

无线连接之蓝牙™

用户开发手册



编者寄语:

作为无线蓝牙开发手册，本文尽可能多的为您罗列了各种可轻松获取的资源。在开发基于无线蓝牙的应用程序时，你可以将它用作无线蓝牙入门指南，查找无线蓝牙相关问题的词典，或是无线蓝牙的自学手册。不论是无线蓝牙相关知识的菜鸟还是大师，都能从这本开发手册中获益匪浅。不论是蓝牙相关知识的菜鸟还是大师，都能从这本开发手册中获益匪浅。如果对开发手册有任何的意见和想法，欢迎在 [E2E-wireless/E2EChina-无线连接](https://e2e.ti.com/E2EChina-无线连接) 子论坛创建帖子进行反馈。

版本历史

版本	时间	作者	说明
1.0.0	9/1/2020	Jinqu Ye/Albin Zhang	

术语和缩写

缩写/术语	Meaning / Explanation	含义/解释
BLE	Bluetooth Low Energy	蓝牙低功耗
SPP	Serial Port Profile	蓝牙串口协议
IDE	Integrated development environment	综合开发环境
PCB	Printed Circuit Board	印制电路板
MCU	Microcontroller Unit	微控制单元
JTAG	JTAG(named after the Joint Test Action Group) is an industry standard for verifying designs and testing printed circuit boards after manufacture	JTAG (联合测试工作组) 是一种国际标准测试协议 (IEEE 1149.1 兼容), 主要用于芯片内部测试
PPT	PowerPoint	微软公司的演示文稿软件
SDK	Software Development Kit	软件开发工具包
IOT	Internet of Things	物联网
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CPU	central processing unit	中央处理器

目录

1. 概述	7
1.1 蓝牙协议的特点	7
1.2 BLE 的入门及实际应用	7
1.3 TI 网站资源	8
2. 硬件设计	13
2.1 蓝牙芯片	13
2.1.1 基于 ARM Cortex-M4 核的蓝牙芯片 ★	16
2.1.2 基于 ARM Cortex-M3 核的蓝牙芯片	19
2.1.3 基于 8051 核的蓝牙芯片	22
2.1.3 其余蓝牙芯片	23
2.2 开发板参考设计	23
2.2.1 SimpleLink™ 多频带 CC1352P 无线 MCU LaunchPad	23
2.2.2 SimpleLink™ 无晶振 BAW CC2652RB 多协议 2.4GHz 无线 MCU LaunchPad	24
2.2.3 SimpleLink™ 多标准 CC26x2R 无线 MCU LaunchPad	24
2.2.4 SimpleLink™ 多频带 CC1352R 无线 MCU LaunchPad	24
2.2.5 CC2650 LaunchPad/评估板	25
2.2.6 SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® CC2640R2F 无线 MCU LaunchPad	25
2.2.7 CC2540 USB 评估模块套件	26
2.2.8 CC2541 迷你开发套件	27
2.2.9 Dual-Mode Bluetooth® CC2564 Evaluation Board	27
2.3 硬件设计关键点	27
3. 软件设计	27
3.1 SDK	28
3.1.1 SimpleLink™ CC13x2_26x2 SDK	29
3.1.2 SimpleLink™ CC2640R2 SDK	31
3.2 软件操作指南	35
3.2.1 Code Composer Studio Downloads	35
3.2.2 IAR Downloads	36
3.2.3 SmartRF Studio Download	36
3.2.4 SENSOR CONTROLLER STUDIO	36
3.2.5 BTool	37
3.2.6 SysCfg	37

3.2.7 UniFlash ImageCreator	37
3.2.8 Flash Programmer	37
3.2.9 SmartRF Flash Programmer 闪存编程器	37
4. 各芯片实际应用系统参考设计	38
4.1 Car access Bluetooth® low energy + CAN satellite module reference design.....	38
4.2 CC2541 密钥卡参考设计	38
4.3 工业无线状态监控参考设计	39
4.4 车用低功耗 Bluetooth® 汽车门禁卫星节点参考设计	39
4.5 采用低功耗蓝牙和电容式触控技术的门禁控制面板参考设计	39
4.6 支持低功耗 Bluetooth® 5.0 的单微控制器 18V/600W BLDC 电机控制参考设计	40
4.7 配备 Bluetooth® 5 的可穿戴 16 相多传感器 SpO2 和心率监测仪 (HRM) 参考设计	41
5 Q&A	42
5.1 问: Read Before You Post in the Bluetooth low energy (BLE) Forum(E2E).....	42
5.2 问: 支持哪些调试器?	42
5.3 问: 如何在应用程序中实现电源管理以降低功耗?	43
5.4 问: 下载代码时在何处编程? 内部还是外部存储?	43
5.5 问: 在电路板或 LaunchPad 上切换示例应用程序时, 我的 iOS 或 Android 器件无法看到新的特性或服务.....	43
5.6 问: 我的 Project Zero 正确构建并烧录, 但设备未广播和/或产生 CPUabort.....	44
5.7 问: RF 性能在 TI 硬件上一切正常, 但是在自定义 CC26xx 电路板上出现 RF 性能不良和范围问题?	44
5.8 问: 为什么我的器件报错 No source available for 0x1001bbd6?	45
5.9 问: 我正在使用 simplelink_cc2640r2_sdk_1_00_00_22 TI-RTOS 驱动程序示例, 但是当前项目给出以下错误 信息("..\CC2640R2_LAUNCHXL.h", line 54: fatal error #1965: cannot open source file "ti/devices/cc26x0/driverlib/ioc.h"). 我该怎么办?	45
5.10 问: 当使能 CACHE_AS_RAM 功能时, 我的项目编译正常, 但无法运行。这是什么原因导致的?	46
5.11 问: 我找不到 BDS, 为什么会这样?	46
5.12 问: 如何从 simple_peripheral_example 中删除 display 和两个 button menu? 是否有更多可减少 simple_peripheral 例程 FLASH 使用的方法?	46
5.13 问: 如何将调试器连接到正在运行的目标? (也称为“将调试器加到正在运行的目标上”)	47
5.14 问: 关于 BLE 蓝牙连接 Connection Interval 值的问题?	47

5.15 问: 关于 simpleGATTprofile 的 Characteristic 问题, 在 simpleBLECentral 工程中, 当启用通知后, 是在哪里收到数据?	47
5.16 问: 关于 CC2640 的 ADC 问题.....	48
5.17 问: 我看了 simpleperipheral 和 central 的例子, 他们初始化都是设置的 GAPBOND_PAIRING_MODE_WAIT_FOR_REQ 等待配对. 那么我的问题是, 到底是 peripheral 发起的配对请求还是 central? 在什么时候发起的配对请求?	48
5.18 问: 哪里可以了解更多有关蓝牙低功耗规范、配置文件、通知、配对等的信息?	49
5.19 问: TI BLE 在 IOS, Android 的数据传输率的问题	49
5.20 问: 关于 CC2640 片外 OAD 的问题.....	49
5.21 Q: How do I add UART or SPI to my application?.....	50
5.22 Q: How do I do a simultaneous Master & Slave (i.e., Peripheral & Central role) connection?	50
5.23 Q: How do I enable more functionality with the Invensense MPU-9250 motion sensor on the CC2650 SensorTag?	50
5.24 Q: What is the difference between the CC2640R2 SDK and BLE-Stack SDK?.....	51
5.25 Q: Do I need to requalify or re-certify my product if I change to CC2640R2F?.....	51
5.26 Q: When switching sample applications on my board or LaunchPad, my iOS or Android device is not able to "see" new Characteristics or Services?.....	52
5.27 Q: Why am seeing poor RF performance and range issues on my custom CC26xx board when everything works fine on the TI Reference HW?.....	53
5.28 Q: How can I remove display and two buttons menu from the simple_peripheral_example? Is there more ways to decrease the FLASH consumption of the simple_peripheral example?	53
5.29 问: cc2640r2f 有没有直接烧写二进制文件的工具?	54
5.30 问: ccs 有没有串口调式工具, 应该如何实现串口调试功能?	54
5.31 Q: Is Bluetooth 5 backwards compatible with existing Bluetooth 4.x devices?	54
5.32 Q: How do I enable Bluetooth 5 High Speed Mode in my application?.....	55
5.33 Q: What range should I expect with High Speed Mode?.....	56
5.34 Q: How do I evaluate Long Range BLE Connections and Advertising Extensions?	56
5.35 Q: What about Mesh?.....	57
5.36 Q: Can I use any Android 8 "Oreo" phone to evaluate this SDK with the BT5 Long Range (LE Coded PHY) feature?	57
5.37 Q: CC2640 with 2-wire cJTAG CC-DEVPACK-DEBUG.....	58
5.38 Q: Linker error with latest bluetooth and IAR.....	58
5.39 Q: Sending files with BLE CC2540?.....	58

5.40 Q: Does anyone know what the maximum packet size is for a BLE message? I have a need to send and receive 80 byte messages. Thanks.....59

1. 概述

TI 作为一家 15 年来备受客户信赖的提供商，我们提供的无线连接产品系列包括集成电路 (IC)、[认证模块和第三方模块](#)，可满足您的所有无线技术需求。

目前，TI 在[无线蓝牙](#)有着性能优越的产品，目前已有 [23 款](#)性能优异的产品可供客户选择。基于 [SimpleLink™ 微控制器平台](#) ([深入了解 SimpleLink™ MCU 平台的工具和开发套件](#)) 在单一软件开发环境中提供种类多样的有线和无线 Arm® MCU (片上系统) 产品系列，原型设计和开发帮助您迅速的根据需求进行短周期的开发，从已有的硬件和完整的软件资源中定向选取，针对性的设计帮助开发者更加快捷方便的完成各种。其中的低功耗 Bluetooth® 无线 MCU 就是其中一个重要的无线系列，作为一款低功耗无线标准，可将任何产品轻松连接到智能手机或平板电脑，它为物联网和汽车应用提供灵活的硬件、软件和工具选项，为开发人员设定了新标准。只需投资购买一次 SimpleLink 软件开发套件，即可在您的整个产品系列中进行使用。

1.1 蓝牙协议的特点

无线世界十分多样，各种无线连接技术各有特点，最主要的几种技术包括了经典蓝牙、[低功耗蓝牙](#)、[Zigbee](#)、[Thread](#)、[wi-fi](#)、[私有 sub-1GHz/2.4GHz](#)，[以下](#)详细介绍了各种无线连接技术的通信范围、通讯频率、PHY 吞吐量、网络类型 ([mesh 网状结构介绍](#))、网络规模、电池类型和各自的一些优缺点，可作为您无线连接技术的选择指南。关于无线连接的详细了解可参考 [TI 无线连接产品特点及主要应用](#) 包括 [ppt 介绍](#) 和 [视频介绍](#)，无线连接的各种方式的[全面介绍](#)。

蓝牙作为无线连接的重要技术之一，应用已十分广泛。自 1998 年蓝牙推出 0.7 版以来，目前有分为 2.0/3.0/4.0/5.0 等多个版本，3.0 的蓝牙和兼容 2.0 的蓝牙，但 4.0 并不对低版本进行兼容。其中常说 BLE 指的是 4.0，而经典蓝牙 SPP 就是 3.0 版本。目前也已经进入[蓝牙 5](#) 的时代。相比前几代的改进，蓝牙 5 拥有[更快的数据速率](#)，通过 500kbps 和 125kbps 速率的全新编码物理层 (PHY) 实现[远距离覆盖](#)，通过广播扩展功能使器件能够远距离发起并进行连接，并且可以组网。以下是[BLE 协议栈的详细介绍](#)，

以下是蓝牙 5 新特性及应用 视频学习链接，[中文视频](#) 和 [英文视频](#) 介绍。

1.2 BLE 的入门及实际应用

您可以在 [EEWorld 大学堂](#)、[21ic 中国电子网](#)、[21 世纪电源网](#) 等 [TI 的在线培训平台](#) 中，查找到各种关于无线蓝牙的基础入门学习，简单的 demo 使用教学，蓝牙在实际场景应用的演示等等。

以下列举了部分无线蓝牙的学习视频和相关资料可供参考：

1. [低功耗蓝牙基础理论视频学习](#) (演示了 BLE CC2650 配合 MSP432P401R 与手机的通信并控制机器人系统)
2. 介绍了蓝牙 5 的一些升级和应用,做了 CC2640R2F, CC26x2, CC13x2 基本概述, 以及 CC2640 和阿里云 [IoT 智能生活开放平台](#) iLOP 的软件层面介绍
3. [讲解 TI 无线连接产品特点及平台、方案介绍](#)，包括 TI 最新 Agama 系列产品、BLE、TI 15.4-Stack、Zigbee 3.0 及 TI DMM Demo 动手实验
4. [BLE 入门知识及手把手工程建立学习](#) (BLE 基本介绍, TI BLE 方案介绍, TI SDK 基本介

绍, simple peripheral 运行上手 Demo 演示)

