

# 意法半导体的状态监测 解决方案



# 引言

基于状态的监测（CbM）和预测性维护（PM）是两种维护策略，旨在优化设备效率并减少设备生命周期中的维护时间和维护成本。

**状态监测（CM）**是对多个参数（如：设备振动和温度）的监测，以识别潜在的问题，如：偏离或轴承故障。当振动分析显示旋转设备部件的谐波频率发生变化时，状态监测工具便可绘制设备性能下降的映射图等。频率分析以振动计和麦克风数据为基础。

此外，还将**MCSA**（电机电流信号分析）作为与振动分析互补的技术。MCSA具有一定优势，且更适用于失衡等一些特定的异常情况。

连续状态监测技术可应用于压缩机、泵、主轴和电动机等多台设备，还可用于识别机器出现的局部排放或真空泄漏等问题。

预测性维护以状态监测、异常检测和分类算法为基础，并集成了预测模型，该模型可以根据检测到的异常来估计机器的剩余运行时间。该方法可使用各种工具，例如：统计分析和机器学习，来预测设备的状态。

## 基于状态的监控典型应用

工厂自动化			工业电机 振动监测		轴承超声 监测		电机电流 监测
电力、能源和 公用事业			管路流量 监测		温度、湿度、 气体监测		声学监控
家用电器和 楼宇自动化			压缩机 振动监测		洗衣机、 吸尘器监测		照明监控
结构健康监测			基础设施 倾斜监测		铁路监测		桥梁振动 监测

## 意法半导体工业4.0状态监测和预测性维护系列产品

工厂自动化



电力、能源和公用事业



家用电器和楼宇自动化



结构健康监测



处理



传感和致动



安全性



接口



电源与能源管理



信号调节与保护



多重应用，单一平台，单一供应商

在工业4.0中，状态监测和预测性维护是一种增值但又具有挑战性的应用。因此，意法半导体为远程监测部署了先进的集成电路和评估工具、软件、文件和在线仪表盘生态系统，并不断对其进行更新以适应工业需求。

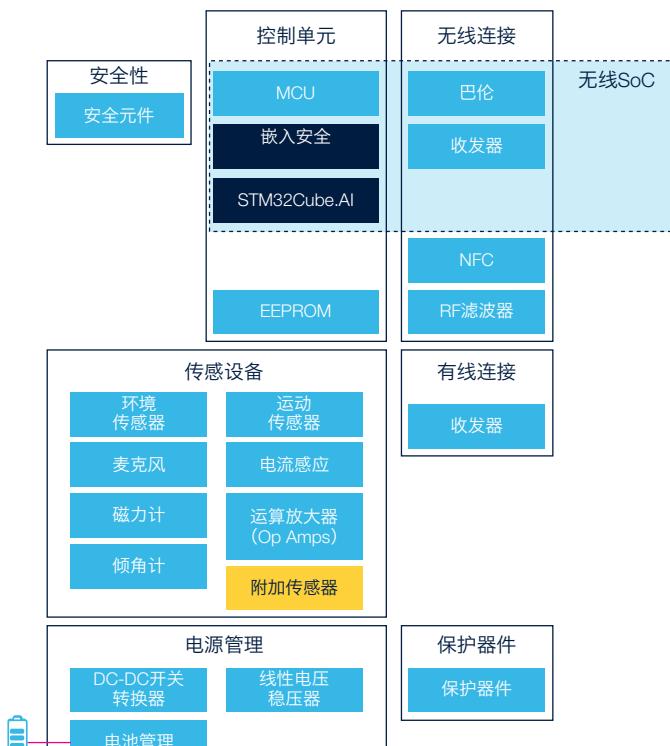
## 架构和主要元件：智能传感器节点和网关

从设计智能传感器节点和配置运行在传感器节点和网关中的嵌入式软件，到开发集成在云端或公司企业资源规划（ERP）系统中的软件，预测性维护需要各种技术和能力。可以实施机器学习和人工智能算法，以确保及早发现技术异常并最大化设备正常运行时间。

