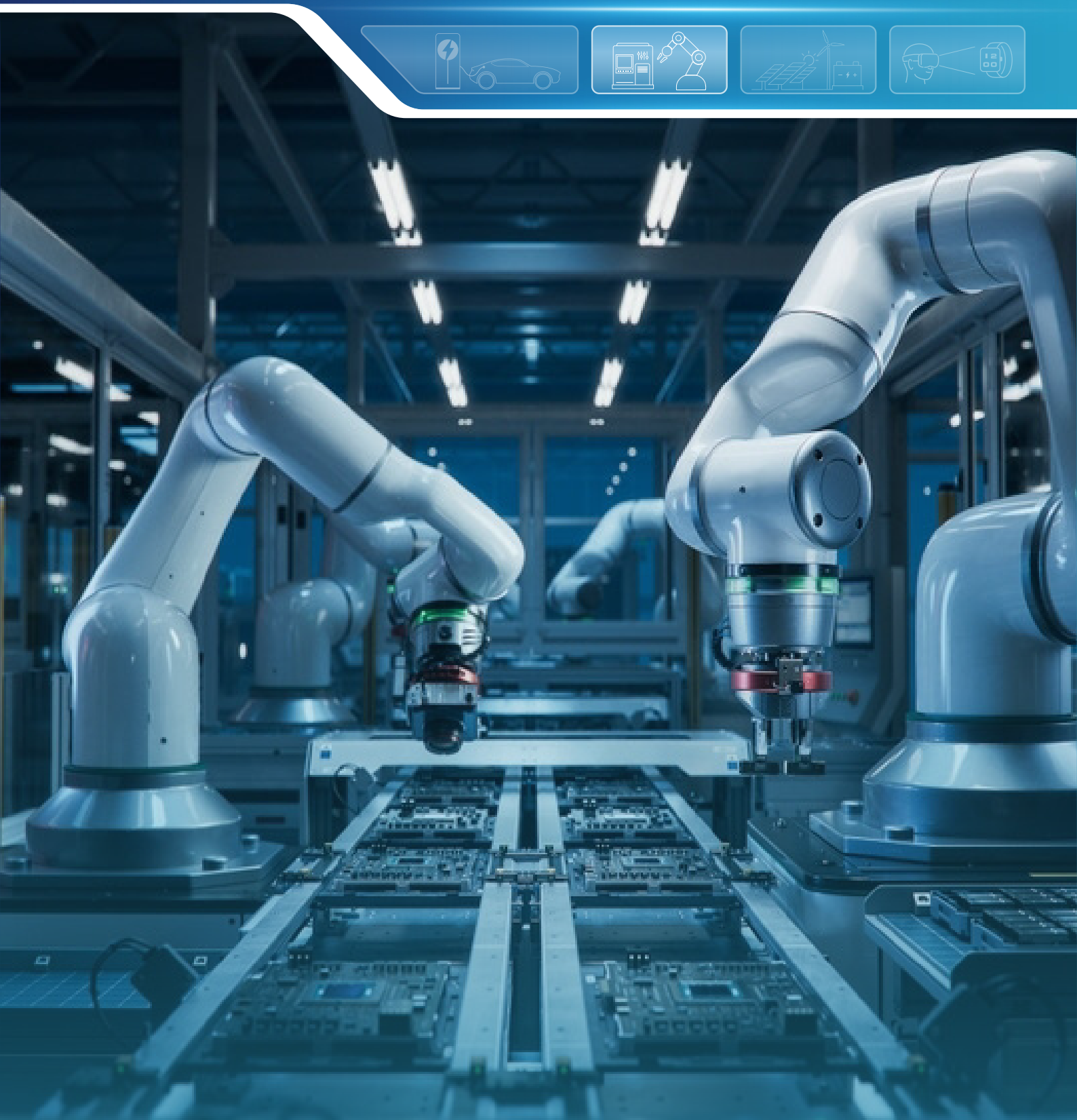


电容隔离器件的隔离失效模式

AN-13-0001

作者：Jiahua Xu, Michelle Zhao



电容隔离器件的隔离失效模式

摘要

电容式隔离产品（如隔离器、隔离放大器、隔离电源产品等）是将输出端与输入端隔离的器件，能够避免两个系统之间出现非预期的直接和瞬态电流，同时确保可以正确地传输信号和功率。例如，隔离器可以转换不同参考电平的信号，保护敏感控制模块免受高电压的影响，并在发生电气故障时最大限度减小故障影响范围。

