

## 如何使用可定制应用的无线多传感器开发套件(用于 IoT 和可穿戴传感器应用)

### 引言

**STEVAL-MKSBOX1V1** (SensorTile.box) 是即用型盒子套件，具有无线 IoT 传感器平台，旨在帮助您构建使用运动和环境传感器的应用，无论您的专业知识水平如何。

硬件节点是嵌在小型塑料外壳 (IP54) 中的电路板，并带有可充电电池。您可以使用 **ST BLE Sensor** 应用程序（可从 Google Play 和 Apple Store 获取）通过蓝牙将您的智能手机连接到板件，并通过专用界面（提供入门级和专家级功能）立即构建自己的应用程序。因此，此多传感器套件帮助您快速并轻松地设计无线 IoT 和可穿戴传感器应用，无需进行任何编程。

SensorTile.box 包含固件编程和调试接口，帮助专业开发人员使用 STM32 开放式开发环境（STM32 ODE）进行更复杂的固件自定义，包括感应 AI 功能包和神经网络库。

该套件板包含一个符合 v4.2 蓝牙规范的 **SPBTLE-1S** Bluetooth SMART 应用处理器。该发射模块通过了 FCC (ID:S9NSPBTEL1S) 和 IC (IC:8976-SPBTLE1S) 认证。

**图 1. STEVAL-MKSBOX1V1 (SensorTile.box) 多传感器开发套件**



## 1 如何设置硬件

*Important:*

开始前, 请检查 SensorTile.box 泡罩包装随附的插入卡。如果没有显示类似于以下步骤的电池连接步骤, 则意味着您的设备在发货时, 开发板已经连接了电池。这种情况下, 您只需通过 USB 端口连接设备, 以便首次唤醒设备。  
如果插入卡显示了与下列步骤相似的步骤, 则您的设备在发货时电池是断开的, 您应按照此步骤连接电池并唤醒设备。

**Step 1.** 从包装中取出 SensorTile.box。

**Step 2.** 松开护罩盖板的螺钉。

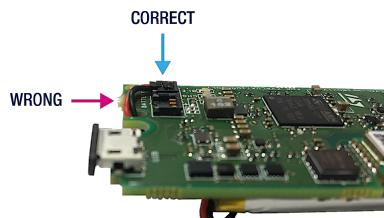
应包含以下物品:

- 位于塑料护罩中的评估板
- LiPo 电池

**Step 3.** 将电池的插头垂直滑入板上的底座。

当二者正确连接时, 您会听到轻轻的咔嗒声。

图 2. STEVAL-MKSBOX1V1 电池连接



**Step 4.** 重新摆放电路板, 使电池位于其下方, 并用以下盖板类型中的一种闭合护罩:

- 有凸缘
- 无凸缘

**Step 5.** 如有必要, 通过 USB 线给电池充电。

红色 LED 指示灯闪烁表示电池处于充电状态。

## 2 使用 SensorTile.box 时如何使用 ST BLE Sensor 应用

开始前，您需要在您的智能手机上下载并安装 ST BLE Sensor 应用。您可以从 [Google](#) 和 [Apple](#) 在线商店获取此应用。

**Step 1.** 在智能手机上启动此应用。

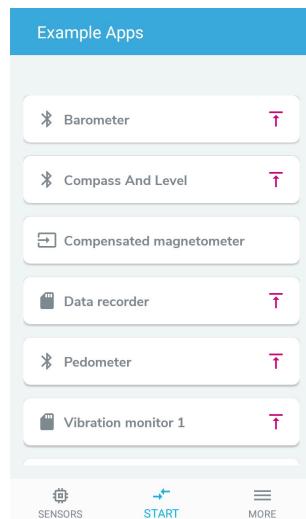
图 3. ST BLE Sensor 应用主界面



**Step 2.** 选择[新建应用]。

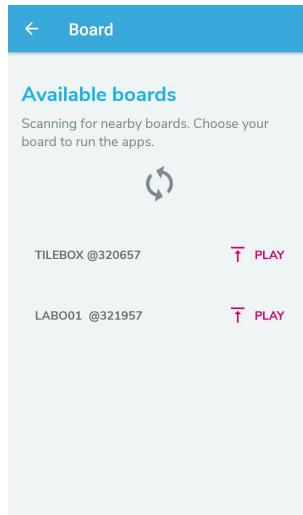
随即显示的应用示例界面列出了您可以立即使用的预载应用。

图 4. 应用示例界面



- Step 3.** 使用  图标从列表中选择一个应用。  
在选择应用后，ST BLE Sensor 将扫描范围内可用的 SensorTile.box 设备。

