

Application Note

CC2340 低功耗蓝牙软件产品简报



Alexander Paul

摘要

本低功耗 Bluetooth® 产品简报介绍了 CC23xx 器件平台支持的蓝牙软件内容，该平台基于 ARM Cortex-M0+ 内核并提供了各种各样的外设选项。本文档简要概述了适用于 CC23XX 平台的低功耗蓝牙栈的功能和特性，但未深入探讨技术细节。如需了解更多信息和细节，请参阅 [SimpleLink 低功耗 F3 SDK](#) 文档中提供的 [TI BLE5-Stack 用户指南](#)。可以在面向 CC23xx 的 [SimpleLink™ Academy](#) 中学习培训内容并开始开发。

内容

1 简介.....	2
2 认证和鉴定.....	3
2.1 蓝牙鉴定.....	3
2.2 地区合规性.....	3
3 参考示例.....	3
3.1 CC2340 芯片组.....	4
3.2 闪存和 RAM 分配.....	4
4 软件栈.....	5
4.1 BLE5-Stack 配置.....	5
4.2 软件.....	5
4.3 支持的 PHY.....	5
4.4 支持的功能.....	6
4.5 多连接.....	6
4.6 共存 (已计划).....	6
5 安全性.....	7
6 性能和测试数据.....	7
6.1 连接.....	7
6.2 广播.....	8
6.3 稳定性测试.....	8
6.4 互操作性.....	8
7 工具和开发支持.....	8
7.1 SmartRF 数据包监听器 2.....	9
7.2 Smart RF Studio 8.....	9
7.3 Energy Trace.....	9
7.4 Code Composer Studio.....	9
7.5 SimpleLink Connect 应用.....	9
7.6 Uniflash.....	9
7.7 天线参考设计.....	9
7.8 设计评审服务.....	10
7.9 SysConfig.....	10
7.10 BTool.....	10
7.11 GitHub.....	10
7.12 SimpleLink Academy.....	10
8 已知局限性.....	10
9 参考文献.....	10
10 修订历史记录.....	11

商标

SimpleLink™, SmartRF™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Ti.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

Windows® is a registered trademark of Microsoft.

Eclipse® is a registered trademark of Eclipse Foundation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

低功耗蓝牙技术用于提供由蓝牙 SIG 设计的 2.4GHz 个人网络。与经典蓝牙相比，低功耗蓝牙旨在更大程度降低那些需要在个人局域网（如为经典蓝牙实现的网络）运行的器件的功耗，即一次传输非常小的数据包，同时消耗比 BR（基本速率）/EDR（增强数据速率）器件更低的功耗。专为低功耗蓝牙功能而设计的器件会尝试更大程度减小器件使用的峰值电流，并缩短实现器件功能所需的激活时间。

低功耗蓝牙协议主要设计用于由纽扣电池供电的低功耗器件。低功耗蓝牙栈以不对称方式运行，这意味着能耗较小的器件承担较少的任务以延长电池寿命。TI 低功耗蓝牙栈是一组示例应用、工具、API 和协议栈库，使工程师能够在 SimpleLink 器件上开发蓝牙 5 应用，如表 1-1 所示。

TI 的免专利费低功耗蓝牙栈是蓝牙 5.3，与开始开发单模式低功耗蓝牙应用所需的所有软件功能、示例应用和文档相匹配。

表 1-1. Simplelink 器件

组成部分	版本
低功耗蓝牙栈版本	3.2.2 (具有 SDK 7.20)
低功耗蓝牙核心规范	5.3
SDK 版本	SIMPLELINK-LOWPOWER-F3-SDK 7.20
IDE 支持	CCS V12.3 适用于： <ul style="list-style-type: none"> • Windows® 10 • Ubuntu 20.04 LTS 64 位 • macOS Ventura 13.4.1
编译器支持	TI Clang 编译器工具：2.1.2.LTS，IAR
RTOS 支持	FreeRTOSv202104.00
推荐的开发套件	LP-EM-CC2340R5、LP-XDS110ET 和 Simplelink Connect 应用
支持的器件	CC2340R5
认证	预先认证的全功能蓝牙 5.3 栈

2 认证和鉴定

2.1 蓝牙鉴定

低功耗蓝牙最终产品必须通过蓝牙 SIG (特别兴趣小组) 的鉴定和声明流程。除了低功耗蓝牙鉴定和声明流程外，终端设备还必须满足 FCC (美国) 或 CE/RED (欧洲) 等地区性要求。