对于此类隔离产品，隔离屏障失效可能导致系统故障，并对操作人员的安全构成潜在威胁。因此，我们将探讨隔离失效模式的作用机制，以及容隔器件的推荐应用方式以避免发生隔离失效。

目录

1. 隔离失效模式的作用机制	2
1.1. 电容隔离器的结构	2
1.2. 失效模式1：隔离屏障两端过压	2
1.3. 失效模式2：隔离器一侧高功率	3
2. 应用示例	5
3. 结论	6
4. 修订历史	7

电容隔离器件的隔离失效模式

1. 隔离失效模式的作用机制

1.1. 电容隔离器的结构

图1显示了一个串联电容隔离器的结构。其中，不同裸片上各配置一个串联隔离电容器，同时厚度超过 $28\mu\text{m}$ 的 SiO_2 隔离介质可以实现加强绝缘。与其他绝缘材料（如环氧树脂、聚酰亚胺等）相比， SiO_2 具有高可靠性和高介电强度等优点。

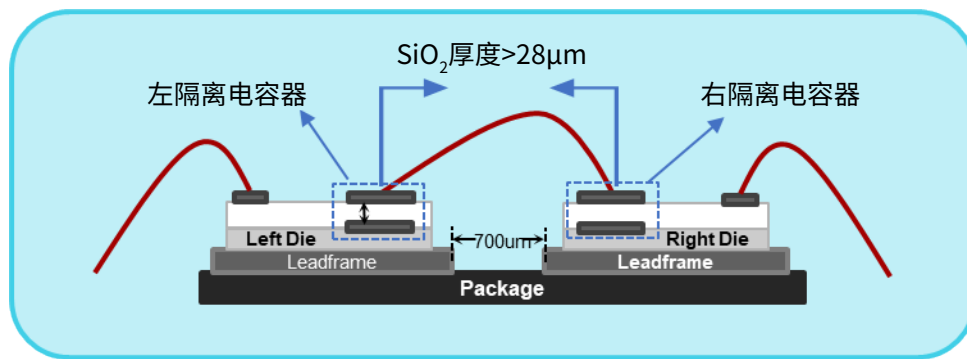


图1. 串联隔离电容器的结构

根据电容隔离器的结构，本文探讨了两种可能的失效模式，帮助用户了解隔离失效的原因。

1.2. 失效模式1：隔离屏障两端过压

第一种失效模式为隔离屏障两端过压，如图2(a)所示。当施加在隔离侧的电压超过隔离耐受电压时，就会发生该种失效。图2(b)为第一种隔离失效模式的图片。

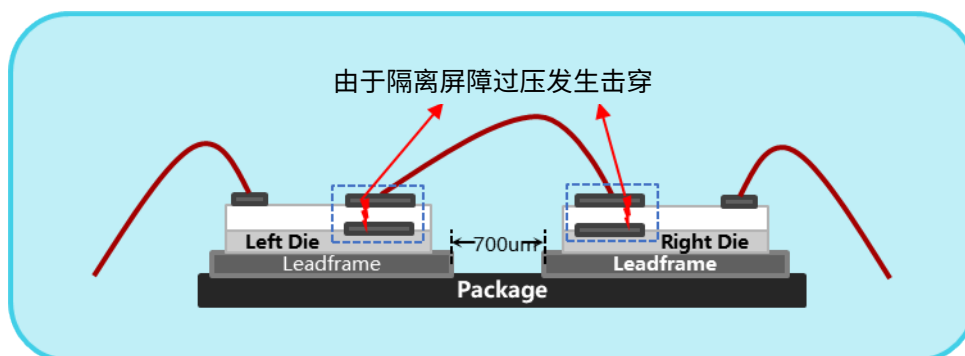


图 2(a) 隔离屏障两端过压

电容隔离器件的隔离失效模式

在破坏性试验中，在绝缘电压 $V_{ISO}=13kVrms$ 的条件下，依据UL1577对NSI1300D25样片下进行了试验。由于电气过应力，隔离电容器被损坏并发生短路。为了避免发生此类失效，建议选择满足系统电压等级并具备足够裕量的隔离产品。纳芯微电容隔离产品具备业界领先的隔离性能。由于具备更高裕量，该产品能够帮助用户进一步降低发生失效模式1的风险。