图 5. 板选择



- Step 4.** 从界面选择合适的 SensorTile.box 设备。  
SensorTile.box 设备上的蓝色 LED 将缓慢闪烁，以确认蓝牙配对。  
ST BLE Sensor 中的弹出消息将提示您确认加载新应用，以取代之前打开的任何应用。
- Step 5.** 从器件列表中选择合适的 SensorTile.box 设备。  
应用将开始监控或记录活动，并将实时反馈数据到 ST BLE Sensor 中的相应应用界面。

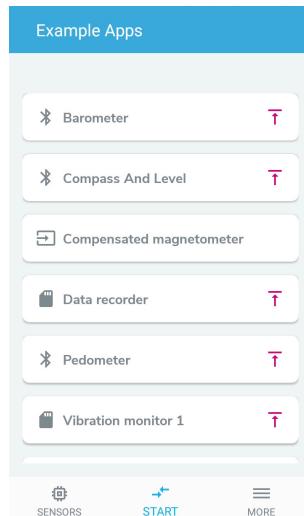
## 3 应用描述

### 3.1 入门级示例应用

ST BLE Sensor 组合了以下即用型应用场景：

- 气压计
- 婴儿哭泣监测
- 指南针和水平仪
- 数据记录
- 计步器
- 车辆/货物追踪
- 振动监测 1 和 2

图 6. 应用界面



具有 图标的应用场景在您的智能手机上实时生成输出。

具有 图标的应用场景将示例数据保存到内部 Micro SD 卡上。

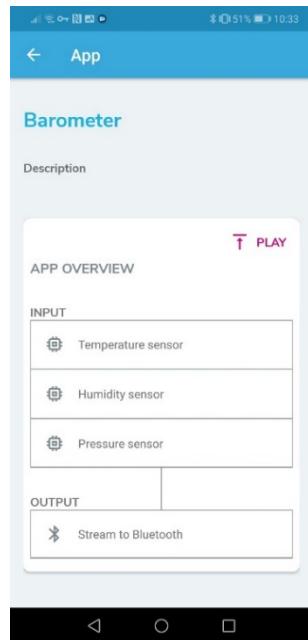
具有 图标的应用场景保留用于专家模式。

#### — RELATED LINKS —

[2 使用 SensorTile.box 时如何使用 ST BLE Sensor 应用 on page 3](#)

### 3.1.1 气压计应用

图 7. 气压计应用界面



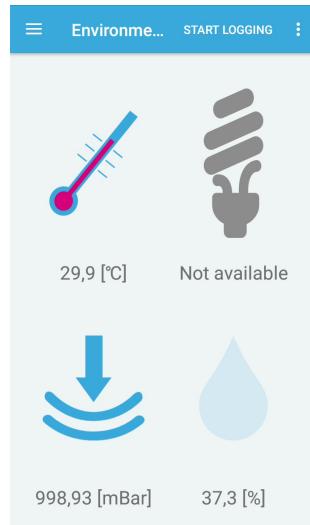
气压计应用使用以下 ST 高精度环境传感器和操作参数设置：

- 温度传感器: [STTS751](#)
  - 输出数据速率 (ODR) : 1.0 Hz
- 压力传感器: [LPS22HH](#)
  - 功耗模式: 低噪声
  - 输出数据速率 (ODR) : 1.0 Hz
  - 滤波器: ODR/2 Hz
- 湿度传感器: [HTS221](#)
  - 输出数据速率 (ODR) : 1.0 Hz