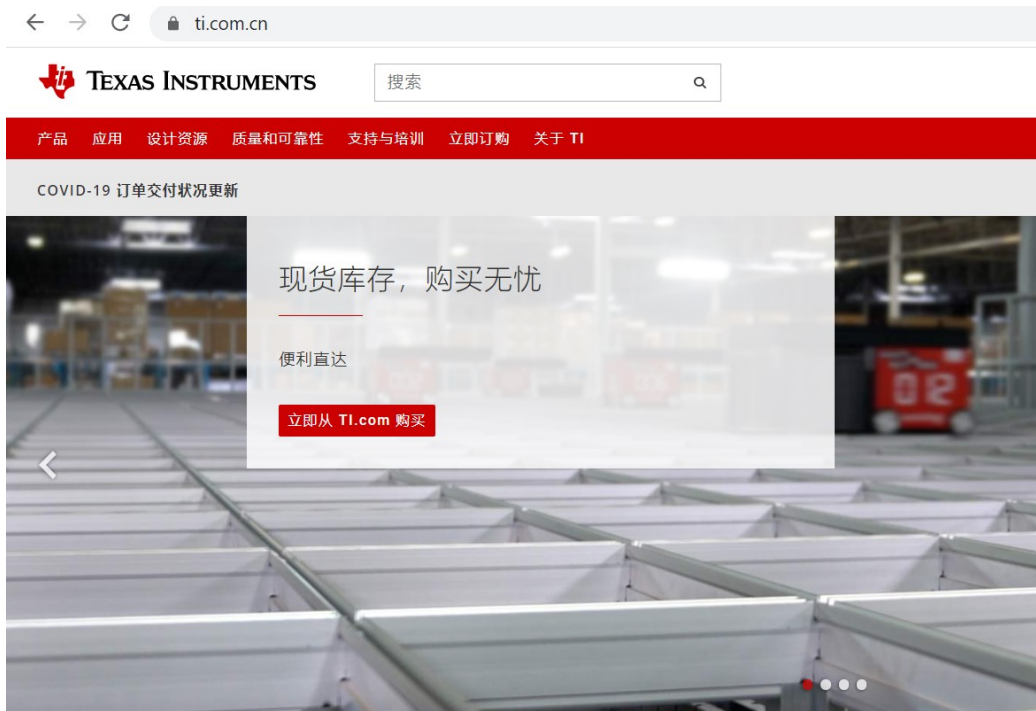
对应视频 [ppt](#)

5. [低功耗蓝牙 HomeKit 应用](#) (CC2640 配合 MSP432)
6. [BLE connected electronic door lock demo](#)
7. [BLE wearable patch demo](#)
8. [Wearable, wireless patient monitoring demo with Bluetooth 5](#)
9. Connect: [Why SimpleLink?](#)
10. [What is Bluetooth 5 and When do I Use it?](#)
11. [How Bluetooth 5 is breaking barriers in connected applications](#)
12. Connect: [Smart thermostat demo](#)
13. Connect: [Sensor to Cloud + GPS](#)
14. Connect: [BLE connected electronic door lock demo](#)
15. [Localization with BLE](#)
16. Connect: [BLE wearable patch demo](#)
17. Connect: [Wearable, wireless patient monitoring demo with Bluetooth 5](#)
18. Connect: [BAW \(crystal-less\) out-of-box demo](#)
19. Connect: [Zigbee + Bluetooth 5 Concurrency Demo](#)
20. Connect: [BAW demo featuring Bluetooth 5](#)
21. Connect: [Car Access Demo](#)
22. Connect: [Why connectivity in the car?](#)
23. [工程师给大家讲解蓝牙 5 新特性以及 Zigbee 3.0 新特性](#)
24. [CC2540/CC2541 蓝牙 4.0 BLE 协议栈开发 \(连载\) 教程](#)
25. [BLE CC2540 初学者入门指导](#)
26. [浅谈蓝牙 Bluetooth 技术集锦](#)

1.3 TI 网站资源

以下为蓝牙开发对应的一个网站资源利用过程:

第一步: 输入 <https://www.ti.com.cn/>, 您就可以进入 TI 官网中文版本的首页, 如图 1.1



为您推荐的特色产品

图 1.1

第二步：在产品目录下，选择无线连接进入无线产品界面，如图 1.2

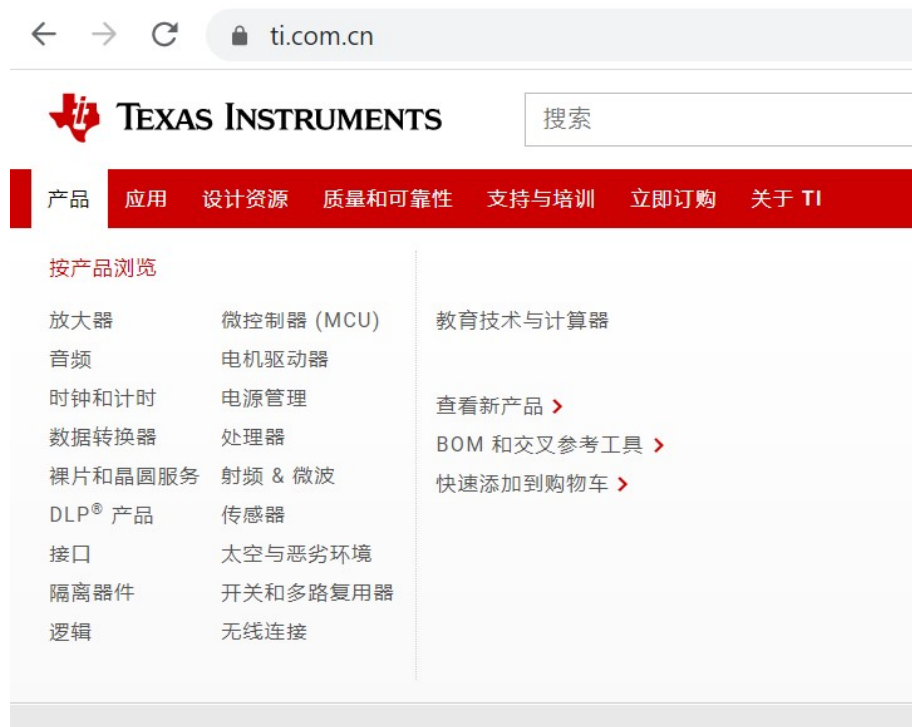


图 1.2

第三步：在无线连接目录下，选择低功耗蓝牙产品，进入蓝牙产品界面，如图 1.3

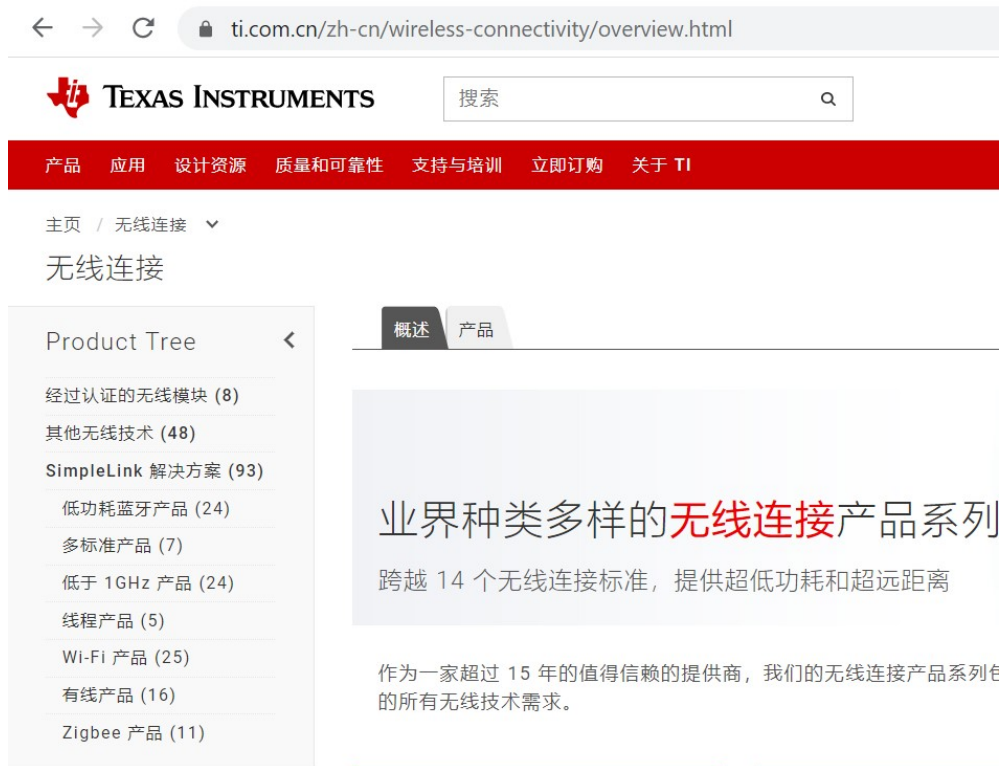
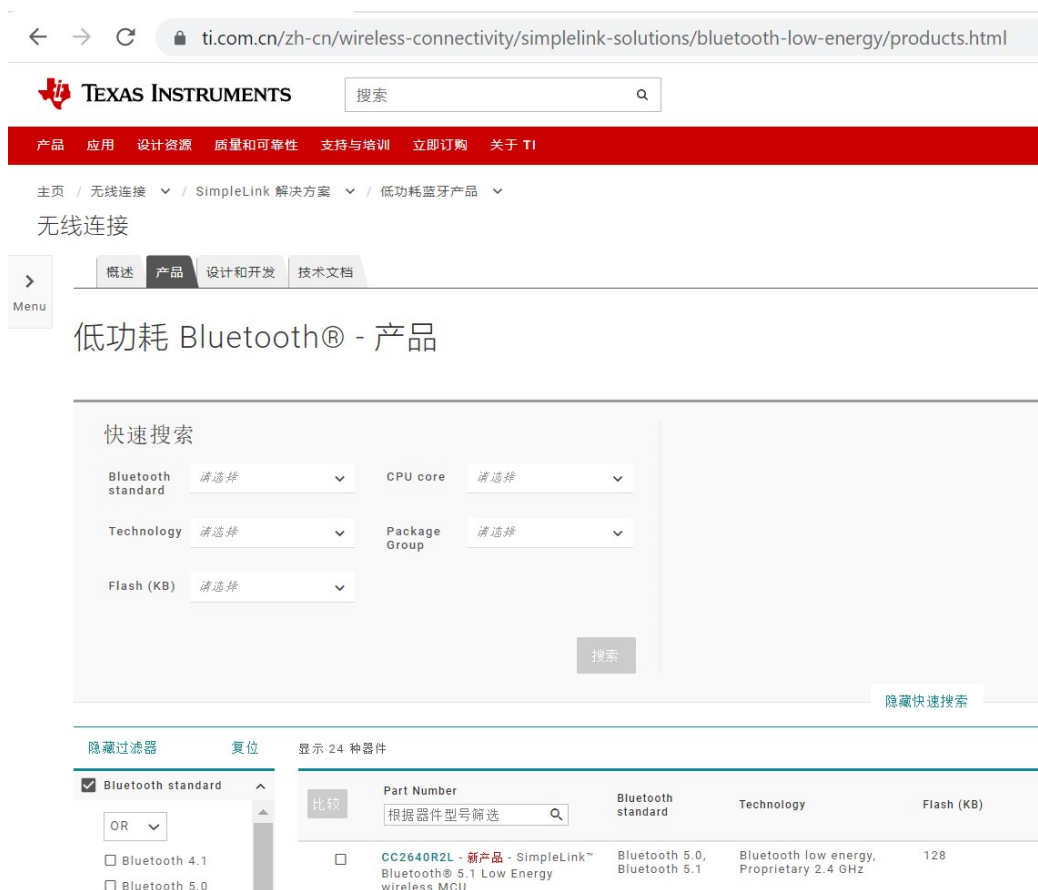


图 1.3

第四步：选择低功耗蓝牙产品界面的产品框，进入蓝牙芯片界面，如图 1.4，1.5



图 1.4



快速搜索

Bluetooth standard: 请选择

Technology: 请选择

Flash (KB): 请选择

CPU core: 请选择

Package Group: 请选择

搜索

隐藏快速搜索

隐藏过滤器 复位 显示 24 种器件

Bluetooth standard: ☒ Bluetooth 4.1 ☐ Bluetooth 5.0

比较

Part Number	Bluetooth standard	Technology	Flash (KB)
CC2640R2L - 新产品 - SimpleLink™ Bluetooth® 5.1 Low Energy wireless MCU	Bluetooth 5.0, Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	128

图 1.5

第五步：选择其中的一款芯片，进入对于蓝牙芯片界面，如图 1.6



CC2640R2L 正在供货

SimpleLink™ Bluetooth® 5.1 Low Energy wireless MCU

立即订购

数据表 CC2640R2L SimpleLink™ Bluetooth® 5.1 Low Energy Wireless MCU 数据表 (英文内容) | 在线数据表