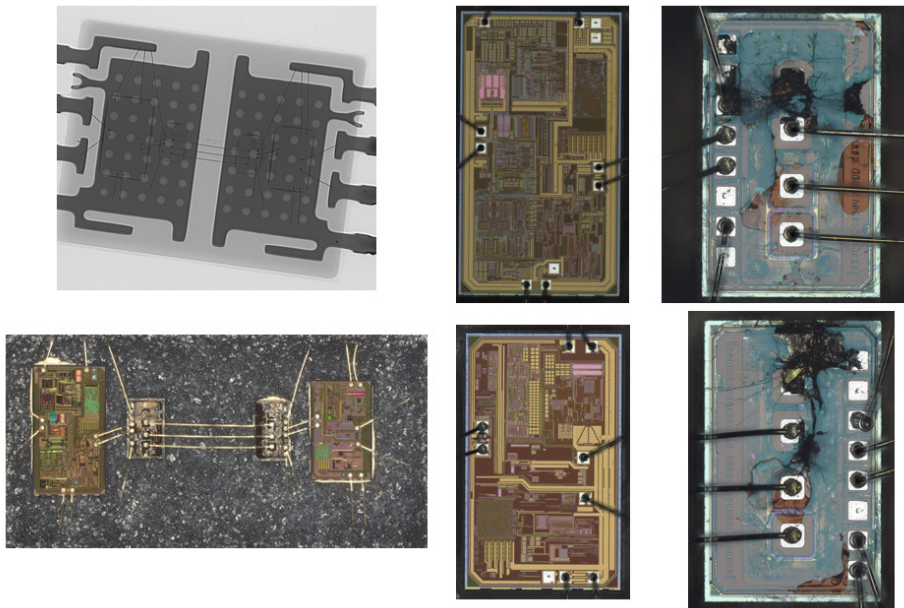


图 2(b). 第一种隔离失效模式的图片

1.3.失效模式2：隔离器一侧高功率

第二种失效模式是隔离器一侧发生高功率，如图3(a)所示。在安全限值（即工作条件的边界范围）内，即使功能丧失，仍能保持绝缘性能。当隔离器在超出安全限值的工况下工作时，会发生第二种失效模式，比如短路、过度静电放电（ESD）和功率晶体管击穿等，导致电路遭受严重的结构损坏。如果隔离器中的异常高电压和大电流持续一段时间，与隔离电容器集成在同一芯片上的电路和元件会因过度热应力而受损，导致隔离电介质损坏。

这种失效会影响受损芯片的隔离性能。在纳芯微的电容隔离技术中，通过在两个独立芯片上各串联设置一个分离式电容器实现增强隔离。当发生第二种失效模式时，隔离电容器的一侧可能受损，而另一侧仍然完好，负责提供基本隔离功能。

图3(b)为第二种隔离失效模式的图片。样片为经过VDD到GND电气过应力（EOS）试验后的NSI8131器件。左侧芯片的隔离电容器受到了周围受损电路的影响。受损样片仍能满足UL1577标准规定的3kVrms的绝缘电压要求。在此情况下，操作员的安全风险仍然可以避免。