环境传感器的输出数据速率相对较低，因为正常情况下这些数字不会快速变化。

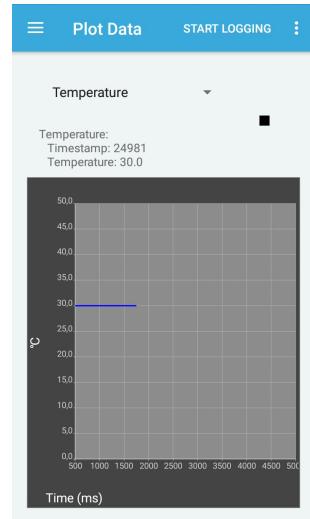
在您运行气压计应用并连接 SensorTile.box 设备时，**ST BLE Sensor** 应用显示环境传感器的监控界面。

图 8. 环境界面



您可以从界面左上角的 菜单图标访问其他输出选项。

图 9. 绘图数据界面



### 3.1.2 指南针和水平仪应用

指南针和水平仪应用使用以下 ST 高精度运动传感器和操作参数设置：

- 加速度传感器（高带宽）：LSM6DSOX
  - 功耗模式：低功耗
  - 输出数据速率（ODR）：104 Hz
  - 滤波器：低通 700 Hz
  - 满量程：2 g
- 陀螺仪传感器：LSM6DSOX
  - 功耗模式：低功耗
  - 输出数据速率（ODR）：104 Hz
  - 满量程：250 度/秒（dps）

- 补偿磁力计: [LIS2MDL](#)
  - 功耗模式: 低功耗
  - 输出数据速率 (ODR) : 100 Hz

运动传感器的输出数据速率 (约 100 Hz) 适合用来捕获人体运动。低功耗模式帮助降低功耗。

### 3.1.3 计步器应用

计步器应用使用以下 ST 高精度运动传感器和操作参数设置:

- 加速度传感器 (高带宽) : [LSM6DSOX](#)
  - 功耗模式: 低功耗
  - 输出数据速率 (ODR) : 104 Hz
  - 滤波器: 低通 700 Hz
  - 满量程: 2 g

这些参数适合用来捕获人体运动, 同时滤除不必要的噪声且无需浪费电池电量来延长潜在工作时间。

### 3.1.4 婴儿哭泣监测应用

婴儿哭泣监测应用通过人工智能技术检测婴儿哭泣事件, 然后通过蓝牙将相关信息发送到您的智能手机。

基于人工智能的神经网络快速处理来自麦克风的信号, 每当检测到婴儿哭泣事件时, [SensorTile.box](#) 板上的绿色用户 LED 点亮, 并通过蓝牙向智能手机发送警告。

婴儿哭泣监测应用使用以下 ST 高灵敏度音频传感器和操作参数设置:

- 模拟麦克风: [MP23ABS1](#)
  - 采样频率: 8 kHz

此采样频率适合在不失真的情况下捕获语音。

---

#### — RELATED LINKS —

[附录 A ARMA 滤波系数计算 on page 12](#)

---

### 3.1.5 振动监测

振动监测应用演示如何监测引擎、电机和类似部件以发现潜在问题。

示例包含以下组件:

- 振动监测 1: 用于捕获新设备或正常工作的设备的振动模式。使用快速傅里叶变换 (FFT) 函数转换振动模式并保存在 [SensorTile.box](#) 器件的存储卡中。
- 振动监测 2: 用于监测同一设备, 并将振动模式与振动监测 1 采集的原始样本进行比较。

如果振动分析显示振动监测 1 与振动监测 2 之间的差异超过设定的差值参数 (可根据设备年龄和负载条件进行修改), [SensorTile.box](#) 器件上的绿色用户 LED 将点亮。

振动监测应用使用以下 ST 高精度运动传感器和操作参数设置:

- 加速度传感器 (高带宽) : [LSM6DSOX](#)
  - 功耗模式: 高性能
  - 输出数据速率 (ODR) : 6666 Hz
  - 滤波器: 无
  - 满量程: 2 g

### 3.1.6 数据记录仪和车辆 (货物) 追踪

数据记录仪和车辆 (货物) 追踪是十分相似的示例, 可用于监控和记录包裹或对象在移动或运输过程中所面临的移动和/或环境条件。

这些数据可用于确认包裹是否遭受到可能导致货物损坏的撞击或异常温度, 或者是否按照合适的速度和安全参数驾驶车辆。

根据监测对象使能特定传感器, 并将数据保存在内部存储卡中, 用于后续的检索和分析。运动传感器设置为低功耗模式, 数据速率约为 50 至 100 Hz, 而 1 Hz 的数据速率适用于环境传感器。