用户指南 CC13x0, CC26x0 SimpleLink™ Wireless MCU Technical Reference Manual (英文内容) | 勘误表 CC2640R2L SimpleLink™ Bluetooth® Low Energy Wireless MCU Errata (英文内容)

产品详细信息 | 技术文档 | 设计与开发 | 订购与质量 | 支持与培训

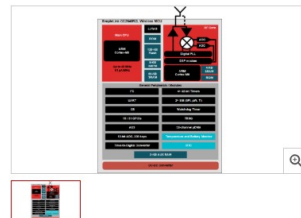
图 1.6

以上界面为对应蓝牙芯片的概述界面，您可以看到对应芯片的数据表，用户指南，勘误表；下拉可以看到芯片的产品详细信息，如图 1.7；技术文档，如图 1.8；设计与开发链接，如图 1.9；订购与质量详细，如图 1.10

产品详细信息

参数 封装引脚尺寸 特性 描述

Technology	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz
Bluetooth standard	Bluetooth 5.0, Bluetooth 5.1
Flash (KB)	128
Features	LE Link Layer Topology, LE 2M PHY, LE Coded PHY (Long Range), Multiple Advertisement Sets, Advertising Extensions
Rating	Catalog
Operating temperature range (C)	-40 to 85
Approx. price (US\$)	1ku 0.85



[查看其它 低功耗蓝牙产品](#)

图 1.7

技术文档

★ = 特色

类型	标题	下载最新的英文版本	发布
全部	按关键字筛选标题		
★ 数据表	CC2640R2L SimpleLink™ Bluetooth® 5.1 Low Energy Wireless MCU 数据表		2020年 6月 22日
★ 勘误表	CC2640R2L SimpleLink™ Bluetooth® Low Energy Wireless MCU Errata		2020年 6月 23日
★ 用户指南	CC13x0, CC26x0 SimpleLink™ Wireless MCU Technical Reference Manual		2020年 6月 23日
应用手册	Hardware Migration From CC2640R2F to CC2640R2L		2020年 6月 23日

图 1.8

设计与开发

有关其他条款或所需资源，请点击下面的任何链接来查看详情页面。

全部 **硬件开发** 软件开发 设计工具和仿真 CAD/CAE 符号



开发套件

SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® CC2640R2F 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件

LAUNCHXL-CC2640R2

\$29.00

[加入购物车](#)

图 1.9

订购与质量

型号	购买	库存	数量 价格 (USD)	封装数量 包装	封装 引脚	从经销商处购买	样品	材料类型	工作温度范围 (°C)	器件标记	铅焊膏/ 焊球材料	MSL 等级/ 回流焊峰	RoHS	REACH	材料成分
CC2640R2LRGBZ	<input type="text" value="输入数量"/> 加入购物车	2,500	1ku \$0.89	2,500 LARGE T&R	VOFN (RGBZ) 48	联系 TI	申请样片	生产	-40 to 85	查看	NIPDAU	Level-3 260C-168 HR	是	是	查看
CC2640R2LRGBR	<input type="text" value="输入数量"/> 加入购物车	2,500	1ku \$0.85	2,500 LARGE T&R	VOFN (RGBR) 32	联系 TI	申请样片	生产	-40 to 85	查看	NIPDAU	Level-3 260C-168 HR	是	是	查看

图 1.10

2 硬件设计

TI 无线蓝牙目前已有 [23 款](#) 性能优异的产品可供客户选择。在 [蓝牙产品界面](#) 内，您可根据自身所需支持的不同 [蓝牙标准](#)，不同的芯片类型（带和不带 mcu 的蓝牙收发器），不同性能的 cpu 内核，flash 的大小，不同的发射功耗电流等等进行对应芯片的选择。如图 2.1

*[双模蓝牙](#)：内置两个蓝牙版本，可以运行两套协议栈的蓝牙模块。



图 2.1

此外，大部分芯片都有资料配备全面的 launchpad 评估板作为您的设计参考。

硬件设计该部分会为您比较每款蓝牙芯片的特点并提供每款蓝牙芯片硬件设计时的各种参考资料，此外，详细介绍参考设计板的包括 pcb 设计和比如射频模块设计时的关键要点的资料。

*数据手册是有关产品技术特征的基本描述，包含产品的基本配置(如内置 Flash 和 RAM 的容量、外设的数量等)，管脚的数量和分配，电气特性，封装信息，和订购代码等。

*技术参考手册是有关如何使用该产品的具体信息，包含各个功能模块的内部结构、所有可能的功能描述、各种工作模式的使用和寄存器配置等详细信息。

*勘误表的使用：告知用户已知的 bug，避免再次入坑

2.1 蓝牙芯片

该部分列举了基于不同核的蓝牙芯片的关键特性并进行了对比。

Part number	Description	Bluetooth standard	Technology	Flash (KB)	CPU core	Package Group	RAM (KB)
CC2640R2L	SimpleLink™ Bluetooth® 5.1 Low Energy wireless MCU	Bluetooth 5.0, Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	128	Arm Cortex-M3	VQFN 32, VQFN 48	28
CC2642R-Q1	Automotive qualified SimpleLink™ Bluetooth® Low Energy wireless	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	352	ARM Cortex-M4F	VQFN 48	80

	MCU						
CC2652RB	SimpleLink™ 32-bit Arm Cortex-M4F multiprotocol 2.4 GHz wireless MCU with crystal-less BAW resonator	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Thread, Zigbee	352	Arm® Cortex®-M4F	VQFN 48	80
CC2652P	SimpleLink™ Arm Cortex-M4F multiprotocol 2.4 GHz wireless MCU with integrated power amplifier	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Thread, Zigbee	352	Arm® Cortex®-M4F	VQFN 48	80
CC1352P	具有集成式功率放大器 的 SimpleLink™ 多频带无线 MCU	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Sub-1 GHz, Thread, Zigbee	352	Arm® Cortex®-M4F	VQFN 48	80
CC1352R	SimpleLink™ 多频带无线 MCU	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Sub-1 GHz, Thread, Zigbee	352	Arm® Cortex®-M4F	VQFN 48	80
CC2652R	SimpleLink™ 多标准无线 MCU	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Thread, Zigbee	352	Arm® Cortex®-M4F	VQFN 48	80
CC2642R	SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® 无线 MCU	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	352	Arm Cortex-M4F	VQFN 48	80
CC2640R2F-Q1	符合汽车标准的 SimpleLink 低功耗 Bluetooth® 无线 MCU	Bluetooth 5.0, Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	128	Arm Cortex-M3	VQFN 48	28
CC2640R2F	SimpleLink 低功耗 Bluetooth® 无线	Bluetooth 5.0, Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy,	128	Arm Cortex-M3	VQFN 32, VQFN 32, VQFN 48	28

	MCU		Proprietary 2.4 GHz				
CC2650MODA	SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® 无线 MCU 模块	Bluetooth 5.1	Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz	128	Arm® Cortex®-M3	QFM 29	---
CC2564C	Bluetooth® 5.1 with Basic Rate (BR), Enhanced Data Rate (EDR), Low Energy (LE)	Bluetooth 5.1, Classic Bluetooth, Dual-mode Bluetooth	Dual-mode Bluetooth, Proprietary 2.4 GHz	---	Proprietary	VQFNP-MR 76	---
CC2564MODA	CC2564MODx Bluetooth® 主机控制器接口 (HCI) 模块	Bluetooth 4.1, Classic Bluetooth, Dual-mode Bluetooth	Dual-mode Bluetooth, Proprietary 2.4 GHz	---	Arm Cortex-M3	QFM 35	---
CC2640	针对蓝牙智能应用的 SimpleLink 超低功耗无线 MCU	Bluetooth 5.1	1	LE Link Layer Topology, LE Secure Connections, LE Data Length Extension, LE Privacy 1.2	Arm Cortex-M3	VQFN 32, VQFN 32, VQFN 48	28
CC2650	SimpleLink 多标准 2.4 GHz 超低功耗无线 MCU	Bluetooth 5.1	6LoWPAN, Bluetooth low energy, Multi-standard, Proprietary 2.4 GHz, Zigbee	128	Arm® Cortex®-M3	VQFN 32, VQFN 32, VQFN 48	28
CC2540T	SimpleLink CC2540T 2.4GHz 蓝牙低功耗无线 MCU	Bluetooth 5.0	Bluetooth low energy	256	8051	VQFN 40	8
CC2564MODN	蓝牙双模式 HCI 模块	Bluetooth 4.1, Classic Bluetooth, Dual-mode Bluetooth	Dual-mode Bluetooth, Proprietary 2.4 GHz	---	Proprietary	QFM 33	---
CC2541-Q1	2.4GHz Bluetooth® 低功耗和专利片上系统	Bluetooth 5.0	Bluetooth low energy, Proprietary 2.4 GHz	256	8051	VQFN 40	8
CC2541	SimpleLink	Bluetooth 5.0	Bluetooth low energy	256	8051	VQFN 40	8

	Bluetooth Smart 和 专利无线 MCU		energy, Proprietary 2.4 GHz				
CC2540	具有 USB 的 SimpleLink 蓝牙智 能无线 MCU	Bluetooth 5.0	Bluetooth low energy	256	8051	VQFN 40	8
CC2560	蓝牙 Smart Ready 控制器	Bluetooth 4.1	Bluetooth, Proprietary 2.4 GHz	---	---	VQFN-MR 76	---
CC2564	蓝牙 Smart Ready 控制器	Bluetooth 4.1, Classic Bluetooth, Dual-mode Bluetooth	Dual-mode Bluetooth, Proprietary 2.4 GHz	---	Proprietary	DSBGA 54, VQFN-MR 76	---
CC2590	2.4 GHz range extender with up to +14 dBm output power	---	Proprietary 2.4 GHz	---	---	VQFN 16	---
LMX9830	Wireless MCU and Smart RF Transceiver Module	Classic Bluetooth	Bluetooth	---	---	NFBGA 60	---

2.1.1 基于 ARM Cortex-M4 核的蓝牙芯片 ★

CPU CORE: ARM Cortex-M4F, 支持 BLE5.1;

具有 352KB Flash、256KB ROM、80KB SRAM 的存储容量;

	功耗	无线特性	封装
CC2652P 产品概述 数据表 用户指南 勘误表	Active-Mode RX: 6.9 mA – Active-Mode TX 0 dBm: 7.3 mA – Active-Mode TX 5 dBm: 9.6 mA – Active-Mode TX at +10 dBm: 22 mA – Active-Mode TX at +20 dBm: 85 mA – Sensor Controller, Low Power-Mode, 2 MHz, running infinite loop: 30.1 μ A – Sensor Controller, Active-Mode, 24 MHz, running infinite loop: 808 μ A – Standby: 0.94 μ A (RTC on, 80KB RAM and CPU retention) – Shutdown: 150 nA (wakeup on external events)	– 2.4 GHz RF transceiver compatible with Bluetooth 5.1 Low Energy and earlier LE specifications and IEEE 802.15.4 PHY and MAC – Excellent receiver sensitivity: -100 dBm for 802.15.4 (2.4 GHz), -105 dBm for Bluetooth 125-kbps (LE Coded PHY) – Output power up to +20 dBm with temperature compensation	RoHS compliant package 7mm \times 7mm RGZ VQFN48 (26 GPIOs)