电容隔离器件的隔离失效模式

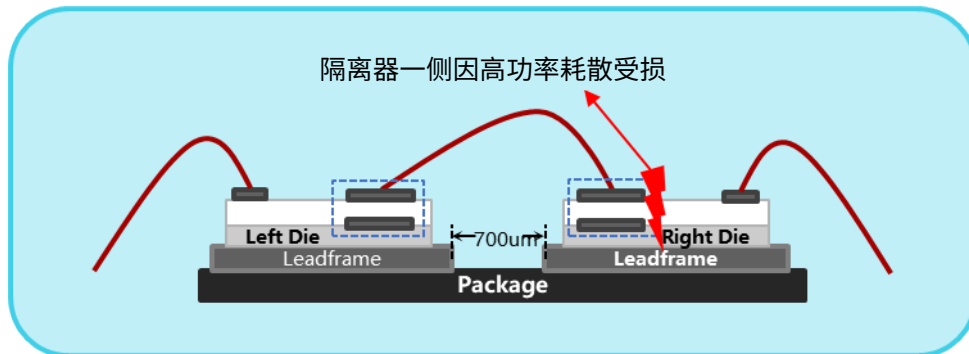


图 3(a) 电容器一侧发生高功率

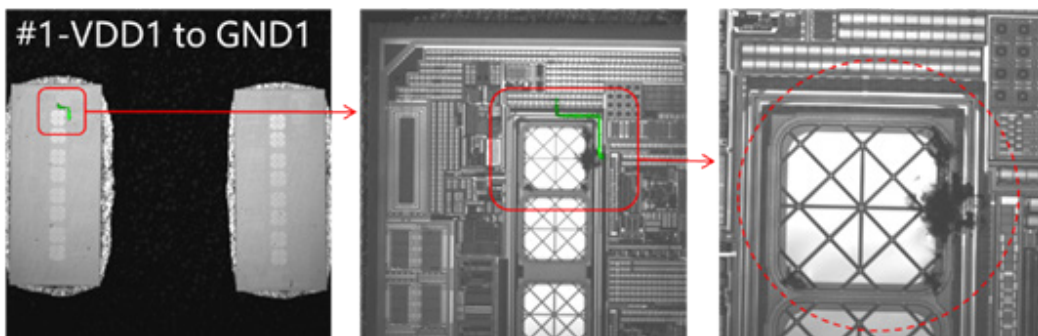


图 3(b) 第二种失效模式的图片

为了进一步验证第二种失效模式的有限损坏，表1列出了一些其他器件的试验结果。所有样片在遭受严重的过功率事件发生受损后，仍能满足UL1577标准规定的3kVrms绝缘电压要求，提供基本隔离功能。

表1. 特定过功率试验（失效模式2）后的绝缘试验结果

试验描述	被测器件数量	失效现象	V_{ISO} 试验 (依据UL1577), $3000V_{RMS}, 60s$
VDD1 EOS破坏性试验: VDD1=15V (绝对最大值6.5V), 电流限制为300mA	3	VDD1对GND1短路, 输入侧芯片损坏	通过
VDD2 EOS破坏性试验: VDD2=15V (绝对最大值6.5V), 电流限制为300mA	3	VDD2对GND2短路, 输出侧芯片损坏	通过
系统 ESD破坏性试验: VDD1至GND1之间施加30kV电压, 放电模型: R=330Ω和C=330pF, 每个极性进行10次试验	2	VDD1对GND1短路, 输入侧芯片损坏	通过
系统 ESD破坏性试验: VDD2至GND2之间施加30kV电压, 放电模型: R=330Ω和C=330pF, 每个极性进行10次试验	2	VDD2对GND2短路, 输出侧芯片损坏	通过

电容隔离器件的隔离失效模式

2.应用示例

本节我们以典型电机驱动系统为例，探讨如何通过选择和应用电容隔离器以避免发生上述两种失效模式。图4所示的典型电机驱动系统将交流电网转换为电机驱动输出。该系统由整流电路、逆变电路以及主控微控制器（MCU）组成。用户可以通过通信总线访问控制模块MCU。为了满足安全需求，人机界面（HMI）与高压和功率电路之间必须设置绝缘屏障。电压和电流感测芯片提供隔离信号，实现闭环控制和系统保护。隔离驱动将脉宽调制（PWM）信号转换为IGBT模块的隔离驱动信号。隔离屏障的设置旨在满足功能要求、安全要求或两者兼有。

IEC61800-5-1标准规定了电机驱动系统中隔离的安全要求。选择隔离芯片用于满足系统电压、暂时过压、冲击电压、工作电压、间隙、爬电距离等要求，并预留足够的裕量。裕量越大，隔离可靠性越高。