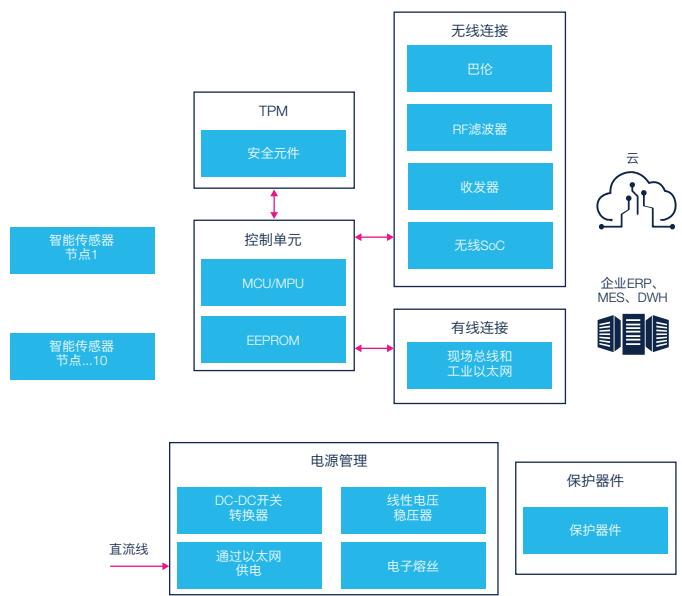
当前市场主要细分为：

- 新设备（未涉足）：可与电源和现有传感器集成
- 现场维护（改造）：电池供电，简化了安装

### 智能传感器节点



### 网关



**智能传感器**节点是预测分析的关键推动力。这些节点收集并记录经过预处理的安全数据，而这些数据将在可视化工具中显示并在其他处理算法中使用。智能传感器节点还可以通过减少计算延迟来处理数据并检测异常。例如，智能传感器节点可以检测到温度的小幅升高或突然升高，指示可能存在设备问题和未来的可靠性问题。

**网关**既可以收集和处理来自多个智能传感器节点的数据，也可以充当连接桥，以便利用以太网、Wi-Fi、蜂窝或LPWAN技术实现云端的安全连接。

**边缘处理**在智能传感器节点和网关之间组合并分配处理能力，目的是在正确的时间向企业级系统发送正确的数据，以便执行更高级的分析。边缘处理还可以使用机器学习和人工智能算法来增强智能传感器节点和网关任务配置文件，并拓宽异常检测和分类的范围。

# 主要 产品

## 面向工业4.0的意法半导体传感器 - 完整的产品组合

意法半导体还提供高性能、具有成本竞争力的传感器和惯性测量单元（IMU），以及10年的长期供货计划，包括振动传感器和超声波模拟话筒，使振动分析从简单的成功/失败监测转变为高精度、基于频率的数据分析。我们的产品组合还包括广泛的环境传感器（用于温度、湿度和压力传感）和高级MEMS传感器（具有先进的可编程数字功能，如有限状态机和机器学习核心），使传感器不仅能用于捕获数据，还能识别本地分类引擎的实现模式。这将使主控制器卸下计算负荷，使其能够专注于高级处理，并支持探索更节能的架构，在总体系统成本方面也带来前所未有的价值。

振动	
IIS3DWB *	超宽带宽（高达6kHz）、低噪声、3轴数字振动传感器
ISM330DH CX *	宽带宽 加速度计 + 陀螺仪 (具有机器学习核心)
IIS2ICLX *	高精度、高分辨率、低功耗、2轴数字测斜仪，内嵌机器学习内核
IIS2MDC *	低噪声、低功率磁力计
ISM330DLC *	iNEMO惯性测量单元 (IMU)：3D加速度计和3D陀螺仪 (具有数字输出)