TI 为所有运行 TI 低功耗蓝牙栈的 SimpleLink MCU 提供合格设计清单及合格设计标识。这样一来，使用 TI 提供的低功耗蓝牙栈时，便无需对最终产品进行低功耗蓝牙软件栈测试。

除了软件栈外，为实现低功耗蓝牙合规性，还必须执行物理性能测试，以确定射频接口是否满足低功耗蓝牙的最低要求。与软件栈测试不同，这些测试必须在每个终端设备上完成，并且不能重复使用。但是，TI 的 EVM 通常经过认证并列在最终产品清单 (EPL) 上，还可提供合格设计 ID (QDID)。如果最终产品基于 TI 参考设计并遵循相应参考设计的指南，则这些 TI RF-PHY 和 EPL QDID 可用作最终产品认证的参考。这有助于减少最终产品所需的认证测量数量。

TI 提供指南和参考设计，但终端客户负责蓝牙合规性。如需了解有关低功耗蓝牙认证的更多信息，可查阅“[如何认证您的蓝牙产品](#)”应用手册或蓝牙 SIG 对蓝牙鉴定流程的说明：[鉴定您的产品](#)。

2.2 地区合规性

蓝牙器件也必须遵守地区法规。[如何认证您的蓝牙产品应用手册](#)详细说明了在不同地区运行时必须满足的要求。

本文档中介绍的常见监管标准包括：FCC、ARIB、CE 和 IC。

3 参考示例

TI 为 CC23xx 芯片组提供了一系列不同的示例，如表 3-1 所示。这些示例包括蓝牙基本示例以及涵盖 OAD 和安全功能的高级示例。

有关所提供示例的更多详细信息，请参阅 [SimpleLink™ 低功耗软件开发套件 \(SDK\)](#) 页面。

7.20 版 SDK 提供的示例列表见表 3-1。

TI 低功耗蓝牙栈随附一组预定义服务和配置文件。提供的低功耗蓝牙配置文件如下表所示：

支持的 GATT 配置文件包括：

- 简单 GATT
- CGM
- 血糖仪

表 3-1. CC23xx 芯片组示例

示例	描述
basic_ble	basic_ble 示例为使用 TI 低功耗蓝牙栈进行自定义开发做好了准备，并很好地概述了环境状况。随后，basic_ble 演示了如何连接任务并接管 GATT 表和低功耗蓝牙栈的控制权。
basic_ble_oad_offchip	低功耗蓝牙 OAD 片外示例演示了连接外部闪存的设计的 OAD 功能。更多有关 OAD 片外操作的信息，请参阅 BLE5-Stack 用户指南 。
basic_ble_oad_onchip	低功耗蓝牙 OAD 片上示例演示了仅使用内部闪存的设计的 OAD 功能。更多有关 OAD 片上操作的信息，请参阅 BLE5-Stack 用户指南 。
basic_ble_profiles	基于 basic_ble 示例实现连续血糖监测 (CGM) 配置文件的示例。该工程为外设角色应用上的开发提供了良好的开端。 支持的 GATT 配置文件包括： <ul style="list-style-type: none"> • 简单 GATT • CGM • 血糖仪
basic_ble_ptm	与上述 basic_ble 相同，具有生产测试模式 (PTM) 功能。
basic_ble_dual_image	带有双片外图像的 OAD 示例。
basic_persistent	实现 OAD 配置文件的永久驻留应用。

表 3-1. CC23xx 芯片组示例 (续)

示例	描述
data_stream	data_stream 示例有助于更好地了解 TI 低功耗蓝牙栈的工作原理，并有助于了解数据传输和数据流的工作原理。
host_test	一个连接 HCI 和供应商特定 HCI 命令的网络处理器工程。host_test 将器件设置为直接测试模式 (DTM)。
connection_monitor	connection_monitor 示例旨在“监听”两个器件之间建立的低功耗蓝牙连接。要监视特定连接，连接监视器应接收该连接的访问地址、间隔、跳频增量值、信道映射和中央器件睡眠时钟精度 (mSCA)。该示例通常用于基于连接的定位。在此类用例中，它允许多个运行 connection_monitor 示例的器件监测同一蓝牙连接中交换的数据包的信号强度 (RSSI)，从而提供三边测量定位技术所需的空分集。