### 3.1.7 补偿磁力计应用

补偿磁力计应用可用于从磁力计输出和传感器融合算法构建额外应用, 以补偿外部磁场干扰。

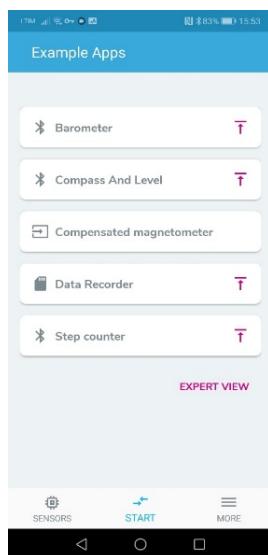
### 3.2 如何使用专家模式功能

STE BLE Sensor 应用可以帮助您开发您自己的应用或自定义现有应用，然后将应用上传并在 SensorTile.box 设备上运行。

**Step 1.** 返回到 ST BLE Sensor 应用的主界面。

**Step 2.** 选择[新建应用]。

图 10. 应用示例界面



**Step 3.** 选择[专家视图]。

显示新界面，包含保存的应用。

**Step 4.** 选择[+ 新应用]。

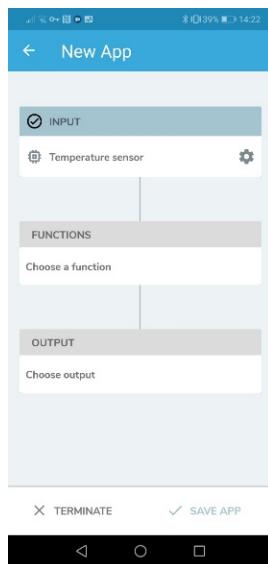
图 11. 输入源界面



**Step 5.** 选中需要的一个或多个传感器数据输入。  
未选中的传感器进入睡眠模式。

**Step 6.** 选择[设置输入]进行确认

图 12. 传感器数据配置界面

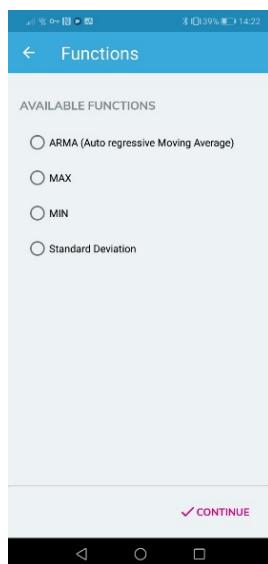


**Step 7.** 选择每个传感器旁边的齿轮图标，并按照应用要求设置参数。

您可以根据相应传感器数据手册中提供的设备规格，设置满量程、数据速率（ODR）、功耗模式、滤波器等参数。

在选择传感器后，功能界面列出了已使能传感器的可用功能。例如，对于温度传感器，可用功能如下图所示。

图 13. 自定义应用功能界面



**Step 8.** 从下列输出类型中选择一种：

- 通过蓝牙输出到您的智能手机（以便查看特定数据）
- 输出到存储卡（Micro SD）
- 通过 USB 端口输出到主机（例如：电脑）。
- 对于逻辑数据类型，输出到用户 LED（类似于阈值功能或比较的输出）。

通过在输出选择界面上选择[另存为 EXP]并使能相关输出属性来实现 LED 选项。

有两种特殊的输出类型：

- [另存为 INPUT]: 是一种串接不同功能并生成将逐一进行处理的不同分支的方式。
- [另存为 EXP]: 生成应用分支，其输出为数字“true”或“false”。该值可以用在其他比较或逻辑功能中。

另存为 EXP 或 INPUT 的应用显示在输入选择界面上，因此可以用在更复杂的应用生成中。

**Step 9.** 用合适的名称和注释（可选）保存您的应用。

---

— RELATED LINKS —

[附录 A ARMA 滤波系数计算 on page 12](#)