声学	
IMP23ABSU *	模拟底部端口麦克风， 频率响应可达80kHz， 用于超声分析
IMP34DT05	数字顶部端口麦克风

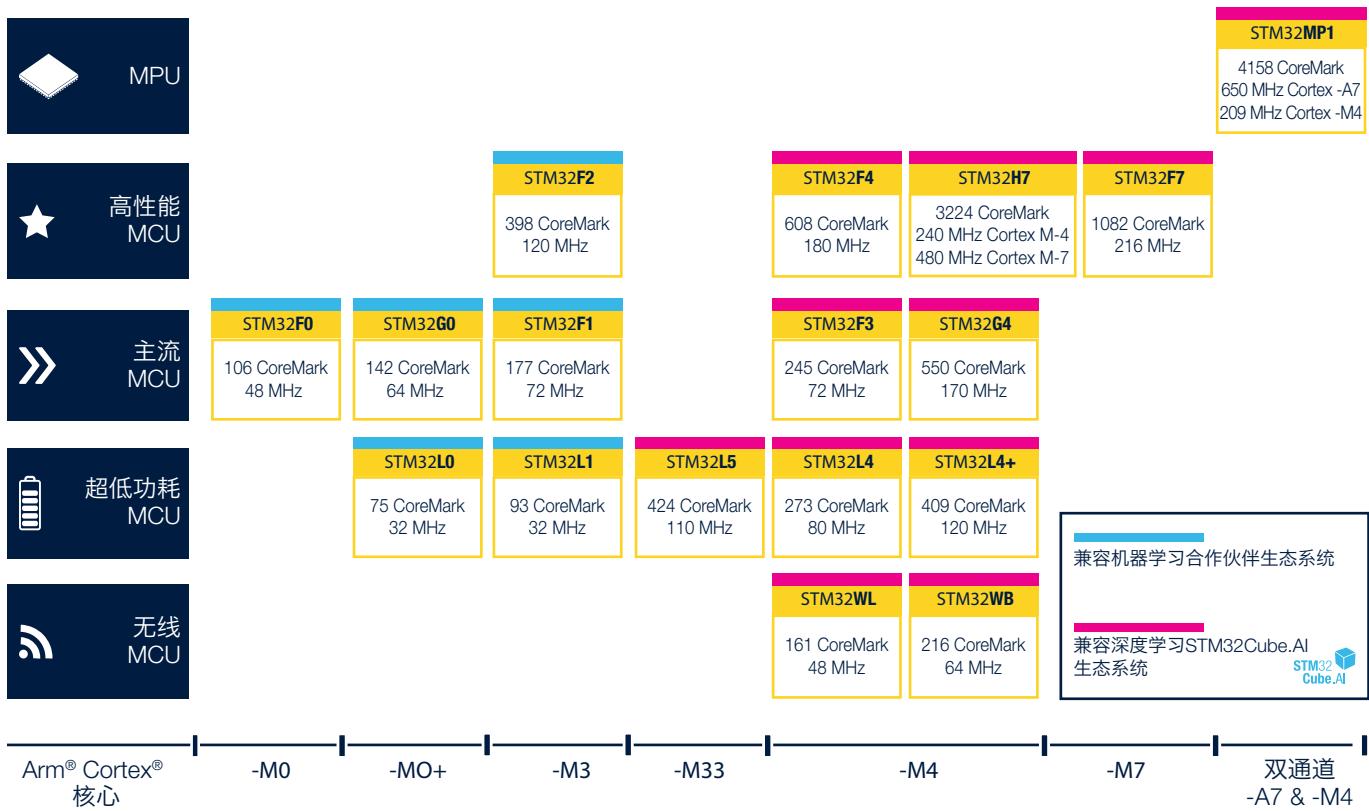
环境	
LPS22HH	高精度 – 紧凑的尺寸 绝对压力传感器
LPS27HHW LPS27HHTW LPS33W	防水 绝对压力传感器
STTS22H *	数字温度传感器
STLM20	模拟温度传感器
HTS221	相对湿度和温度传感器

注意：\* 10年产品保障



## STM32：32-BIT MCU与MPU

意法半导体提供广泛的STM32微控制器（基于Arm® Cortex® M0 - M7），满足各类市场需求。得益于**STM32Cube.AI**框架和广泛的合作伙伴生态系统简化了MCU和MPU边缘设备上的预测性维护算法的实现，STM32产品可以有效地用于开发嵌入式AI解决方案。STM32Cube.AI支持多种深度学习框架，并包含经优化的库，可用于在广泛的STM32微控制器产品上映射和运行经过预先训练的人工神经网络。

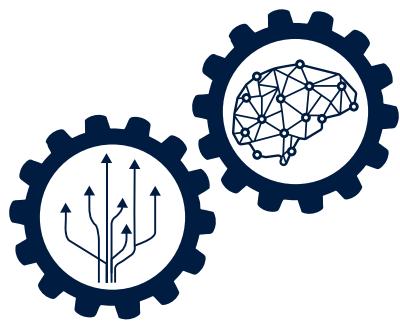


## 边缘处理的益处和人工智能的作用

可以通过从机器收集的可执行数据来深入了解机器状态，但只有数据经过分析后此举才具有实用价值。单独查看一个传感器节点的数据不可能了解全部情况。只有将所有数据放在一起进行分析，才能得出真正切合实际的见解。当人们能够依赖传感器中的人工智能（AI）提供分析时，实现这一点将变得更加简单。从了解机器正在做什么，到预测其将来的行为，这就是人工智能将要提供的一整套服务，确保即使是最基本的传感器也能在状态监测环境中提供更大的价值。