备注

TI 的公共 [Github](#) 上发布了更多示例和演示。

要详细介绍如何使用 TI 低功耗蓝牙栈创建您自己的产品，请阅读文章 [使用 basic_ble 示例进行的低功耗蓝牙连接 \(SimpleLink Academy 的一部分\)](#)，这篇文章有助于了解该栈并介绍了如何开发您自己的应用。

可从 [TI 开发人员专区](#) 访问 SimpleLink Academy。

- SimpleLink basic_ble 示例：首次概述低功耗蓝牙框架。
- SimpleLink data_stream 示例：首次体验低功耗蓝牙以及如何自定义应用。
- 扫描和广播基础知识：扫描和广播入门。
- TI SimpleLink Connect 应用：首次体验 TI SimpleLink Connect 应用。
- 使用 basic_ble 示例进行的低功耗蓝牙连接：深入了解蓝牙的连接概念。

3.1 CC2340 芯片组

表 3-2. CC2340 芯片组

芯片组	闪存	RAM	CPU
CC2340R2	256kB	28kB	Arm-Cortex M0+ (48MHz)
CC2340R5	512kB	36-64kB	Arm-Cortex M0+ (48MHz)

3.2 闪存和 RAM 分配

TI BLE5-stack 器件所需的闪存取决于这些器件各自的角色。以不同的角色运行 basic_ble 示例会得到 [表 3-3](#) 所示的闪存分配：

表 3-3. 基于角色的闪存分配

角色	闪存
单角色	95kB
多角色	110kB

basic_ble 示例总共约需要 183KB 的闪存。系统所需的 RAM 取决于几个方面。可以使用 [表 3-4](#) 估算不同应用所需的 RAM 大小。

表 3-4. 基于功能所需的 RAM

功能	所需的 RAM
器件作为外设运行 basic_ble 示例所使用的 RAM	11kB
器件作为中央器件运行 basic_ble 示例所使用的 RAM	13kB
FreeRTOS 分配的默认堆大小	20kB
为每个必须实现的连接分配的堆	0.75kB
引导和低功耗蓝牙栈初始化时的标准系统堆分配	≈8kB

备注

请注意，这些值是使用 CC2340R5 和 7.20 SDK 确定的。使用不同的 SDK 或不同的芯片时，结果略有不同。

4 软件栈

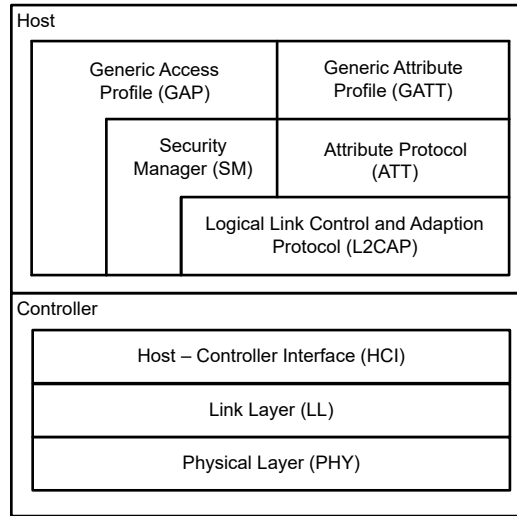


图 4-1. 低功耗蓝牙协议栈

TI 低功耗蓝牙协议栈由控制器和主机构件组成，如图 4-1 所示。这来自经典蓝牙规范。

控制器实现低功耗蓝牙栈的最底层，包含负责实现标准可互操作无线通信的链路层 (LL)。控制器还实现数据交换和网络连接的处理。

主机部分用于实现低功耗蓝牙栈的访问和属性配置文件以及安全功能。该部分是低功耗栈的最顶层，通过使用不同的 GAP 和 GATT 配置文件以及不同的安全功能来定义器件的角色。

为了连接 TI 低功耗蓝牙栈，应用开发人员可以使用一组 C API 在低功耗蓝牙栈之上实现低功耗蓝牙应用。

CC2340R5 可以实现所有 GAP 角色 (即广播设备、外设、观测器、中央器件) ，包括这些角色的组合 (多角色) 。有关可实现的性能的详细信息，请参阅“多连接”。