<p>CC1352P:</p> <p>产品概述</p> <p>数据表</p> <p>用户指南</p> <p>勘误表</p> <p>硬件设计</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX: 5.8mA (3.6V, 868MHz)、6.9mA (3.0V, 2.4GHz) – 有源模式 TX (+20dBm 时): 63mA (3.3V, 915MHz)、85mA (3.0V, 2.4GHz) – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 2.9mA (60µA/MHz) – 传感器控制器, 低功耗模式, 2MHz, 运行无限循环电流: 30.8µA – 传感器控制器, 有源模式, 24MHz, 运行无限循环电流: 808µA – 待机电流: 0.85µA (RTC 运行, 80KB RAM 和 CPU 保持) – 关断电流: 150nA (发生外部事件时唤醒) 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 5 以及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC 标准兼容的双频带低于 1GHz 和 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: SimpleLink 远距离模式下为 -121dBm 50kbps 下为 -110dBm, 蓝牙 125kbps 时 (LE 编码 PHY) 为 -105dBm – 高达 +20dBm 的输出功率, 具有温度补偿 	<p>7mm × 7mm RGZ VQFN48 (26 GPIO)</p>
<p>CC2652RB</p> <p>产品概述</p> <p>数据表</p> <p>用户指南</p> <p>勘误表</p> <p>硬件设计</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX: 7.3mA – 有源模式 TX: 7.9mA – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 3.4mA (71µA/MHz) – 传感器控制器, 低功耗模式, 2MHz, 运行无限循环电流: 30.8µA – 传感器控制器, 有源模式, 24MHz, 运行无限循环电流: 808µA – 待机电流: 0.9µA (RTC 运行, 80KB RAM 和 CPU 保持) • 无线电部分 – 与低功耗蓝牙 5 以及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC 标准兼容的 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: 802.15.4 (2.4GHz) 标准下为 -100dBm, 低功耗蓝牙 5 编码下为 -101dBm – 高达 +5dBm 的可编程输出功率 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 5 以及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC 标准兼容的 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: 802.15.4 (2.4GHz) 标准下为 -100dBm, 低功耗蓝牙 5 编码下为 -101dBm – 高达 +5dBm 的可编程输出功率 	<p>7mm × 7mm RGZ VQFN48 (31 GPIO)</p>
<p>CC2652R</p> <p>产品概述</p> <p>数据表</p> <p>用户指南</p> <p>勘误表</p> <p>硬件设计</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX: 6.9mA – 有源模式 TX (0dBm): 7.3mA – 有源模式 TX (5dBm): 9.6mA – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 3.4mA (71µA/MHz) – 传感器控制器, 低功耗模式, 2MHz, 运行无限循环电流: 30.8µA – 传感器控制器, 有源模式, 24MHz, 运行无限循环电流: 808µA 	<p>与低功耗蓝牙 5 以及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC 标准兼容的 2.4GHz 射频收发器</p> <ul style="list-style-type: none"> – 出色的接收器灵敏度: 802.15.4 (2.4GHz) 标准下为 -100dBm, 蓝牙 125kbps 时 (LE 编码 PHY) 为 -105dBm – 高达 +5dBm 的输出功率, 具有温度补偿 	<p>7mm × 7mm RGZ VQFN48 (31 GPIO)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – 待机电流: 0.94μA (RTC 运行, 80KB RAM 和 CPU 保持) – 关断电流: 150nA (发生外部事件时唤醒) • 无线电部分 		
CC1352R 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX: 5.8mA (3.6V, 868MHz)、6.9mA (3.0V, 2.4GHz) – 有源模式 TX (0dBm): 8.0mA (3.6V, 868MHz)、7.1mA (3.0V, 2.4GHz) – 有源模式 TX (+14dBm 时): 24.9mA (868MHz) – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 2.9mA (60μA/MHz) – 传感器控制器, 低功耗模式, 2MHz, 运行无限循环电流: 30.8μA – 传感器控制器, 有源模式, 24MHz, 运行无限循环电流: 808μA – 待机电流: 0.85μA (RTC 运行, 80KB RAM 和 CPU 保持) – 关断电流: 150nA (发生外部事件时唤醒) 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 5 以及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC 标准兼容的双频带低于 1GHz 和 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: SimpleLink 远距离模式下为 -121dBm 50kbps 下为 -110dBm, 蓝牙 125kbps 时 (LE 编码 PHY) 为 -105dBm – 高达 +14dBm (低于 1GHz) 和 +5dBm (2.4GHz) 的可编程输出功率, 具有温度补偿 	7mm × 7mm RGZ VQFN48 (28 GPIO)
CC2642R-Q1 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.63 V – 有源模式 RX: 6.9mA – 有源模式 TX (0dBm): 7.3mA – 有源模式 TX (5dBm): 9.6mA – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 3.4mA (71μA/MHz) – 传感器控制器, 低功耗模式, 2MHz, 运行无限循环电流: 31.9 μA – 传感器控制器, 有源模式, 24MHz, 运行无限循环电流: 808.5μA – 待机电流: 0.94μA (RTC 运行, 80KB RAM 和 CPU 保持) – 关断电流: 150nA (发生外部事件时唤醒) 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 5 兼容的 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: 蓝牙 125kbps 时 (LE 编码 PHY) 为 -105dBm 1Mbps PHY 时为 -97dBm – 高达 +5dBm 的输出功率, 具有温度补偿 	7-mm × 7-mm RTC VQFN48 with wettable flanks
CC2642R 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围: 1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX: 6.9mA – 有源模式 TX (0dBm): 7.3mA – 有源模式 TX (5dBm): 9.6mA – 有源模式 MCU 48MHz (CoreMark): 3.4mA (71μA/MHz) 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 5 兼容的 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度: 蓝牙 125kbps 时 (LE 编码 PHY) 为 -105dBm 1Mbps PHY 时为 -97dBm 	7mm × 7mm RGZ VQFN48 (31 GPIO)

	<ul style="list-style-type: none"> – 传感器控制器，低功耗模式，2MHz，运行无限循环电流：30.8μA – 传感器控制器，有源模式，24MHz，运行无限循环电流：808μA – 待机电流：0.94μA (RTC 运行，80KB RAM 和 CPU 保持) – 关断电流：150nA (发生外部事件时唤醒) 	<ul style="list-style-type: none"> – 高达 +5dBm 的输出功率，具有温度补偿 	
--	---	---	--

2.1.2 基于 ARM Cortex-M3 核的蓝牙芯片

CPU CORE: ARM Cortex-M3

	功耗	无线特性	封装
CC2640 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围 – 正常工作电压：1.8V 至 3.8V – 外部稳压器模式：1.7V 至 1.95V – 有源模式 RX：5.9mA – 有源模式 TX (0dBm)：6.1mA – 有源模式 TX (+5dBm)：9.1mA – 有源模式 MCU：61μA/MHz – 有源模式 MCU：48.5 CoreMark/mA – 有源模式传感器控制器：0.4mA + 8.2μA/MHz – 待机电流：1.1μA (RTC 运行，RAM/CPU 保持) – 关断电流：100nA (发生外部事件时唤醒) • 射频 (RF) 部分 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4GHz RF 收发器，符合 Bluetooth 低功耗 (BLE) 4.2 规范 – 出色的接收器灵敏度 (BLE 对应 -97dBm)、可 选择性和 阻断性能 – 102dB (BLE) 的链路预算 – 最高达 +5dBm 的可编程输出功率 – 单端或差分 RF 接口 	封装符合 RoHS 标准 <ul style="list-style-type: none"> – 4mm × 4mm RSM VQFN32 封装 (10 个 GPIO) – 5mm × 5mm RHB VQFN32 封装 (15 个 GPIO) – 7mm × 7mm RGZ VQFN48 封装 (31 个 GPIO)
CC2640R2F-Q1 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围：1.8 至 3.8V – 有源模式 RX：6.1mA – 有源模式 TX (0dBm)：7.0mA – 有源模式 TX (+5dBm)：9.3mA – 有源模式 MCU：61μA/MHz – 有源模式 MCU：48.5 CoreMark/mA – 有源模式传感器控制器：0.4mA + 8.2μA/MHz – 待机电流：1.3μA (RTC 运行，RAM/CPU 保持) – 关断电流：150nA (发生外部事件时) 	<ul style="list-style-type: none"> – 与低功耗蓝牙 (BLE) 4.2 和 5 规范兼容的 2.4GHz 射频收发器 – 出色的接收器灵敏度 (对于低功耗蓝牙 1Mbps 为 -97dBm)、可选择性和阻断性能 – 最高达 +5dBm 的可编程输出功率 – 对于低功耗蓝牙 1Mbps，链路预算为 102dB 	具有可湿性侧面的 7mm × 7mm RGZ VQFN48 封装

	唤醒)		
CC2640R2F 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围：1.8 至 3.8V – 正常工作电压：1.8V 至 3.8V – 外部稳压器模式：1.7V 至 1.95V – 有源模式 RX：5.9mA – 有源模式 TX (0dBm)：6.1mA – 有源模式 TX (+5dBm)：9.1mA – 有源模式 MCU：61μA/MHz – 有源模式 MCU：48.5 CoreMark/mA – 有源模式传感器控制器：0.4mA + 8.2μA/MHz – 待机电流：1.1μA (RTC 运行，RAM/CPU 保持) – 关断电流：100nA (发生外部事件时唤醒) • 射频 (RF) 部分 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4GHz RF 收发器，符合 Bluetooth 低功耗 (BLE) 4.2 和 5 规范 – 出色的接收器灵敏度 (BLE 对应 -97dBm)、可 选择性和 阻断性能 – 102dB (BLE) 的链路预算 – 最高达 +5dBm 的可编程输出功率 – 单端或差分 RF 接口 	封装符合 RoHS 标准 <ul style="list-style-type: none"> – 2.7mm × 2.7mm YFV DSBGA34 封装 (14 个 GPIO) – 4mm × 4mm RSM VQFN32 封装 (10 个 GPIO) – 5mm × 5mm RHB VQFN32 封装 (15 个 GPIO) – 7mm × 7mm RGZ VQFN48 封装 (31 个 GPIO)
CC2640R2L (预发布) 产品概述 数据表 用户指南 勘误表	<ul style="list-style-type: none"> – Wide supply voltage range – Normal operation: 1.8 to 3.8 V – External regulator mode: 1.7 to 1.95 V – Active-mode RX: 5.9 mA – Active-mode TX at 0 dBm: 6.1 mA – Active-mode TX at +5 dBm: 9.1 mA – Active-mode MCU: 61 μA/MHz – Active-mode MCU: 48.5 CoreMark/mA – Standby: 1.5 μA (RTC running and RAM/CPU retention) – Shutdown: 100 nA (wake up on external events) 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4-GHz RF transceiver compatible with Bluetooth low energy 5.1 and earlier LE specifications – Excellent receiver sensitivity (-97 dBm for BLE), selectivity, and blocking performance – Link budget of 102 dB for BLE – Programmable output power up to +5 dBm – Single-ended or differential RF interface 	RoHS-compliant packages <ul style="list-style-type: none"> – 5-mm × 5-mm RHB VQFN32 (15 GPIOs) – 7-mm × 7-mm RGZ VQFN48 (31 GPIOs)
CC2650 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围 • 正常工作电压：1.8V 至 3.8V • 外部稳压器模式：1.7V 至 1.95V – 有源模式 RX：5.9mA – 有源模式 TX (0dBm)：6.1mA – 有源模式 TX (+5dBm)：9.1mA – 有源模式 MCU：61μA/MHz – 有源模式 MCU：48.5 CoreMark/mA 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4GHz RF 收发器，符合 Bluetooth 低功耗 (BLE) 4.1 规范及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC – 出色的接收器灵敏度 (BLE 对应 -97dBm, 802.15.4 对应 -100dBm)、可选择性 和 阻断性能 – 102dB/105dB (BLE/802.15.4) 	封装符合 RoHS 标准 <ul style="list-style-type: none"> – 4mm × 4mm RSM VQFN32 封装 (10 个 GPIO) – 5mm × 5mm RHB VQFN32 封装 (15 个 GPIO) – 7mm × 7mm RGZ VQFN48 封装 (31 个 GPIO)

	<ul style="list-style-type: none"> – 有源模式传感器控制器： 8.2μA/MHz – 待机电流：1μA（RTC 运行，RAM/CPU 保持） – 关断电流：100nA（发生外部事件时唤醒） 	的链路预算 <ul style="list-style-type: none"> – 最高达 +5dBm 的可编程输出功率 – 单端或差分 RF 接口 	
CC2650MODA 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 宽电源电压范围 • 正常工作电压：1.8V 至 3.8V – 有源模式 RX：6.2mA – 有源模式 TX (0dBm)：6.8mA – 有源模式 TX (+5dBm)：9.4mA – 有源模式 MCU：61μA/MHz – 有源模式 MCU：48.5 CoreMark/mA – 有源模式传感器控制器：0.4mA + 8.2μA/MHz – 待机电流：1μA（RTC 运行，RAM/CPU 保持） – 关断电流：100nA（发生外部事件时唤醒） 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4GHz 射频收发器，符合低功耗蓝牙 (BLE) 5.1 规范及 IEEE 802.15.4 PHY 和 MAC – 符合 CC2650MODA RF-PHY 标准 (QDID: 88415) – 出色的接收器灵敏度（蓝牙低功耗对应 -97dBm, 802.15.4 对应 -100dBm）、可选择性以及阻断性能 – 最高达 +5dBm 的可编程输出功率 	16.90mm x 11.00mm MOH（模块）封装
CC2564C 产品概述 数据表 用户指南 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 多种嗅探实例紧密结合，最大程度降低功耗 – 针对低功耗模型进行独立缓冲，允许大量实施多种不同连接，同时不影响 BR 或 EDR 性能 – 适用于 BR、EDR 和低功耗模式的内置共存和优先级处理 – 链路层拓扑散射网功能 - 可以同时作为外围设备和中央设备 – 最多支持 10 个器件的网络 – 最大程度提升通道利用率的时间线优化算法 – 片上电源管理，包括直接连接电池 – 激活、待机和扫描蓝牙模式的功耗较低 – 可最大程度降低功耗的关断和休眠模式 	<ul style="list-style-type: none"> – 第一类 TX 功率高达 +12dBm – 内部温度检测和补偿，确保 RF 性能在温度范围内变化最小，无需使用外部校准 – 适应时间最短的改进型自适应跳频 (AFH) 算法 – 范围更大，涵盖其他仅提供低功耗模式的解决方案范围的二倍 	76 引脚，间距为 0.6 mm，8mm×8mm (VQFN-P-MR)