直接在智能传感器节点或网关中进行数据计算时会进行边缘处理，以节省功耗并确保数据保密，从而使公司可以在节点层面分析关键信息并减少异常检测时间。

边缘处理还可以使用机器学习（ML）等人工智能（AI）算法来增强智能传感器节点和网关任务配置文件，并拓宽异常检测和分类的范围。



意法半导体在运动传感器中提供基于决策树分类器的机器学习算法并为STM32CubeMX提供AI扩展，以便映射经过预先训练的人工网络



**UNICO**



软件示例：如何在意法半导体的开发硬件上快速进行音频、运动和视觉功能包原型制作



STM32社区拥有专用的神经网络主题



培训、实践、慕课、以及合作伙伴视频



意法半导体合作伙伴计划拥有专用的AI合作伙伴

## 连接解决方案

连接在状态监测中变得日益重要，因为只有可执行的数据才有用。近年来，在物联网和主要用于状态监测的工业物联网（IIoT）推动下，无线连接技术取得了长足发展。一系列有线和无线通信解决方案使我们的产品更加完善：用于工业有线连接的IO-Link兼容设备，以及一系列无线技术，例如低功耗蓝牙（BLE）SoC和网络处理器，以及支持LoRa、Sigfox和无需执照的ISM和SRD频带的LPWAN SoC和收发器。

NFC & RFID	
ST25DV-I2C	动态NFC/RFID标签

超低功耗蓝牙	
BlueNRG-LP	可编程Bluetooth® LE 5.2 无线SoC
BlueNRG-2	高能效Bluetooth 5.2无线SoC
STM32WB	多协议（Bluetooth 5.0 / 802.15.4）无线SoC 集成了平衡-不平衡变换器
BALF-NRG-02D3 MLPF-WB55-0xE3	巴伦滤波器
BlueNRG-M2	面向Bluetooth 5.2的无线SoC模块

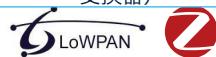
Sub-1 GHz	
BALF-SPI2-01D3	专为S2-LP而设计的平衡-不平衡变换器
STM32WL	STM32 Sub-1 GHz SoC LoRa/Sigfox兼容性
S2-LP	超低功耗、高性能、Sub-1GHz收发器
S2-LPTX	超低功耗高性能sub-1GHz发送器



有线连接	
L6364	IO-LINK双设备收发器
STR485	低功率差分线路收发器用于半双工模式下的标准RS485数据传输应用



WPAN	
STM32WB	Bluetooth LE 5, Zigbee, Thread, 专有的无线SoC（集成了平衡-不平衡变换器）



蜂窝网络	
NB-IoT	LTE-M

## 电源管理

意法半导体是业界领先的移动应用电源管理和混合信号IC产品供应商，提供的产品十分丰富，从简单的电源管理IC到结合了电源管理模块与先进模拟和数字功能的高度集成器件。

DC/DC转换器		低压降（LDO）线性稳压器
ST1PS0X	400 mA Nano-Quiescent™同步降压转换器	STLQ020 200 mA超低静态电流LDO
L7983	60 V 300 mA同步降压开关稳压器，10 $\mu$ A静态电流	LDLN030 300 mA超低噪声LDO，带供电正常指示和软启动功能
L6983	38 V 3 A 同步降压转换器，具有17 $\mu$ A静态电流	LDLN025 250 mA超低噪声LDO
L6981	38 V 1.5 A 同步降压转换器，具有低静态电流	LD59030 300 mA极低压降电流线性稳压器IC
		LD39130S 300 mA very极低静态电流，配绿色模式线性稳压器IC
		LD57100 1A超低电流下降，带偏置、线性调节IC

## 电流感应

意法半导体的电流感应放大器IC产品组合可提供多种高性能器件。电流感应解决方案为系统设计增加了宝贵的安全和保护功能。此类工具可提供信息来控制电源系统中的电流，避免过热和短路，同时通过带有FFT Advantages等特殊处理的电机电流信号分析能够与振动分析形成互补。