4.1 BLE5-Stack 配置

TI 低功耗蓝牙栈平台支持两种不同的配置，并且可在单器件运行模式以及网络处理器模式下运行。在单器件运行模式下，主机和控制器以及应用程序均在 Simplelink 无线 MCU 上运行。

这种配置具有成本效益，但在存储器和性能方面会受到限制。建议使用 CC2340R5 实现该配置。第二种可能性是将该器件用作外部处理器的配套选项。

在该配置中，只有在外部处理器 (该处理器使用 HCI 与小型无线电 MCU 进行通信) 上运行的应用程序才能在串行接口上运行。该应用程序对存储器的要求非常低，因此可以使用 CC2340R2。

4.2 软件

借助 SDK，TI 提供了一个开发环境。该环境包括评估模块和开发板以及协议栈本身。除了低功耗蓝牙栈，我们还提供驱动程序以及一组示例和培训，帮助启动与 TI 一起开发低功耗蓝牙应用的工作。

- TI 驱动程序提供器件寄存器抽象层，供软件用于在最底层控制 SimpleLink 器件。
- 低功耗蓝牙协议栈以库的形式提供，协议栈的部分内容存储在 SimpleLink 器件闪存中。
- 借助示例应用和配置文件，可以更轻松地使用自定义和采用的方法开始开发低功耗蓝牙应用。

4.3 支持的 PHY

TI 低功耗蓝牙栈可提供必需的 LE 1M PHY 以及表 4-1 中列出的几个其他 PHY 以适应不同的应用。

有关可用 PHY 的更多详细说明，请参阅 [TI BLE5-Stack 用户指南](#) 的“物理层”部分。

表 4-1. PHY

PHY	传输速率	最大应用数据速率近似值	说明
LE 1M	1Mbit/s	750kbps	支持数据传输，强制数据速率为 1Mbps
LE 2M	2Mbit/s	1400kbps	支持高达 2Mbps 的数据传输，但传输距离较短
LE 远距离编码 S2	500kbps	400kbps	数据传输速率降低，但传输距离增加 2 倍之多
LE 远距离编码 S8	125kbps	100kbps	数据传输速率进一步降低，传输距离增加 4 倍

4.4 支持的功能

BLE5-Stack 是 TI 开发的一组应用、工具、API 和库，旨在将蓝牙 5 独立或网络处理器低功耗应用引入 SimpleLink™ 系列无线 MCU。

TI 低功耗蓝牙协议栈支持 [蓝牙核心规范](#) 中定义的所有必需功能和广泛的可选功能。

[表 4-2](#) 显示了适用于 CC2340 器件的 BLE5-Stack 中包含的可选主要功能。

表 4-2. 适用于 CC2340 器件的 BLE5-Stack 中的可选主要功能

		CC2340R2 ⁽¹⁾	CC2340R5
V 4.1	LE Ping	是	是
V 4.2	LE 数据包长度扩展	是	是
	链路层扩展扫描仪过滤策略	是	是
V 5.0	LE 广播扩展	否	计划
	高占空比非连接的广播	否	有
	LE 定期广播	否	计划
	LE 通道选择算法 2	是	是
	高输出功率	是	是
V 5.1	无连接 AoA/AoD	否	计划
	面向连接的 AoA/AoD	否	计划
	广播信道索引变更	是	是

(1) 芯片组尚未最终确定，因此不可用。

4.5 多连接

CC2340R5 能够在与对等器件建立多达 8 个连接的情况下运行，但只有 5 个连接具有绑定数据。其余 3 个连接可在没有绑定的情况下执行。为了支持这些器件，TI 对 [表 4-3](#) 中的配置进行了扩展测试。TI 测试包括针对所有连接节点的 48 小时稳定性测试。

表 4-3. CC2340R5 配置

角色	连接	对等器件
外设	8	8 个中央器件
中央器件	8	8 个外设
多角色	8	4 个中央器件 + 4 个外设

4.6 共存 (已计划)

CC2340 系列提供共存功能，可避免低功耗蓝牙器件与 WIFI 器件之间发生冲突。PTA (数据包流量仲裁) 接口用于确定允许哪个器件使用该频段。共存功能要求 WIFI 器件以主器件角色运行。在这种情况下，低功耗蓝牙器件必须请求访问权限才能使用天线。WIFI 芯片通过授予访问权限来提供该功能。CC2340 中实现的 2Mbps 传输模式

