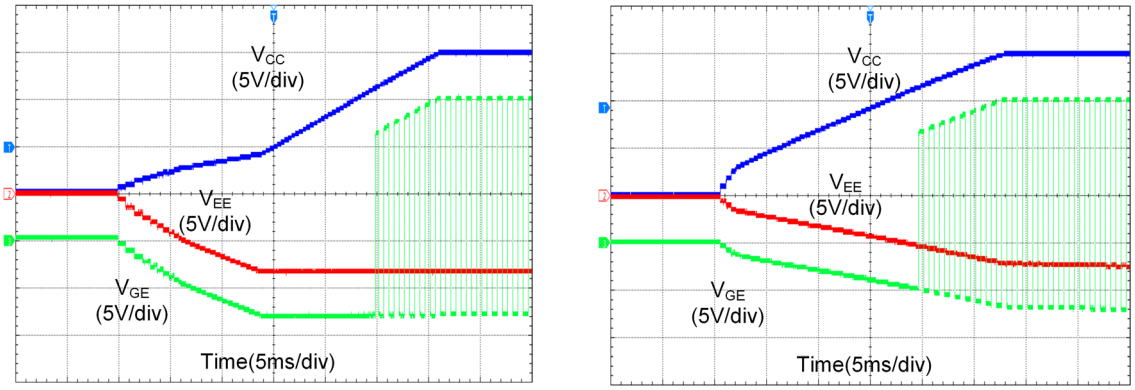



（a）系统启机波形　　（b）$V_{GE}$常低时$V_{CC}$及$V_{EE}$稳态输出波形

图3.2 系统工作波形

### 3.4.参数验证

针对该系统进行了不同电容比例的启机、不同负载的驱动跳变实验，以此进一步验证方案的可行性。图3.2（a）~（b）展示了$C_{EE}$:$C_O$=1：2、$C_{EE}$:$C_O$=2：1时的启机波形，其中通道1~3分别为LDO输出$V_{CC}$、负压输出$V_{EE}$、功率驱动信号$V_{GE}$。可以看出在启动阶段$V_{EE}$与$V_{CC}$依据电容大小成比例的建立，这意味着如果$C_{EE}$的取值大于($V_{CC}$/$V_{EE}$)*$C_O$，在VEE完全建立前，正压$V_{CC}$就足以支撑功率管开通，此时负压可能不能完全将功率管关断，存在误导通风险。因此在选取CEE的取值应小于($V_{CC}$/$V_{EE}$)*$C_O$，且留有一定裕量，保证$V_{EE}$在$V_{CC}$之前建立完毕。当然也可通过控制驱动芯片的工作时序来保证正常驱动时，$V_{EE}$与$V_{CC}$已完全建立。

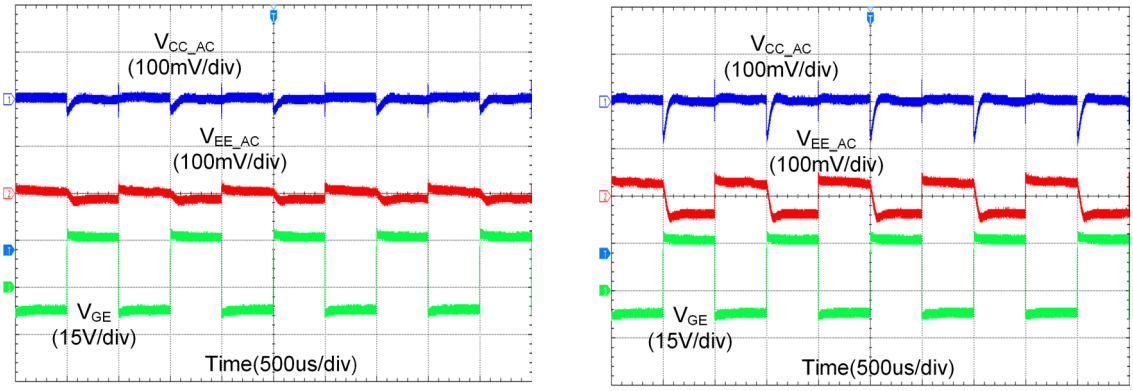



(a) $C_{EE}$：$C_O$=1:2时的启机波形　　(b) $C_{EE}$：$C_O$=2:1时的启机波形

图3.3 不同电容比例下的系统启机波形

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

图3.4为不同$C_{GE}$负载下的$V_{CC}$及$V_{EE}$负载跳变波形，图3.4（a）~（b）为$C_{GE}$=10nF、33nF时的负载跳变波形。其中通道1~3分别为LDO输出$V_{CC}$、负压输出$V_{EE}$、功率驱动信号$V_{GE}$，在驱动信号正常工作时，$V_{CC}$与$V_{EE}$的电压纹波均在100mV以内。




（a）$C_{GE}$=10nF时的负载跳变波形　　(b) $C_{GE}$=33nF时的负载跳变波形

图3.4 不同负载下的$V_{CC}$及$V_{EE}$负载跳变波形

## 4.总结

该负压驱动供电设计方案采用LDO加稳压管来实现，结构简单、成本较低且设计灵活性强。本文介绍了方案的基本原理，参数设计，并通过采用NSR35001搭建的系统样机验证方案可行性。值得说明的是，该方案中前级辅助电源、LDO负压供电、后级驱动IC均可采用我司NSR22605、NSR35001、NSI6611等系列产品。

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

## 5.修订历史

| 版本 | 描述 | 作者 | 日期 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.0 | 创建应用笔记 | Xuefan Yu,<br>Yufei Chen | 2026/4/08 |

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

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