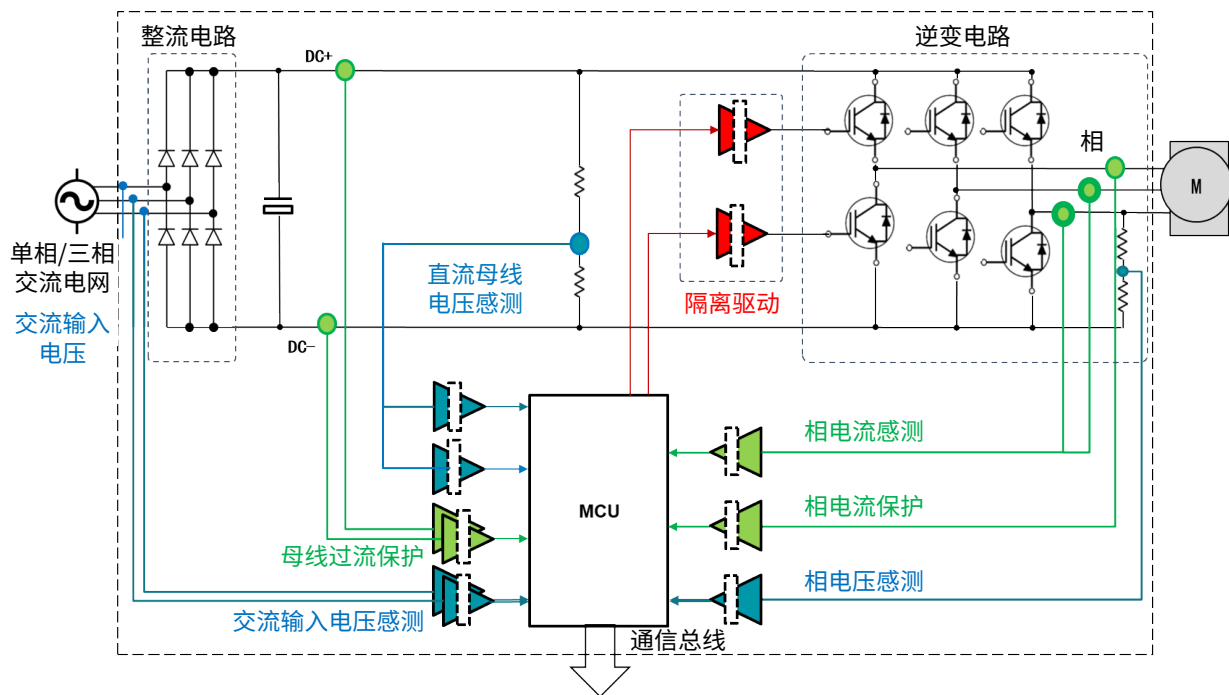


图 4. 电机驱动系统中典型应用电路

电容隔离器件的隔离失效模式

通过选择和应用合适的隔离器，可以有效避免第一种失效模式，即隔离屏障两端过电压。纳芯微隔离器针对第一种失效模式提供了更大裕量，这意味着更高的隔离可靠性。

为了避免第二种失效模式，即隔离器一侧的高功率，可以通过采用限流措施，比如在隔离器的电源引脚和IO引脚串联电阻，限制异常情形下的功率，保证隔离器在安全限值范围内工作。一旦发生第二种故障模式，隔离器的一侧发生短路，而另一侧的隔离性能仍然保持不变。隔离器维持基本隔离功能，并且人机界面与高功率电机驱动系统仍然保持隔离状态。

3.结论

本文介绍了电容隔离器两种失效模式的作用机制，以使用户了解造成隔离失效的原因。第一种失效模式，即隔离屏障两端过电压，可以通过选择和应用适当的隔离器避免，预留足够裕量以满足隔离规范的要求。第二种故障模式可能因高功率超出隔离器一侧的安全限值而发生。在这种情况下，隔离器保持基本隔离功能，仍可避免对操作员造成安全风险。

电容隔离器件的隔离失效模式

4. 修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	初始版本	Jiahua Xu, Michelle Zhao	2023/12/19

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