可缩短无线电通信时间，因此专为使用共存功能而设计。有关实现共存方案的详细说明，请参阅我们的 [SimpleLink WLAN 接入点应用手册](#)。

备注

请注意，我们最近的 SDK 中并未发布共存功能。该功能将包含在我们未来的一个版本中。

5 安全性

CC2340 器件实现了一系列由硬件提供的安全功能。其中包括：器件身份、调试安全性、AES 128 位硬件加速、SHA256 和随机数生成器。更多有关硬件提供的安全功能的信息，请参阅 [CC2340R5 SimpleLink™ 低功耗蓝牙 5.3 无线 MCU](#)。TI 低功耗蓝牙栈实现了更多安全功能，以确保蓝牙通信的安全性，其中包括：

网络安全性

作为低功耗蓝牙规范的一部分，有几个安全功能按照 [蓝牙 5.3 规范](#) 的规定实现。这些功能由 Security Manager 层定义，并定义了配对和分发密钥以及执行安全连接和数据交换的方法。与发现和连接相关的安全功能由 GAP (通用访问配置文件) 层执行。

支持的安全功能有：

- 身份验证和授权
- LE 安全连接功能
 - 配对 (生成和交换密钥)
 - 加密 (数据已加密)
 - 协会
 - 身份验证 (配对过程使用关联来支持抵御 MITM (中间人) 攻击)
 - 绑定 (将配对过程与存储加密序列的密钥过程绑定)
 - OOB (带外配对)
 - MITM (提供身份验证以阻止攻击者)
 - 正常工作 (无安全性)
- 隐私 (允许器件生成新地址以通过无线方式使用)
 - 公共器件地址
 - 随机静态地址
 - 随机可解析私有地址
 - 随机不可解析私有地址

OAD 安全

TI 低功耗蓝牙栈提供了对已在 OAD 过程中传输的映像进行身份验证的方法。安全 OAD 使用 ECDSA (椭圆曲线数字签名算法) 对安全 OAD 映像进行签名和验证。

为了验证新映像，TI 提供了 MCUboot 32 位安全引导加载程序实现方案。

6 性能和测试数据

TI 栈经过预先认证，因此已执行并通过了蓝牙 SIG 要求的所有鉴定测量。这组测试用例显示在蓝牙 SIG 的 [测试用例参考列表 \(TCRL\)](#) 上。

TI 还执行其他测量，包括功耗、稳定性和互操作性。

6.1 连接

使用不同 PHY 以 1 秒连接间隔测量的功耗。

表 6-1. 连接 - PHY

PHY	txPower	连接间隔	电流消耗
1M	0dbm	1s	7μA
2M	0dbm	1s	6.6μA

表 6-1. 连接 - PHY (续)

PHY	txPower	连接间隔	电流消耗
编码 S2	0dbm	1s	11.5µA
编码 S8	0dbm	1s	13.1µA

6.2 广播

下表显示了在广播间隔不断变化且无有效连接情况下进行广播时测量的功耗。

表 6-2. 广播 - PHY

PHY	txPower	广播间隔	有效载荷	电流消耗
1M	0dbm	0.1s	0 字节	125µA
1M	0dbm	1s	0 字节	11.6µA
1M	-9dbm	5s	17 字节	2.8µA

6.3 稳定性测试

作为在器件和连接系统层面进行的广泛稳定性测试的一部分，我们在多种配置下对 TI 低功耗蓝牙栈进行了稳定性测试。通常，在下面列出的几个测试范围内对 TI 低功耗蓝牙栈进行测试。

使用 `simple_peripheral` 和多角色示例的广播稳定性 (1M PHY) :

- 将旧集保留 48 小时。
- 将具有 RPA/公共地址的广播集保留 48 小时。
- 运行连接和断开连接操作 48 小时。
- 运行配对和绑定操作 48 小时。

使用 `host_test` 的扫描稳定性 (1M PHY) :

- 运行扫描 48 小时。
- 针对不同的窗口大小运行扫描操作。
- 运行连续扫描操作 48 小时。
- 在连接状态下运行扫描操作 48 小时。

与外设、中央器件和多角色器件的连接稳定性 (1M、2M 和编码 PHY) :