### 上桥臂

- 如果接地线不能断开（通过外壳回到中性点）
- 如果多路输出电源（所有电流在GND线中合并）
- 如果应用对射频干扰敏感，且需要接地连续性

### 意法半导体解决方案

TSC系列

STEVAL-AETKT1V2：评估套件，用于高压双向电流检测放大器

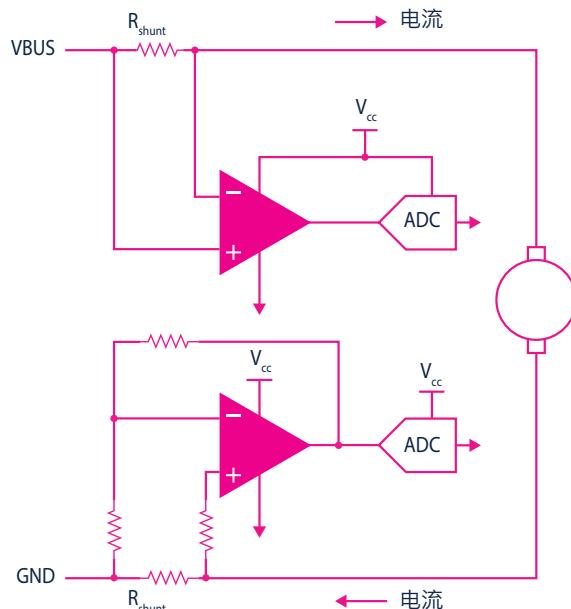
### 下桥臂

- 不需要高压硅晶技术
- 测量更精确

### 意法半导体解决方案

TSZ：超高精度零漂移5 V运放

TSV79：50 MHz带宽5 V运放

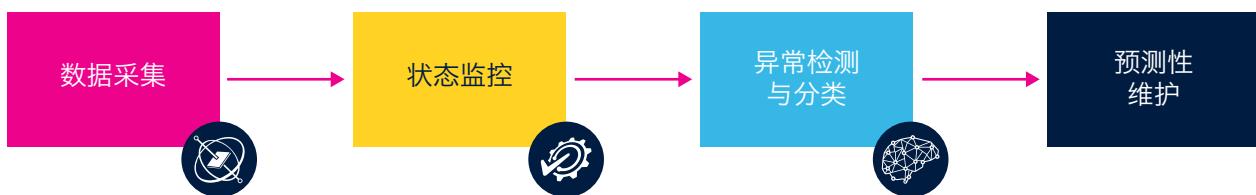


# 意法半导体解决方案

## 从CBM到PDM，意法半导体的解决方案始终伴您前行

意法半导体提供不同的硬件和软件解决方案，帮助设计师解决工作中的难题。从产品评估板（用于对意法半导体的产品进行全面评估）到定制化的解决方案，通过一套硬件和软件包来开发应用的一个或多个功能。

特别是对于基于状态的监测，设计师借助这套工具便能沿着开发流程逐步前行。

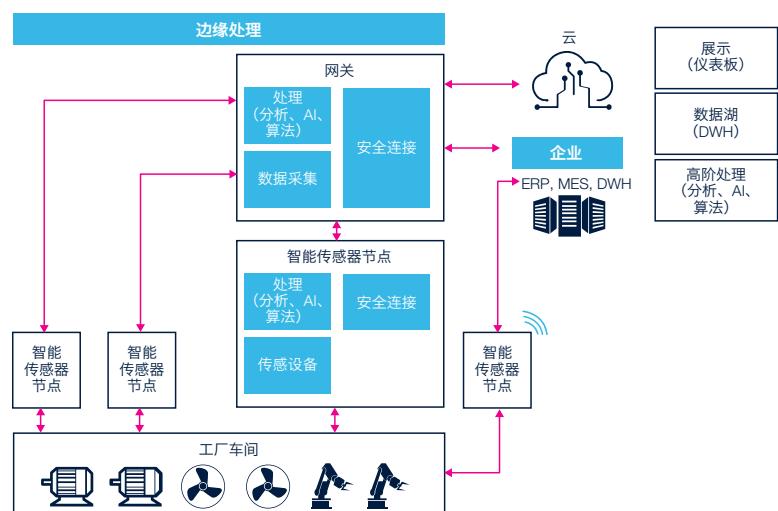


- 采集传感器设置
  - 通过有线/无线连接检索数据
  - 标记数据
  - 存储数据
- 数据清洗/去噪
  - 数据可视化
  - 预处理和特征提取
  - 特征工程
- 系统行为的机器学习
  - 在边缘进行半监督式学习，用于异常检测
  - 监督式学习，用于异常分类
- 模型部署
  - 剩余寿命预测模型
  - 总体效率优化
  - 业务系统集成