2.1.3 基于 8051 核的蓝牙芯片

CPU CORE: 8051

	功耗	特性	封装
CC2540T 产品概述 数据表 用户手册 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 有源模式 RX 低至 19.6mA – 有源模式 TX (–6dBm): 24mA – 功率模式 1 (3μs 唤醒时间): 235μA – 功率模式 2 (睡眠定时器打开): 0.9μA – 功率模式 3 (外部中断): 0.4μA – 宽电源电压范围 (2V–3.6V) – 在所有功率模式下具有完全 RAM 和寄存器保持 • 兼容 TPS62730, 工作模式下功耗较低 – RX 低至 15.8mA (3V 电源) – TX (–6dBm): 18.6mA (3V 电源) 	<ul style="list-style-type: none"> – Bluetooth®低能耗技术 – 优异的链路预算 (最高可达 97dB), 支持 不带外部前端的远距离应用 – 精确的数字接收信号强度指示器 (RSSI) 	6mm x 6mm VQFN40 封装
CC2541 产品概述 数据表 勘误表 硬件设计	<ul style="list-style-type: none"> – 工作模式 RX 低至: 17.9 mA – 工作模式 TX (0 dBm): 18.2 mA – 功率模式 1 (4-μs 唤醒): 270 μA – 功率模式 2 (睡眠定时器打开): 1 μA – 功率模式 3 (外部中断): 0.5 μA – 宽电源电压范围 (2 V–3.6 V) • 工作模式下 TPS62730 兼容低功耗 – RX 低至: 14.7 mA (3-V 电源) – TX (0 dBm): 14.3 mA (3V 电源) 	<ul style="list-style-type: none"> – 2.4-GHz Bluetooth 符合低能耗规范和私有的 RF 片载系统 – 支持 250-kbps, 500-kbps, 1-Mbps, 2-Mbps 制器内核的数据速率 – 出色的链路预算, 不使用外部前段而支持长距离应用 – 高达 0 dBm 的可编程输出功率 – 出色的接收器灵敏度 (1 Mbps 时为 –94dBm), 可选择性, 和阻挡性能 	6-mm × 6-mm 方形扁平无引脚 (QFN)-40 封装
CC2541-Q1 产品概述 数据表	低功耗 – 高级加密标准 (AES) 安全协处理器 <ul style="list-style-type: none"> – 工作模式 RX 低至: 18.3 mA – 工作模式 TX (0 dBm): 18.6 mA – 功率模式 1 (4-μs 唤醒): 270 μA – 功率模式 2 (睡眠定时器打开): 1 μA – 功率模式 3 (外部中断): 0.5 μA – 宽电源电压范围 (2 V–3.6 V) 	支持 250kbps、500kbps、1Mbps 和 2Mbps 数据速率	– 6mm × 6mm 四方扁平无引线 (QFN)-40 封装

2.1.3 其余蓝牙芯片

其余蓝牙芯片：

1. CC2564MODA

- ❖ [产品概述](#);
- ❖ [数据表](#) (datasheet);

CC2564MODN

- ❖ [产品概述](#);
- ❖ [数据表](#) (datasheet);
- ❖ 相关资料:
 - [CC256x Hardware Design Checklist](#)
 - [CC256x Reference Design Files](#)
 - [CC256xC Reference Design Files](#)
 - [CC256x QFN PCB Guidelines](#)

2. LMX9830

- ❖ [产品概述](#);
- ❖ [数据表](#) (datasheet);
- ❖ 封装: [NFBGA \(N2B\)](#) 6054 mm² 9 x 6;

2.2 开发板参考设计

该部分包含了 2.1 部分大多数芯片的参考设计,您可以查阅到不同芯片的参考设计的基本设计的注意点,包括硬件设计完整资料,板子设计指南,应用学习以及一些关键硬件设计问题。

2.2.1 SimpleLink™ 多频带 CC1352P 无线 MCU LaunchPad

- ❖ SimpleLink™ 多频带 CC1352P 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件[概要](#);
- ❖ LaunchPad [用户指南](#) (板子外形及 port);
- ❖ CC1352P LaunchPad [硬件设计完整资料](#) (包括原理图, pcb, 器件选型等等);
- ❖ CC1352P 硬件设计注意事项:
 - [RF PCB Simulation Cookbook](#);
 - [Z-Stack End Dev Pwr Cons Measuremen w/ the SimpleLink™ Wireless MCU Family](#);

- [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#) ;
- [Matched Filter Balun for CC1352 and CC1352P](#);

2.2.2 SimpleLink™ 无晶振 BAW CC2652RB 多协议 2.4GHz 无线 MCU LaunchPad

- ❖ SimpleLink™ 无晶振 BAW CC2652RB 多协议 2.4GHz 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件[概要](#);
- ❖ LaunchPad [用户指南](#) (板子外形及 port);
- ❖ CC2652RB LaunchPad [硬件设计完整资料](#) (包括原理图, pcb, 器件选型等等);
- ❖ CC2652RB 硬件设计注意事项:
 - [Going crystal-less is easy with the world's first crystal-less, wireless SimpleLink™ MCU](#) ;
 - [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#);
 - [CC2538/CC26x0/CC26x2 Serial Bootloader Interface Application Report](#);

2.2.3 SimpleLink™ 多标准 CC26x2R 无线 MCU LaunchPad

- ❖ SimpleLink™ 多标准 CC26x2R 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件[概要](#);
- ❖ LaunchPad [用户指南](#) (板子外形及 port);
- ❖ CC2652RB LaunchPad [硬件设计完整资料](#) (包括原理图, pcb, 器件选型等等);
- ❖ CC2652RB 硬件设计注意事项:
 - [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#) ;
 - [CC2538/CC26x0/CC26x2 Serial Bootloader Interface Application Report](#);
 - [Hardware Migration From CC26x0 to CC26x2R](#);
- ❖ CC26x2 应用参考
 1. [探索车内低功耗蓝牙®连接趋势](#);
 2. [CC2652LP 驱动 \$\Delta \Sigma\$ ADC - ADS1261](#);
 3. [了解有关 TI BAW 技术的 5 项技术要点](#);

2.2.4 SimpleLink™ 多频带 CC1352R 无线 MCU LaunchPad

- ❖ SimpleLink™ 多频带 CC1352R 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件[概要](#);
- ❖ LaunchPad [用户使用指南](#) (板子外形及 port);

- ❖ CC2652RB LaunchPad [硬件设计完整资料](#)（包括原理图，pcb，器件选型等等）；
- ❖ CC1352R 硬件设计注意事项：
 - [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#) ；
 - [Your microcontroller deserves a nap – designing “sleepy” wireless applications](#) ；
 - [How to create a robust building security system with TI's SimpleLink MCU platform](#) ；
 - [5 things to know about the newest devices of the SimpleLink MCU platform](#) ；
- ❖ CC1352 应用参考：
 1. [CC1352P Sensorcontroller 控制光照传感器 OPT3004 及功耗实测](#)；
 2. [利用 SimpleLink™单片机平台在各个频带和协议实现创新、加速及连接](#)；
 3. [开箱即用的物联网：构建一个无缝、安全的智能家居网络](#)；

2.2.5 CC2650 LaunchPad/评估板

2.2.5.1 CC2650 LaunchPad

- ❖ CC2650 LaunchPad [概要](#)；
- ❖ LaunchPad [用户使用指南](#)；
- ❖ CC2650 LaunchPad [硬件设计完整资料](#)；
- ❖ CC2650 硬件设计注意事项：
 - [关于 CC26x0 移植到 CC26x2R SimpleLink™的硬件注意事项](#)；
 - [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#) ；
 - [CC2538/CC26x0/CC26x2 Serial Bootloader Interface Application Report](#)；
- ❖ CC2650 应用参考：
 1. [如何快速设计红外体温检测仪？德州仪器为你支招！](#)
 2. [利用全新 SimpleLink™ MCU 平台快速扩展互联解决方案](#)
 3. [切断最后的电线，释放工业](#)
 4. [电子技术帮助脑部治疗探索全新领域](#)
 5. [Bluetooth Smart 的新应用、新时代](#)
 6. [使用 SimpleLink 超低功耗（ULP）无线 MCU 平台能让功耗创新低](#)
 7. [在全球任何地方均可控制超低功耗 CC2650 无线微控制器（MCU）](#)

2.2.5.2 CC2650 评估板

- [SimpleLink CC2650 Evaluation Module Kit Quick Start Guide](#)；
- [CC2640/CC2650 Bluetooth low energy Software Developer's Guide](#) ；
- [Configuring the CC2640 for Bluetooth® Direct Test Mode](#)；
- [CC2640 Wireless MCU DC Supply Evaluation](#)；

2.2.6 SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® CC2640R2F 无线 MCU LaunchPad

- ❖ SimpleLink™ 低功耗 Bluetooth® CC2640R2F 无线 MCU LaunchPad™ 开发套件[概要](#);
- ❖ CC2640R2F LaunchPad [硬件设计完整资料](#);
- ❖ CC2640R2F LaunchPad [用户使用指南](#);

- ❖ CC2640 硬件设计注意事项:
 - [CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#) ;
 - [CC2538/CC26x0/CC26x2 Serial Bootloader Interface Application Report](#);
 - [Understanding security features for SimpleLink™ Bluetooth® low energy CC2640R2F MCUs](#);
 - [Running Bluetooth® Low Energy on CC2640 Without 32 kHz Crystal](#);
 - [CC2640 纽扣电池供电设计技巧](#);
 - [增加 CC2640R2F Bluetooth® 低功耗无线 MCU 的 RAM 大小](#);
- ❖ CC2640R2 应用参考:
 1. [如何快速设计红外体温检测仪? 德州仪器为你支招!](#)
 2. [探索车内低功耗蓝牙®连接趋势](#)
 3. [低功耗 Bluetooth®技术助力实现汽车门禁系统变革](#)
 4. [多波长光学测量, 实现传统的 SpO2 测量无法实现的功能](#)
 5. [在低功耗 Bluetooth® PEPS 系统中添加 CAN 节点](#)
 6. [TWS 蓝牙耳机介绍及 TI 低功耗方案](#)
 7. [工程师将智能高科技编入时尚服装, 以帮助抑制青少年肥胖症](#)
 8. [汽车新热点: T-BOX 系统解决方案深度剖析之无线连接单元](#)
 9. [一个电池组为您的智能锁供电五年](#)
 10. [在空间有限的嵌入式应用中增加性能](#)
 11. [蓝牙®低功耗技术如何革新医疗健康领域](#)
 12. [使用新的认证模块, 轻松向现有的 MCU 添加低功耗蓝牙®](#)
 13. [利用 “TI” 技术突破手语交流障碍”](#)
 14. [用 Smart-me 简化您的智能家居](#)
 15. [SimpleLink MCU 平台全面解析! TI 究竟为物联网 \(IoT\) 带来一个什么惊喜?](#)

2.2.7 CC2540 USB 评估模块套件

- ❖ CC2540 USB 评估模块套件[概要](#);
- ❖ [CC2540/41 Bluetooth Low Energy Software Developer's Guide](#);
- ❖ [CC2540 USB Evaluation Kit Quick Start Guide](#);
- ❖ CC2540 应用参考:
 1. [如何使用 MCU 构建智能恒温器 —— 通过 7 个步骤可实现目标!](#)
 2. [低功耗蓝牙无线连接设计, So easy!](#)
 3. [TI 2014 四季度最热参考设计](#)

2.2.8 CC2541 迷你开发套件

- ❖ [CC2541 迷你开发套件概要;](#)
- ❖ [CC2541 迷你开发套件 Quick Start Guide;](#)
- ❖ [CC2540/41 Bluetooth Low Energy Software Developer's Guide;](#)
- ❖ CC2541 应用参考:
 1. [探索车内低功耗蓝牙®连接趋势](#)
 2. [汽车新热点: T-BOX 系统解决方案深度剖析之无线连接单元](#)
 3. [360 度全景拍摄: 透过“蝇眼”看世界](#)
 4. [斯坦福大学生发明袖珍型科学实验室](#)
 5. [TI 团队携手 LeapFrog 研发下一代教育娱乐产品](#)
 6. [医疗应用上的 MSP430 参考设计](#)
 7. [【工业参考设计精选—6】支持蓝牙低功耗的气体传感器平台](#)
 8. [【医疗参考设计精选—1】支持 BLE 连接的光学心率监视器参考设计](#)

2.2.9 Dual-Mode Bluetooth® CC2564 Evaluation Board

- ❖ [Dual-Mode Bluetooth® CC2564 Evaluation Board Quick Start Guide;](#)
- ❖ [Dual-Mode Bluetooth® CC2564 Evaluation Board User's Guide;](#)