- 保留 1 个安全连接 (对于多角色, 保留 2 个) 48 小时。
- 运行 GATT 读取和写入连接 48 小时。
- 运行 GATT 读取和写入操作 48 小时。
- 运行连接参数更新操作 48 小时。

运行 `data_stream` 示例的 BLE 配置文件 (1M、2M 和编码 PHY) :

- 保留安全连接 24 小时。
- GATT 操作 24 小时。
- MTU 交换操作 24 小时。

6.4 互操作性

所有基本的 TI BLE5-Stack 功能都经过了外设、中央器件和多角色的互操作性测试。已经对多个器件和操作系统 (可根据申请提供清单) 进行了互操作性测试。

7 工具和开发支持

TI 提供了一系列免费工具，在进行无线设计时非常有用。开发这些工具是为了帮助 TI 工程师和客户简化开发过程。

7.1 SmartRF 数据包监听器 2

SmartRF 数据包监听器 2 包括使用 Wireshark 捕获和显示通过无线电传输的数据包的软件和固件。SmartRF 数据包监听器 2 支持 CC13xx 和 CC26xx 作为捕获器件。

本文档介绍了硬件和软件的安装和设置。SmartRF 数据包监听器 2 封装包括以下组件：

- SmartRF 监听器助手 (PC 工具) ，用于配置捕获器件并与之通信。
- 可将 CC13xx 或 CC26xx LaunchPad 用作捕获器件的固件。
- 固件源代码。
- 适用于 Wireshark 的解析器。

7.2 Smart RF Studio 8

SmartRF™ Studio 是一款 Windows 应用程序，可帮助射频系统设计人员在所有 TI CC1xxx 和 CC2xxx 低功耗射频器件的设计过程中的早期阶段轻松评估无线电。SmartRF™ Studio 简化了配置寄存器值和命令的生成，以及射频系统的实际测试和调试 (以生成 PHY) 。该应用程序还有助于在您的环境和不同条件下测试您的无线系统设置。

7.3 Energy Trace

EnergyTrace 是一款分析工具，用于显示应用的功率分布。该硬件随 XDS110ET 具有 EnergyTrace™ 软件的 LaunchPad™ 开发套件调试器一起提供，并与我们的免费编译器 Code Composer Studio 集成，或作为独立选项提供。

7.4 Code Composer Studio

Code Composer Studio™ IDE 是适用于 TI 微控制器和处理器的集成开发环境 (IDE) 。该 IDE 也在云中提供，访问 [TI 开发人员专区](#) 即可获得。

Code Composer Studio IDE 包含用于优化的 C/C++ 编译器、源代码编辑器、工程构建环境、调试器、分析器以及很多其他功能。该 IDE 通过提供高级调试功能 (如 ROV (运行时对象查看) 或 EnergyTrace) 来为您提供帮助。

Code Composer Studio 将 Eclipse® 和 Theia 框架的优势与 TI 先进的功能相结合，提供了一种功能丰富的优异开发环境。基于云的 Code Composer Studio 无需下载和安装大量软件即可在云中进行开发。

下载 [Code Composer Studio™ 集成开发环境 \(IDE\) 的 V12.4.0 版](#) (2023 年 9 月发布的最新版本) 。TI 低功耗蓝牙栈发行说明对应于当前建议的 CCS 版本。

7.5 SimpleLink Connect 应用

SimpleLink Connect 应用是 TI 为在移动终端器件上运行的低功耗蓝牙应用提供的示例。TI 提供适用于 Android 的开源应用，而 IOS 则为应用提供简单的启动和调试机制。该应用为用户构建自己的应用提供了基准，GitHub 上提供了源代码以适应开发链。更多有关该应用的信息，请访问 [SimpleLink Connect 移动应用](#) 页面。

7.6 Uniflash

Uniflash 是 TI 提供的软件工具，可用于对 TI 处理器和无线器件之外的片上闪存存储器进行编程。

7.7 天线参考设计

TI 提供两种 CC 天线开发套件：

- [CC-ANTENNA-DK2](#)
- [CC-ANTENNA-DK-RD](#)

可用于测试和查找适合任何应用的天线。可在 [CC-Antenna-DK2](#) 和 [天线测量汇总应用报告](#) 中查阅测试过的天线及测试报告。[CC-Antenna-DK-RD](#) 也提供了设计文件和选择指南。