## 设计支持硬件参考设计和开发套件

意法半导体开发了智能传感器节点和软件包，用于模拟一个典型架构，其中的智能传感器节点可以与网关连接，也可以直接通过WPAN连接到现场或云应用中的数据湖。特别是开发了两个智能传感器节点系列，用于典型的‘IO Link传感器 - 主机’垂直集成（STEVAL-BFA001V2B），或带多种连接选项（比如蓝牙连接、WIFI连接、蜂窝连接）的无线节点（STEVAL-STWINKT1B）。面向IO Link堆栈、振动分析、云应用等用途开发了相关软件，并通过以下解决方案完善了服务范围。



## 数据采集

## 条件 监控

意法半导体提供了广泛的解决方案。解决方案以产品组合的形式提供，使用户能够在其应用领域中利用尖端技术来提供最佳性能。我们提供不同层面的解决方案，从应用程序的基本功能元素到整个子系统（如合适），均涵盖在内。

每种解决方案均随附一个解决方案评估套件，可在经过验证的设计中对产品进行快速评估，以加快原型设计和开发过程。



### HW组件

STEVAL-BFA001V2B

### SW组件

STSW-BFA001V2

### SL-BFA001V2

传感器节点带IO-Link设备堆栈，用于预测性维护和状态监测



### HW组件

STEVAL-STWINKT1B

### SW组件

FP-SNS-DATALOG1  
ST BLE传感器应用程序

### 高速数据记录

STWIN无线工业节点开发套件与高速数据记录器软件包、‘BLE Mobile’ APP和集成主机环境相结合，大大简化了采集过程



### HW组件

STEVAL-STWINWFV1  
STEVAL-STWINKT1B

### SW组件

FP-CLD-AWS1  
FP-CLD-AZURE

### 云和特性演示

FP-CLD-AZURE1：云连接SDK和应用程序，用于快速实现  
FP-CLD-AWS1：提供安全特性示例

## 端到端解决方案

数据采集

条件  
监控



### HW组件

STEVAL-STWINKT1B  
STEVAL-STWINWFV1  
P-L496G-CELL02

### SW组件

DSH-PREDMNT  
FP-IND-PREDMNT1  
STSW-STWINCELL

#### **SL-PREDMNT-S2C**

一种状态监测传感器，通过WIFI和蜂窝连接到云端，进行振动分析



### HW组件

STM32MP157C-DK2  
STEVAL-IDP004V2  
STEVAL-BFA001V2

### SW组件

DSH-PREDMNT  
X-LINUX-PREDMNT  
STSW-BFA001V2 /  
STSW-IPD4PREDMNT

#### **SL-PREDMNT-E2C**

一种状态监测传感器，通过WIFI和蜂窝连接到云端，进行振动分析

## 异常检测解决方案

数据采集

条件  
监控

在边缘进行异常  
检测



HW组件

STEVAL-STWINKT1B  
STM32L562E-DK

SW组件

FP-AI-NANOEDG1

通过Cartesiam NanoEdge Studio进行异常检测

通过Cartesiam Nanoedge库实现MCU级别的异常检测



HW组件

STEVAL-STWINKT1B

SW组件

扩展包  
Octonion Intelligence Portal（软件  
由合作伙伴开发）

用于工业机械自检和状态监测的振动分析应用由EdgeAI提供

## 合作伙伴

预测性维护是行业面临的一个关键挑战，而实现这些技术所需的技能可能不容易找到或获得。因此，我们建立了一个[值得信赖的授权合作伙伴生态系统](#)，以便在为客户定制和实施解决方案时提供支持。如需详细信息，请访问我们的[合作伙伴页面](#)。



关于意法半导体产品和解决方案的更多信息，请访问[www.st.com](http://www.st.com)

© STMicroelectronics - 2021年3月 - 中国印刷 - 保留所有权利

ST和ST徽标是STMicroelectronics International NV或其附属公司在欧盟和/或其他地区的注册和/或未注册商标。

具体而言，ST及ST徽标已在美国专利商标局注册。

若需意法半导体商标的更多信息，请参考[www.st.com/trademarks](http://www.st.com/trademarks)。

其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。