2.3 硬件设计关键点

1. [Debugging Communication Range](#)
2. [Enabling Wireless Firmware Update for SimpleLink™ Bluetooth® low energy Applications](#)
3. [RF PCB Simulation Cookbook](#)
4. [Z-Stack End Dev Pwr Cons Measuremen w/ the SimpleLink™ Wireless MCU Family](#)
5. [Going crystal-less is easy with the world's first crystal-less, wireless SimpleLink™ MCU](#)
6. [蓝牙功耗计算](#)
7. [Measuring CC13xx and CC26xx current consumption](#)
8. [How to Qualify Your Bluetooth® Low Energy Product](#)
9. [CC-Antenna-DK2 and Antenna Measurements Summary](#)
10. [Crystal Oscillator and Crystal Selection for the CC26xx and CC13xx Wireless MCUs](#)
11. [适用于 Bluetooth® 低功耗的 ETSI EN 300 328 RX 阻塞测试](#)

3. 软件设计

软件设计部分作为用户使用 TI SimpleLink 无线 MCU 平台开发应用程序和产品的路线图和指南, 提供了蓝牙开发的[相关的软件](#)。无论是经验丰富的开发人员还是刚刚起步的 TI, TI 都创建了各种资源来简化平台上的开发。从现成的演示到生产, 这些资源将帮助您增强使用 TI SimpleLink 软件开发套件 (C) 的体验。

首先帮助您进行软件环境的搭建，包括 SDK 和 IDE 的下载和安装，其次会帮助您进行工程的建立和 demo 例程的实现，让您快速上手软件的设计。

3.1 SDK

SimpleLink SDK([sdk 用户手册](#))提供的组件使工程师能够在 SimpleLink 无线微控制器(MCU)上开发应用程序。此功能强大的软件工具包通过打包基本软件组件（例如，支持基于 OpenThread 的 Bluetooth 5，Thread 1.1 网络堆栈的 Bluetooth®低功耗（BLE）协议栈，TI 的 15.4 堆栈，RF 专有示例，Zigbee 堆栈以及 TI-RTOS 内核和 TI 驱动程序，以及一个易于使用的软件包以及示例应用程序和详尽的文档），为所有 SimpleLink 无线 MCU 用户提供了一致的软件体验。此外，动态多协议管理器（DMM）软件组件可通过时分复用在单个 SimpleLink 无线 MCU 上实现多协议开发。SDK 组件和其他模块的关系如下图 3.1 所示：

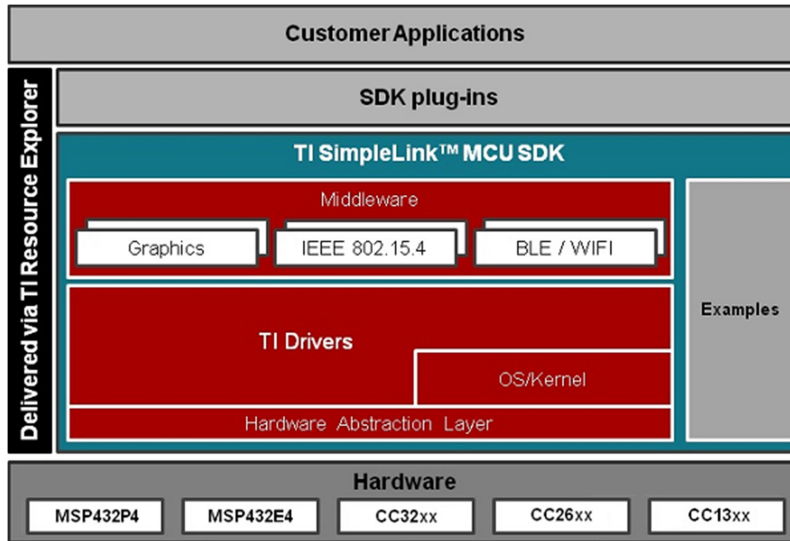


图 3.1

以下是 SDK 的整体目录结构：



图 3.2

- **Examples:** 提供了大量的实际可应用的参考例程，可以跑在相应的板子上，包括基于 rtos 的例程和非 rtos 的例程；
- **Kernel:** 包含了使用 TI-RTOS 内核和 FreeRTOS 内核所需的文件。内核实现了 DPL 和 POSIX 层，这允许 SDK 应用程序在支持的内核之间切换。
- **Source:** 包含了大量的编译实际代码时的源文件，库文件等相关文件
- **Docs:** 包含了以上各个模块的使用指南。

相关信息:

[TI 实时操作系统简单概要](#)

[BLE 协议栈的详细介绍](#)

[深入浅出理解低功耗蓝牙 \(BLE\) 协议栈](#)

3.1.1 SimpleLink™ CC13x2_26x2 SDK

3.1.1.1 SDK 基本部分

该平台可支持的设备包括 CC1312R、CC2642R、CC1352P、CC2652R、CC1352R、CC2652RB 等。

- ❖ [CC13x2_26x2 SDK 概要](#);
- ❖ [CC13x2_26x2 SDK 入门指南](#);
- ❖ [最新 SDK 下载](#) (内含过去版本 sdk) (需要注意的是直接从 dev.ti.com 上直接下载的 sdk 是个压缩包, 和以上链接下载的 sdk.exe 不同, 最终安装的内容有差异, 推荐 sdk.exe 的方式);

3.1.1.2 Bluetooth® 5 (BLE-Stack)

- ❖ [CC13x2_26x2 BLE-Stack 用户手册](#);
- ❖ [CC13x2_26x2 BLE-SDK 工程使用快速入门指南](#);
- ❖ [BLE debug 指导](#);
- ❖ [CC13x2_26x2 SDK 蓝牙协议栈版本移植指南](#);
- ❖ [CC13x2_26x2 SDK API 参考](#);

3.1.1.3 BLE 模块实验教程

BLE 模块实验教程 (包括蓝牙间的连接建立, 各种参数模式的配置等等):

1. [Bluetooth Low Energy Fundamentals](#)
2. [Bluetooth Low Energy Scanning and Advertising](#)
3. [Bluetooth Low Energy Connections](#)
4. [Bluetooth Low Energy 5 PHY - 1M, 2M and Coded](#)
5. [Bluetooth low energy Custom Profile](#)
6. [Bluetooth Low Energy Enhanced Over the Air Download \(OAD\)](#)
7. [Bluetooth low energy Security Fundamentals](#)
8. [BLE Coexistence Configuration - Getting started with PTA coexistence for CC13x2 or CC26x2](#)
9. [Advanced Security Features](#)

3.1.1.4 Q&A

1. 问: 如何用 [CC2640R2F](#)/ CC26x2R 和 [CC1352R](#) 开发蓝牙 5 (BLE5) 应用程序, 包括远程连接、高速度 (2 Mbps) 和广告扩展 (AE) ?

答: 首先, 请确保下载包含 TI 蓝牙 5 协议栈 (BLE5-Stack) 的 SDK。每个支持 BLE5 的 SDK 均包含相关 BLE5 功能的说明文档和示例应用程序。另外, 为能够更好地理解蓝牙 5 技术, 请确保 BLE 论坛的 [Bluetooth® 5 Is Here: Top Five Questions Answered](#)

2. 问：如何将 TI OAD 配置文件添加到我的智能手机应用程序？

答：德州仪器提供的库可简化将 TI OAD 配置文件添加到智能手机应用程序的过程。该库包含实现 TI BLE 配置文件的功能，如 Simplelink Starter Apps ([Android](#))/([iOS](#)) 中所示。对于 iOS，TI 提供了一个 [cocoapod](#)。将“ti_oad”添加到您的 pod 文件中，可实现自动安装。

对于 Android，德州仪器提供了一个 Android Studio module。

3. 问：支持 HomeKit 吗？

答：CC26x2R 上支持 HomeKit，通过 [SimpleLink™ 软件开发工具包 \(SDK\) 插件启用](#)。
【[SimpleLink™ software development kit \(SDK\) plug-in for HomeKit .](#)】

4. 问：如何将固件烧录到 CC13xx/CC26xx 器件？

答：所有开发套件都已预先内置了演示固件，但是单独购买的 CC26xx 器件的内部存储器内容为空白/已擦除。包括 [CC2650MODA](#) 模块在内的这些器件可以使用支持的 JTAG 编程器（请参见上面调试器一节）或通过 CC26xx ROM 串行引导程序进行编程。有关如何使用 ROM 引导加载程序对 CC26xx 进行编程的更多详细信息，请参见 CC26xx TRM (SWCU117) 应用指南的 Bootloader [SWRA466](#)。

问：我可将 CC 调试器与 CC26XX 一起使用吗？

答：很遗憾，不可以。CC26XX/CC13XX 系列使用 cJTAG 或 4-pin JTAG 作为其调试接口，而 CC Debugger 不支持。

5. 问：每个 CC13xx/CC26xx BLE 无线 MCU 是否具有唯一的蓝牙器件地址 (BDADDR)？

答：是的，德州仪器的所有 BLE 无线 MCU 均已把一个唯一的 48 位 IEEE BDADDR 预编程到芯片的工厂配置区域 (FCFG)。在生产过程中，德州仪器会为芯片提供由 TI 专属的 24 位 IEEE OUI 模块之一生成的 BDADDR。使用 TI 编程的 IEEE 地址不收取额外费用。可以在[此处](#)的 IEEE 网站上找到 OUI 列表。请注意：我们只能保证 BDADDR 是唯一的，不保证是连续的或者来自同一德州仪器 OUI 模块，即使是同一批芯片。除非已将 secondary address 编程到客户配置区域 (CCFG)，或者在 BLE 协议栈初始化过程中应用程序通过供应商特定的 HCI 命令指定了备用地址，否则 IEEE BDADDR 将用作器件的公共蓝牙身份地址。可使用 JTAG 编程工具（例如 Flash Programmer 2 或 [Uniflash](#)）或通过调用 HCI_ReadBDADDRCmd API 从软件读取器件的 BDADDR。

6. 问：是否有适用于 Linux 或 Mac 的 [BLE-Stack](#) SDK 安装包？

答：[CC2640/CC2650](#) 的 [BLE-Stack](#) SDK 安装程序适用于 Windows®7 和更高版本的 Windows PC 系统。一些社区用户提供并分享了在非 Windows 系统上安装的建议。有关在 Linux 系统上安装的建议，请参见[此贴](#)。从 [BLE-Stack](#)v2.2 着手，SDK “tools” 文件夹中提供了 lib_search.exe 和 frontier.exe 工具的 python 源。该源应有助于在非 Windows 主机系统上运行这些工具。

从用于 [CC2640R2F](#)、[CC2642R](#)、[CC2652R](#) 和 [CC1352R](#) 器件的 SimpleLink SDK 2.20 开始，在受支持的 Windows、Linux 和 macOS 平台上启用了主机构建支持。有关特定于平台的构建选项，请参阅相应器件的 SDK release note。

7. 问：如何同时进行主从器件（即 Peripheral & Central ）连接？

答：请在“ble_examples” repo 下的 SimpleLink GitHub [页面](#)上查看 multi-role 示例应用。使用 multi-role 示例应用程序，可以在任何 GAP 角色（Peripheral 或 Central）

下建立多设备同时连接。对于 CC2640R2、CC13x2 和 CC26x2 SDK，该 SDK 中包含 multi-role 例程。

3.1.2 SimpleLink™ CC2640R2 SDK

3.1.2.1 SDK 基本部分

- ❖ CC2640R2 SDK [概要](#);
- ❖ [CC2640R2 SDK 入门指南](#);
- ❖ [最新 SDK 下载](#) (内含过去版本 sdk);

3.1.2.2 Bluetooth® 5 / 3.x(BLE-Stack)

3.1.2.2.1 Bluetooth® 5(BLE-Stack)

- ❖ [CC2640R2 BLE-Stack 用户手册](#);
- ❖ [CC2640R2 BLE-SDK 工程使用快速入门指南](#);
- ❖ [BLE debug 指导](#);
- ❖ CC2640R2 SDK [蓝牙协议栈版本移植指南](#);
- ❖ [CC2640R2 SDK API 参考](#);

3.1.2.2.2 Bluetooth® 3.x (BLE-Stack)

- ❖ [CC2640R2 BLE-Stack 用户手册](#);
- ❖ [CC2640R2 BLE-SDK 工程使用快速入门指南](#);
- ❖ [BLE debug 指导](#);
- ❖ CC2640R2 SDK [蓝牙协议栈版本移植指南](#);
- ❖ CC2640R2 SDK [API 参考](#);

3.1.2.2.3 BLE-Stack-Q&A

1. 问: [BLE-Stack](#) v3. x 和 BLE5-Stack v1. x 协议栈有什么区别?

答: 当今许多器件仍使用蓝牙 4. 0-4. 2 的功能, 因此 TI 在 [SIMPLELINK-CC2640R2-SDK](#) 中包括了内存优化的蓝牙 4. 2 协议栈 ([BLE-Stack](#))。该协议栈支持所有蓝牙 4. x 器件, 且经过内存优化, 可为应用程序提供高达 80 kB 的闪存。为利用蓝牙 5 的尖端性能, TI 添加了新的协议栈 [BLE5-Stack](#), 其包括了蓝牙 4. x 的所有现有功能, 还增加了对蓝牙 5 高速、远程和广播扩展模式的支持。

2. 问: CC2640R2 SDK 和 [BLE-Stack](#) SDK 有什么区别?