---

### 3.3

### 专业模式

SensorTile.box 与 STM32 开放式开发环境（STM32 ODE）完全兼容，STM32 ODE 帮助开发人员自定义 SensorTile.box 固件。实际上，您可以使用 STM32Cube 功能包 FP-SNS-STBOX1、FP-SNS-ALLMEMS2 和 FP-AI-SENSING1

该开发板兼容 ST-LINK V3（带有用于调试的 UART 引脚），而最新版本 Sensortile.box 包含用于 ST-LINK/V2 编程和调试装置的适配器板和电缆。

提示

ST-LINK 必须配备电平转换器才能在 1.8 V（SensorTile.box 电源）的电压下工作。

---

— RELATED LINKS —

[访问 ST 网站获取您需要的关于 STM32 开放式开发环境的所有资源](#)

---

## 附录 A ARMA 滤波系数计算

**SensorTile.box** 固件实现的内置 ARMA 滤波器是一种通用 IIR 五阶多项式滤波器，用以下等式描述：

$$y(t) = \frac{ma(0)u(t) + ma(1)u(t-1) + ma(2)u(t-2) + ma(3)u(t-3) + ma(4)u(t-4) + ma(5)u(t-5)}{1 + ar(1)y(t-1) + ar(2)y(t-2) + ar(3)y(t-3) + ar(4)y(t-4) + ar(5)y(t-5)}$$

其中：

$y(t)$  = 滤波器输出

$u(t)$  = 输入信号

凭借此函数，可以实现低通、高通、带通和带阻滤波器，并且可以通过两个或更多滤波器的级联（一个接一个）获得更高滤波阶数。

计算所需滤波整形的  $ma(i)$  和  $ar(i)$  系数的最简单方法是使用像 Octave 这样的数学程序。Octave 具有“signal”扩展包，可通过在 Octave 提示处键入指令 `pkg load signal` 进行加载。完成后，有几个滤波计算选项，具体取决于应用需要的滤波器类型：可以计算巴特沃斯、贝塞尔、切比雪夫和椭圆（考尔）滤波器。

### — RELATED LINKS —

[3.1.4 婴儿哭泣监测应用 on page 8](#)

[3.2 如何使用专家模式功能 on page 9](#)

[访问该网页获取关于 ARMA 滤波器的更多信息](#)

[GNU Octave 主页](#)

### A.1 滤波器计算示例

下面的例子描述了如何实现二阶巴特沃斯带通滤波器。假设我们需要使用  $1\text{ kHz} - 3\text{ kHz}$  范围内的带通滤波器对麦克风信号进行滤波。

**Step 1.** 我们将麦克风采样频率设置为  $16\text{ kHz}$ 。

根据奈奎斯特/香农定理，得到最大信号频率（或奈奎斯特频率）为  $16/2 = 8\text{ kHz}$ 。

**Step 2.** 打开 Octave 指令行提示。

**Step 3.** 键入以下指令：`>> [MA, AR]=butter(2, [1/8, 3/8])`

这将调用 Octave 中的 `butter` 函数，其中：

- 2 是滤波阶数
- $1/8$  和  $3/8$  是与奈奎斯特频率相关的带限

程序输出如下：

```
MA =
 0.09763  0.00000 -0.19526  0.00000  0.09763
AR =
 1.00000 -2.25233  2.27614 -1.23184  0.33333
```

**Step 4.** 在 **SensorTile.box** 应用的 ARMA 属性界面上，将  $ma(0)$  的上述值设置为  $ma(4)$ ，并将  $ma(5)$  设置为 0。

**Step 5.** 在 **SensorTile.box** 应用的 ARMA 属性界面上，将  $ar(0)$  的上述值设置为  $ar(4)$ ，并将  $ar(5)$  设置为 0。

请注意， $ar(0)$  总是等于 1，因此无需在 ARMA 属性界面上插入该值。

### — RELATED LINKS —

[类似功能可用于其他类型的滤波器：检查 Octave 文档了解所有选项。](#)