7.8 设计评审服务

通过 SimpleLink 硬件设计评审流程，您可以接触到业内专家，他们会帮助评审您的设计并提供宝贵的反馈意见。查看 [SimpleLink™ CC2xxx 器件的硬件设计评审](#) 页面，获取有关如何开始硬件设计并申请设计评审的信息。

7.9 SysConfig

SysConfig 是用于配置我们 SimpleLink 器件的图形用户界面，可用于配置引脚、外设、无线电和子系统。SysConfig 有助于创建可用作定制设计方案的启动配置的 C 头文件和代码文件。此外，SysConfig 还可让您在开发过程中调整您的系统。

7.10 BTool

BTool 是一款 PC 应用程序，能够通过 UART 向 USB 连接的器件发送 HCI 命令。该器件经过编程，可解释和执行 HCI 命令。例如，通过运行 `host_test` 示例或启用了 PTM 的示例。BTool 可用于评估和蓝牙认证。有关使用 BTool 的更多详细信息，请参阅[使用 BTool 指南](#)。

有关网络处理器配置和使用的更多信息，请参阅 [TI BLE5-Stack 用户指南](#)。[主机测试指南](#) 中介绍了主机测试示例应用。

有关 HCI 接口的更多信息以及有关 HCI 供应商特定命令的详细信息，请参阅 [TI API 文档](#)。

7.11 GitHub

CC2340 相关示例和 Linux 串行引导加载程序内容也发布在 [TI GitHub](#) 上。

7.12 SimpleLink Academy

[SimpleLink Academy](#) 针对 SimpleLink 器件产品系列提供互动式学习体验，内容涵盖从入门指导到高级调试、优化和栈开发的所有开发阶段。对于每种无线技术和主题，SimpleLink Academy 还提供推荐培训课程，这对整个开发过程具有指导意义。SimpleLink Academy 可帮助用户快速、轻松地开始下一个互联应用的开发。

8 已知局限性

有关最新信息，包括已知问题和限制，请参阅所用 SDK 版本的版本说明。

9 参考文献

- 德州仪器 (TI)，[TI BLE5-Stack 用户指南](#)。
- 德州仪器 (TI)，[SimpleLink 低功耗 F3 SDK](#)。
- 德州仪器 (TI)，[面向 CC23xx 的 SimpleLink Academy](#)。
- 德州仪器 (TI)，[如何认证您的蓝牙产品应用手册](#)。
- Bluetooth, [Qualify Your Product](#).
- 德州仪器 (TI)，[SimpleLink™ 低功耗软件开发套件 \(SDK\)](#)。
- 德州仪器 (TI)，[使用 basic_ble 示例进行的低功耗蓝牙连接](#)。
- 德州仪器 (TI)，[TI 开发人员专区](#)。
- Bluetooth, [Bluetooth Core Specifications](#).
- 德州仪器 (TI)，[SimpleLink WLAN 接入点应用手册](#)。
- 德州仪器 (TI)，[CC2340R5 SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® 5.3 无线 MCU](#)。
- Bluetooth, [Test Case Reference Lists \(TCRLS\)](#) .
- 德州仪器 (TI)，[XDS110ET 具有 EnergyTrace™ 软件的 LaunchPad™ 开发套件调试器](#)。
- 德州仪器 (TI)，[Code Composer Studio™ 集成开发环境 \(IDE\)](#)。
- 德州仪器 (TI)，[SimpleLink Connect 移动应用程序](#)。
- 德州仪器 (TI)，[CC-ANTENNA-DK2](#)。
- 德州仪器 (TI)，[CC-ANTENNA-DK-RD](#)。
- 德州仪器 (TI)，[CC-Antenna-DK2 和天线测量汇总应用报告](#)。
- 德州仪器 (TI)，[SimpleLink™ CC2xxx 器件的硬件设计评审](#)。
- 德州仪器 (TI)，[主机测试指南](#)。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from OCTOBER 31, 2023 to NOVEMBER 6, 2023 (from Revision * (October 2023) to Revision A (November 2023))		Page
• 将 SDK 版本更新至 7.20.....		2
• 将 SDK 版本更新至 7.20.....		3
• 删除了 SDK 7.20.00.29 的发行说明链接.....		10
• 删除了 SDK 7.20.00.29 的发行说明链接.....		10

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司