答: CC2640R2 SDK 使用德州仪器的新的 SDK 布局, 这是 SimpleLink MCU 常见的布局。此类 SDK 格式使用一致的目录和命名约定、安装过程和核心 RTOS 接口, 为使用 SimpleLink MCU 的客户提供便利。[BLE-Stack](#) v3. 0. 1 现在作为一个组件合并到 CC2640R2 SDK 中。

[BLE-Stack](#) SDK 先前提供的所有功能（包括 TI-RTOS）现都包含在 CC2640R2 SDK 中。也可以通过 dev.ti.com 上的 TI Resource Explorer 访问 CC2640R2 SDK。

3. 问：[CC2640R2F](#) SDK 是否支持 [CC2640](#)/[CC2650](#)/[CC1350](#) 无线 MCU？

答：否，CC2640R2 SDK 仅支持 [CC2640R2F](#) 器件。如要在其他蓝牙低功耗的 SimpleLink 无线 MCU 上使用 [BLE-Stack](#)，请使用 [BLE-Stack](#) v2.2.x SDK。

4. 问：如果我改用 [CC2640R2F](#)，是否需要重新认证我的产品？

答：相对于 [CC2640](#)/[CC2650](#) 器件，[CC2640R2F](#) 的频率确定电路没有变化，因此它与 [CC2640](#)/[CC2650](#) 有相同的 RF PHY 性能。德州仪器建议与认证的测试实验室联系，以解决与法规遵从性有关的所有问题和主题，包括如何将现有的经过认证的设计升级到 [CC2640R2F](#)。为获得蓝牙 SIG 认证，所有 SimpleLink CC26x0 和 [CC1350](#) BLE 无线 MCU 均使用相同的蓝牙 5.1 协议栈合格设计 ID (QDID)。请注意：更改应用程序所使用的协议栈配置（例如从 BT 4.1 更改为 4.2）或更改任何电路板布局都可能需要重新认证。请检查蓝牙 SIG 网站上的认证要求。可在蓝牙认证应用指南 [SWRA601](#) 中找到其他认证详细信息。德州仪器创建了一个应用指南 [硬件迁移：从 CC2640F128 到 CC2640R2F](#) (SWRA535)，从 [CC2640](#) 过渡到 [CC2640R2F](#) 时，可参考该指南以获取更多与硬件相关的详细信息。

3.1.2.3 BLE 模块实验教程

BLE 模块实验教程（包括蓝牙间的连接建立，各种参数模式的配置等等）：

1. [Bluetooth Low Energy Fundamentals](#)
2. [Bluetooth Low Energy Scanning and Advertising](#)
3. [Bluetooth Low Energy Connections](#)
4. [Bluetooth low energy Custom Profile](#)
5. [Bluetooth Low Energy and TI Drivers](#)
6. [Bluetooth Low Energy Enhanced Over the Air Download \(OAD\)](#)
7. [Bluetooth low energy Security Fundamentals](#)
8. 视频参考：[SimpleLink Academy: Develop your Bluetooth® low energy project](#)

3.1.2.4 Q&A

1. 问：在哪里可以找到有关包括传感器详细信息、固件、服务/配置文件、PC 和智能手机应用程序等在内的 [CC2650](#) SensorTag 的更多信息？

答：可在 SensorTag 工具文件夹中找到有关 SensorTag [工具文件夹](#)、传感器、原理图、BLE 自定义传感器配置文件以及如何从 PC 或智能手机访问的详细技术信息。

[BLE-Stack](#) SDK 中提供了 SensorTag 固件——源代码和预构建的 hex 格式提供。可使用 SmartRF Flash Programmer 2 和受支持的 jtag 调试器进行编程。

2. 问：[CC2650](#) & [CC2640](#) SDK 有什么区别？ 如何从 [CC2650](#) 迁移到 [CC2640](#) 或不同的封装尺寸？

答：多标准 [CC2650](#) 无线 MCU 支持 BLE 以及其他无线协议，如 802.15.4。[CC2640](#) 仅支持低功耗蓝牙，建议将其用于完全基于 BLE 的设计。[BLE-Stack](#) v2.x SDK 生成的所有代码都与相同 QFN 封装的 [CC2650](#) 和 [CC2640](#) 兼容，因此，从基于 [CC2650](#) 的开发套件切换到基于 [CC2640](#) 的自定义电路板时，无需移植。此外，用于 [CC2650](#) 和 [CC2640](#) 的 [BLE-Stack](#) v2.x SDK 中的 IDE 项目配置设置相互兼容；但是，强烈建议**不要更改** IDE 中的 CPU 设置。尽管 [CC2650](#) 具有支持其他无线协议的 HW 和 ROM 功能，但是给定的软件只能支持一种无线协议。多标准 [CC2650](#) 无线 MCU 的开发套件适用于基于 [CC2640](#) 的自定义电路板设计的开发。如要使用 [CC2640R2F](#) 进行开发，需要用到 CC2640R2 LaunchPad，请参见上述套件描述。所有封装选项的软件编程界面均相同。当从一种封装选项更改为另一种封装选项（例如从 7x7 到 4x4 QFN）时，仅需要考虑电路板文件中定义的 DIO 数量，以及 RF 布局（如需要的话）。有关 [CC2640R2F](#) 的详细概述，请参见[专门章节](#)。德州仪器建议所有新的 BLE 设计都使用 [CC2640R2F](#)，以提高应用程序可用的闪存。

3. 问：有 GitHub 页面吗？

答：有！演示 [CC2640](#) / [CC2640R2F](#) 的其他高级 BLE 功能的示例项目，例如通过 BLE 和 Multi-Role 实现最大的数据吞吐量——根据配置，最多可同时连接 8 个从机，可在 TI SimpleLink GitHub [页面](#)上找到。请参阅“ble_examples”repo，以获取如何访问与先前 BLE Stack SDK 版本相关的示例的说明。

4. 问：如何将固件烧录到 CC13xx/CC26xx 器件？

答：所有开发套件都已预先内置了演示固件，但是单独购买的 CC26xx 器件的内部存储器内容为空白/已擦除。包括 [CC2650MODA](#) 模块在内的这些器件可以使用支持的 JTAG 编程器（请参见上面调试器一节）或通过 CC26xx ROM 串行引导程序进行编程。有关如何使用 ROM 引导加载程序对 CC26xx 进行编程的更多详细信息，请参见 CC26xx TRM (SWCU117) 应用指南的 Bootloader [SWRA466](#)。

问：我可将 CC 调试器与 CC26XX 一起使用吗？

答：很遗憾，不可以。CC26XX/CC13XX 系列使用 cJTAG 或 4-pin JTAG 作为其调试接口，而 CC Debugger 不支持。

5. 问：每个 CC13xx/CC26xx BLE 无线 MCU 是否具有唯一的蓝牙器件地址（BDADDR）？

答：是的，德州仪器的所有 BLE 无线 MCU 均已把一个唯一的 48 位 IEEE BDADDR 预编程到芯片的工厂配置区域（FCFG）。在生产过程中，德州仪器会为芯片提供由 TI 专属的 24 位 IEEE OUI 模块之一生成的 BDADDR。使用 TI 编程的 IEEE 地址不收取额外费用。可以在[此处](#)的 IEEE 网站上找到 OUI 列表。请注意：我们只能保证 BDADDR 是唯一的，不保证是连续的或者来自同一德州仪器 OUI 模块，即使是同一批芯片。除非已将 secondary address 编程到客户配置区域（CCFG），或者在 BLE 协议栈初始化过程中应用程序通过供应商特定的 HCI 命令指定了备用地址，否则 IEEE BDADDR 将用作器件的公共蓝牙身份地址。可使用 JTAG 编程工具（例如 Flash Programmer 2 或 [Uniflash](#)）或通过调用 HCI_ReadBDADDRCmd API 从软件读取器件的 BDADDR。

6. 问：是否有适用于 Linux 或 Mac 的 [BLE-Stack](#) SDK 安装包？

答：[CC2640/CC2650](#) 的 [BLE-Stack](#) SDK 安装程序适用于 Windows®7 和更高版本的 Windows PC 系统。一些社区用户提供并分享了在非 Windows 系统上安装的建议。有关在 Linux 系统上安装的建议，请参见[此贴](#)。从 [BLE-Stack](#) v2.2 着手，SDK “tools” 文件夹中提供了

lib_search.exe 和 frontier.exe 工具的 python 源。该源应有助于在非 Windows 主机系统上运行这些工具。

从用于 [CC2640R2F](#)、[CC2642R](#)、[CC2652R](#) 和 [CC1352R](#) 器件的 SimpleLink SDK 2.20 开始，在受支持的 Windows、Linux 和 macOS 平台上启用了主机构建支持。有关特定于平台的构建选项，请参阅相应器件的 SDK release note。

7. 问：如何在应用程序中添加 UART 或 SPI

答：可使用多个选项将串行通信添加到蓝牙低功耗应用程序。请参阅 [TI BLE Wiki](#) 文章：“[CC2640 串行通信](#)”。

8. 问：如何同时进行主从器件（即 Peripheral & Central ）连接？

答：请在 “ble_examples” repo 下的 SimpleLink GitHub [页面](#) 上查看 multi-role 示例应用。使用 multi-role 示例应用程序，可以在任何 GAP 角色（Peripheral 或 Central）下建立多设备同时连接。对于 CC2640R2、CC13x2 和 CC26x2 SDK，该 SDK 中包含 multi-role 例程。

9. 问：[CC2640R2F](#) 与现有的 BLE 芯片 SimpleLink [CC2640/CC2650/CC1350](#) 等有何区别？

答：除支持 BLE5 新的 PHY 功能之外，[CC2640R2F](#) 的非易失性（NV）存储器映射布局也得到了更新，并且 ROM 中内置了最新的 BLE 4.2 主机和控制器协议栈。这些更新将先前存于 CC26xx 无线 MCU 上闪存中的协议栈代码移至 ROM，从而允许客户在 flash 中存放更大的应用程序。除这些更改外，大多数系统和性能规范与 [CC2640/CC2650](#) 无线 MCU 相同，包括 Cortex-M3 应用 CPU、RAM 大小、RF 内核和传感器控制器引擎接口。

10. 问：[CC2640R2F](#) 是否与现有 [CC2640/CC2650](#) 无线 MCU 兼容？

答：[CC2640R2F](#) 与封装相同的 [CC2650/CC2640](#) pin-to-pin 兼容。这意味着您可将 [CC2640R2F](#) 置于现有的电路板布局中——该电路板使用相同 QFN 封装尺寸的 [CC2640](#) 或 [CC2650](#)。此外，可以用 [CC2640R2F](#) 替代现有的 CC26xx BLE 参考设计中。除更新 NV 存储布局以支持更大的客户应用程序外，大多数器件规格与 [CC2640/CC2650](#) 相同。其他详细信息，请参见 [CC2640R2F](#) 数据手册。请注意，[CC2640R2F](#) 仅支持低功耗蓝牙（BLE）。

11. 问：我的 [CC2640/CC2650](#) BLEfirmware 是否与 [CC2640R2F](#) 兼容？

答：通常来讲，[BLE-Stack](#) v2 API 和应用程序框架基本相同，包括 GAP/GATT 和 TI-RTOS 接口。但是，由于更新了 NV 存储器映射布局，因此您不能在 [CC2640/CC2650](#) 和 [CC2640R2F](#) 无线 MCU 之间使用相同的 binary firmware image。CC2640R2 SDK 中提供了迁移指南，其中包含将现有 [BLE-Stack](#) v2.2 应用程序移植到 [CC2640R2F](#) 的说明。

12. 问：如何开发 [CC2640R2F](#) 应用程序以使用蓝牙 5？

答：德州仪器现已更新 [SIMPLELINK-CC2640R2-SDK](#) v2.30.00.28。其具有经过蓝牙 5 生产认证的协议栈组件（ble5stack），支持新的 BLE 5 2Mbps 高速模式、LE coded PHY（远距离模式）和广播扩展（AE）功能。随附的 simple_peripheral 和 simple_central 例程已通过示例代码进行了更新，以利用这些功能。

许多情况下，更新现有 BLE 应用程序以使用最新的蓝牙 5 功能需要的改动很少，因为它们是由 TI BLE 协议栈自动管理的。我们创建了单独的[蓝牙 5 帖子博文](#)，描述了如何使用新的蓝牙 5 协议栈（BLE5-Stack）来利用这些功能。

3.2 软件操作指南

3.2.1 Code Composer Studio Downloads

ccs 是一种集成开发环境 (IDE)，支持 TI 的微控制器和嵌入式处理器产品系列，包含了用于优化的 C/C++ 编译器、源码编辑器、项目构建环境、调试器、描述器以及多种其他功能。直观的 IDE 提供了单个用户界面，可帮助您完成应用开发流程的每个步骤。熟悉的工具和界面使用户能够比以前更快地入手。