## 附录 B 美国联邦通信委员会（“FCC”）要求的正式声明

**FCC 声明：**本设备符合 FCC 规范的第 15 部分。操作会受到以下两种情况影响：（1）本设备可能引起有害干扰，（2）本设备必须能承受任何接收到的干扰，包括可能导致意外操作的干扰。

未经制造商明确允许的变更或修改可能使用户丧失操作设备的权利。

### FCC 的其他警告

根据 FCC 规范的第 15 部分，本设备已经过测试，符合 Class B 数字器件的限制。这些限制旨在提供合理的保护，防止住宅安装中的有害干扰。本设备会产生、使用并辐射射频能量，如果未按照说明进行安装和使用，可能会对无线电通信造成有害干扰。但是，不能保证在特殊安装中不发生干扰。如果本设备确实对无线电或电视接收造成了有害干扰（可通过关闭和打开设备来确定是否产生了干扰），建议用户采取以下一项或多项措施来纠正干扰：

- 重新调整或重新安置接收天线。
- 增加设备和接收器之间的距离。
- 将设备连接到与接收器所连电路不同的插座上。
- 咨询经销商或有经验的无线电/电视技术人员获取帮助。

### B.1 SPBTLE-1S 蓝牙通信模块规格

工作频率：2402 MHz 至 2480 MHz

输出功率：在室温条件下约 4 dBm

**表 1. SPBTLE-1S 蓝牙模块电源规格**

测试条件		通道		
		低 2.402 GHz	中 2.440 GHz	高 2.480 GHz
温度	电压	实测等效全向辐射功率 (dBm)		
+25 °C	3.3 V	3.31	4.48	4.30
-40 °C	3.3 V	3.96	5.16	4.99
+85 °C	3.3 V	2.71	3.78	3.58

## 版本历史

表 2. 文档版本历史

日期	版本	变更
2019 年 5 月 13 日	1	初始版本。
2019 年 11 月 14 日	2	少量文字编辑 增加了最新版本套件中所含 ST-LINK/V2 适配器板和电缆的相关信息。 更新了 引言 更新了 第 1 节 如何设置硬件 更新了 第 3.1.4 节 婴儿哭泣监测应用 增加了 第 附录 B 节 美国联邦通信委员会 (“FCC”) 要求的正式声明
2019 年 12 月 2 日	3	少量文字编辑 增加了 第 B.1 节 SPBTLE-1S 蓝牙通信模块规格



## 目录

<b>1</b>	如何设置硬件 .....	2
<b>2</b>	使用 SensorTile.box 时如何使用 ST BLE Sensor 应用 .....	3
<b>3</b>	应用描述.....	5
<b>3.1</b>	入门级示例应用 .....	5
<b>3.1.1</b>	气压计应用 .....	6
<b>3.1.2</b>	指南针和水平仪应用 .....	7
<b>3.1.3</b>	计步器应用 .....	8
<b>3.1.4</b>	婴儿哭泣监测应用 .....	8
<b>3.1.5</b>	振动监测.....	8
<b>3.1.6</b>	数据记录仪和车辆（货物）追踪 .....	8
<b>3.1.7</b>	补偿磁力计应用 .....	8
<b>3.2</b>	如何使用专家模式功能.....	9
<b>3.3</b>	专业模式 .....	11
<b>附录 A</b>	ARMA 滤波系数计算 .....	12
<b>A.1</b>	滤波器计算示例 .....	12
<b>附录 B</b>	美国联邦通信委员会 (“FCC”) 要求的正式声明 .....	13
<b>B.1</b>	SPBTLE-1S 蓝牙通信模块规格 .....	13
	Revision history.....	14

## 图一览

图 1.	STEVAL-MKSBOX1V1 (SensorTile.box) 多传感器开发套件 . . . . .	1
图 2.	STEVAL-MKSBOX1V1 电池连接 . . . . .	2
图 3.	ST BLE Sensor 应用主界面 . . . . .	3
图 4.	应用示例界面 . . . . .	3
图 5.	板选择 . . . . .	4
图 6.	应用界面 . . . . .	5
图 7.	气压计应用界面 . . . . .	6
图 8.	环境界面 . . . . .	7
图 9.	绘图数据界面 . . . . .	7
图 10.	应用示例界面 . . . . .	9
图 11.	输入源界面 . . . . .	9
图 12.	传感器数据配置界面 . . . . .	10
图 13.	自定义应用功能界面 . . . . .	10



重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是 ST 的商标。关于 ST 商标的其他信息，请访问 [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。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2019 STMicroelectronics - 保留所有权利