- ❖ [概要](#)
- ❖ [版本选取注意事项](#)
- ❖ [各版本下载链接](#)
- ❖ [ccs 用户手册](#)

1. 问：支持哪些 IDE/编译器？

答：有关所需的工具链和 IDE 版本，请参阅 SDK 中的 release note。通常来讲，需要 IAR >= 7.70.2 或 CCS 6.2.0 及以上（构建 50 或更新版本）。两者对 TI RTOS 提供同样良好的支持。请参阅 SDK 中的《BLE Software User's Guide》中的“Setting up the Development Environment”一节。可在 SDK 的 Release Note 中找到用于测试 [BLE-Stack](#) SDK 的实际 IDE 版本。不可使用低于 SDK release note 中指定版本的工具链/IDE 版本。

注意：7.50.3 之前的 IAR 7.50 版本存在 [BLE-Stack](#) 2.1.x 的链接器问题。请使用 IAR 7.50.3 或更高版本。使用 IAR 的特定版本打开项目可能会不允许使用先前版本的 IAR 打开该项目。

[BLE-Stack](#) v 2.2.3 SDK 版本已使用 TI Arm Compiler v16.9.4.LTS 进行构建和测试。与 CCS 中其他 TI Arm 编译器版本的兼容性尚未经过测试，因此使用其他编译器版本可能会导致未定义的错误。有关安装未与 CCS 捆绑的特定 TI Arm 编译器的程序，请参阅 BLE 软件开发人员指南（[SWRU393C](#)）的第 2.6.3.2 节或在线软件用户指南中的[安装 TI 编译器](#)一节。IAR 更改了 EWARM 8.11.x IDE 版本中 `wchar_t` 的[定义](#)，这会导致使用 IAR EWARM 7.80.3 和更早版本的 BLE SDK 出现警告。德州仪器尚未测试这些 SDK 与 8.11.x EWARM 的兼容性，因此建议使用 SDK release note 中列出的工具链版本。TI BLE SDK 使用的 IAR 版本可在[此处](#)找到。

2. 问：我可将 CCS 7.x 与 TI [BLE-Stack](#) BLE v2.2.x 一起使用吗？

答：尽管在发布 CCS v7.4 时进行了测试，但德州仪器尚未发现与 CCS v8 的任何不兼容性。请确保按照上述步骤以及在线《SW Developer's Guide》的[安装特定 TI ARM 编译器的说明](#)进行安装。

3. 问：如何将 CC26xx CCS 或 IAR BLE 项目移植到最新的 [BLE-Stack](#) SDK？

答：[BLE Wiki](#) 上提供了 v2.x 项目移植指南。对于基于 [CC2640R2F](#) 和 CC26x2R/[CC1352R](#) 的项目，SDK 中包含了迁移和移植指南。

3.2.2 IAR Downloads

IAR 嵌入式工作平台是一个完整的调试器和 C/C++编译器工具链,用于基于 Simulink 单片机构建和调试嵌入式应用程序。调试器是一个完全集成的调试器,用于源代码级和反汇编级调试,支持复杂的代码和数据断点。

- ❖ [概要](#)
- ❖ [各版本下载链接](#)
- ❖ [下载安装教程](#)

3.2.3 SmartRF Studio Download

SmartRF™ Studio 是一个 Windows 应用程序,用于评估和配置德州仪器 (TI) 的低功耗射频 IC。该应用程序将帮助射频系统的设计人员在设计过程的早期阶段轻松评估 RF-IC。它对生成配置寄存器值、实际测试射频系统和查找优化的外部组件值尤为有用。SmartRF Studio 可作为独立应用程序,也可与射频 IC 开发套件中附带的适用评估板一起使用。

- ❖ [概要](#)
- ❖ [SmartRF Studio7 overview](#)
- ❖ [SmartRF Studio7 动手教程和用户手册](#)
- ❖ [各版本下载链接](#)
- ❖ [SmartRF Studio 射频测量应用视频参考](#)

关联软件:

1.SmartRF Protocol Packet Sniffer

- ❖ [User's Manual](#)
- ❖ [Software Download](#)

2.RF Range Estimator: Complete a practical range estimation for indoor and outdoor RF links using TI wireless devices

- ❖ [Software download](#)

3.2.4 SENSOR CONTROLLER STUDIO

传感器控制器是用于描述 CC26xx 和 CC13xx 系列器件中的传感器模块的术语。位于单独的电源域 (AUX_PD) 中,其中包含专用的低功耗 16 位处理器、2 KB RAM、外设 (ADC、比较器、定时器、TDC 等)。该模块设计用于实现超低功耗和高灵活性。传感器控制器能够独立于 MCU 域,对 AUX-PD 进行自己的电源和时钟管理。Sensor Controller Studio (SCS) 是一个 GUI 工具,用于编写、测试和调试 CC26xx/CC13xx 传感器控制器的代码。此 GUI 工具生成一个传感器控制器接口驱动器——一组 C 源文件,这些源文件会编译到系统 CPU (Arm Cortex-M3 或 Cortex-M4F) 的应用程序中。这些源文件包含传感器控制器固件映像,并允许 System CPU 应用程序控制和与传感器控制器交换数据。

- ❖ [概要](#);

- ❖ [Getting Started With the CC13xx and CC26xx Sensor Controller;](#)
- ❖ [各版本下载链接;](#)
- ❖ [SimpleLink™ Sensor Controller 解决方案;](#)
- ❖ [White Paper;](#)

3.2.5 BTool

BTool is a PC Application that allows a user to form a connection between two BLE devices. BTool works by communicating with a LaunchPad, acting as a network processor, by means of HCI vendor specific commands. This requires the LaunchPad to be running the Host Test sample application. This tool is included with most SDKs.

- ❖ Location: C:\ti\<sdk>\tools\blestack\btool or C:\ti\simplelink\<sdk>\tools\btool
- ❖ [User's Guide](#)

3.2.6 SysCfg

An intuitive and comprehensive collection of graphical utilities for configuring pins, peripherals, radios, subsystems and other components. The SysConfig tool is delivered integrated in Code Composer Studio (CCS), as a standalone installer, or can be used via the dev.ti.com cloud tools portal.

- ❖ [Software Download](#)

3.2.7 UniFlash ImageCreator

ImageCreator is the tool used to program the device during development and generate the production image.

- ❖ [User's Guide](#) ;
- ❖ [Software download;](#)

3.2.8 Flash Programmer

Used to program the flash memory in Arm-based low-power RF wireless MCUs over the debug and serial interfaces

- ❖ [User's Guide;](#)
- ❖ [Software download;](#)

3.2.9 SmartRF Flash Programmer 闪存编程器

SmartRF 闪存编程器 2 可用于通过调试和串行接口对德州仪器 (TI) 基于 ARM 的低功

耗射频无线 MCU 中的闪存进行编程。

SmartRF 闪存编程器 可用于对德州仪器 (TI) 基于 8051 的低功耗射频无线 MCU 中的闪存进行编程, 还可用于升级 SmartRF05 评估板、SmartRF 收发器评估板 (TrxEB) 和 CC 调试器上的固件和引导加载程序。

- ❖ [概要](#);
- ❖ [用户手册](#);
- ❖ [SmartRF Flash Programmer v2](#);

4. 各芯片实际应用系统参考设计

该部分列举了多个基于实际应用环境的关于无线蓝牙的参考设计案例, 您可以通过一下内容, 参阅到实际案例的软硬件设计以及一些设计的注意事项

4.1 Car access Bluetooth® low energy + CAN satellite module reference

design

- ❖ [概要](#);
- ❖ [用户指南](#);

此模块参考设计适用于低功耗 Bluetooth® [无钥匙进入及启动](#) (PEPS) 和[手机即钥匙/数字钥匙汽车门禁系统](#)。

利用 TI 蓝牙无线 MCU, 为需要更高带宽车载网络通信的系统实现控制局域网灵活数据速率 (CAN-FD) 通信功能。其他优势包括: 降低睡眠状态的功耗, CAN 自动寻址技术可简化制造, 连接监视器功能可提高蓝牙定位精度, 而且紧凑的印刷电路板 (PCB) 能测量蓝牙到达角 (AoA) 和接收信号强度指数 (RSSI)。

- ❖ 硬件:
 - [原理图](#);
 - [PCB](#);
 - [设计材料清单](#);
- ❖ 软件:
 - [SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 \(SDK\)](#);
- ❖ 相关文章:
 - [Adding CAN nodes in Bluetooth® Low Energy PEPS systems](#);
- ❖ 相关视频:
 - [MSDI \(多重开关状态检测接口\) 在车身控制模块快的应用视频培训](#);

4.2 CC2541 密钥卡参考设计

- ❖ [概要](#);
- ❖ [硬件设计参考 CAD 文件](#);

Bluetooth 智能密钥卡是一种小型的由纽扣电池供电的手机附件, 其配有按钮、蜂鸣器、

LED 和加速计, 体现出对 BLE GATT 服务配置文件(例如接近和电池服务配置文件)的使用。

- ❖ 软件:
 - [CC2540 and CC2541 Bluetooth® Low Energy Software Developers Guide;](#)

4.3 工业无线状态监控参考设计

- ❖ [概要;](#)
- ❖ [工业无线状态监控参考设计指南;](#)

该设计快速建立无线网络, 将用于状态监测的各种传感器直接连接到云。状态监测是基于机器状态的定期或永久记录, 这是预测性维护所必需的。设计中包括 RS-232、RS-485、IO 链路或电阻温度检测器 (RTD) 等输入, 以监控不同的传感器和机器。

- ❖ 硬件:
 - [原理图;](#)
 - [Pcb;](#)
 - [设计材料清单;](#)
- ❖ 软件:
 - [SimpleLink™ CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 \(SDK\);](#)

4.4 车用低功耗 Bluetooth® 汽车门禁卫星节点参考设计

- ❖ [概要;](#)
- ❖ [汽车低功耗 Bluetooth® 门禁卫星节点参考设计指南;](#)

本参考设计适用于利用 Bluetooth® 低能 (BLE) 技术确定遥控钥匙位置的被动进入被动启动 (PEPS) 车辆接入系统。该设计展示了如何实现车载 BLE 卫星节点来计算来自 BLE 信号的到达角 (AoA), 并仅使用单个 BLE 无线微控制器和 LIN 收发器通过本地互连网络 (LIN) 传输 AoA 数据。此外, 该设计还表明, 仅使用两个偶极子天线就可以计算出准确的 AoA 信息, 从而减小了印刷电路板 (PCB) 解决方案的尺寸。

- ❖ 硬件:
 - [CAD;](#)
 - [设计材料清单;](#)
 - [原理图;](#)
 - [PCB;](#)
- ❖ 软件:
 - [SimpleLink CC2640R2 SDK](#) - 低功耗 Bluetooth®;

4.5 采用低功耗蓝牙和电容式触控技术的门禁控制面板参考设计

- ❖ [概要;](#)
- ❖ [低功耗蓝牙和电容式触控技术的门禁控制面板参考设计指南;](#)

此参考设计展示了如何在一个通道控制面板应用中使用 SimpleLink™ MSP432™ 软件开发套件 (SDK) 以及 SimpleLink MSP432™ MCU、SimpleLink Bluetooth® 低功耗 CC2650 网络处理器和采用 CapTIvate™ 技术的 MSP430FR2633 MCU。通过该设计, 用户可以使用电容式感应技术通过智能手机 (通过蓝牙低功耗) 或键盘来控制通道。该设计进行了优化, 电池寿

命更长。

- ❖ 硬件:
 - [CAD 文件;](#)
 - [原理图;](#)
 - [设计材料清单;](#)
- ❖ 软件:
 - [SimpleLink MSP432 软件开发套件 \(SDK\);](#)
- ❖ 应用例子:
 - [POS 打印机](#)
 - [POS 支付](#)
 - [仪表: 实验室、分析、现场和便携](#)
 - [便携式 POS](#)
 - [便携式打印机](#)
 - [便携式数据终端](#)
 - [入侵控制面板](#)
 - [医疗椅和医疗台](#)
 - [呼叫按钮操作面板](#)
 - [多参数患者监护仪](#)
 - [楼宇安全网关](#)
 - [电子智能锁](#)
 - [眼睛及耳鼻喉检查](#)
 - [资产跟踪器](#)
 - [轨道感应和监控 30570](#)
 - [进入 HMI 面板](#)

4.6 支持低功耗 Bluetooth® 5.0 的单微控制器 18V/600W BLDC 电机控制

参考设计

- ❖ [概要;](#)
- ❖ [采用低功耗 Bluetooth® 5.0 的单 MCU、18V/600W BLDC 电机控制参考设计指南;](#)

此参考设计提供了 Bluetooth® 5.0 SimpleLink™ 选件,其具有更好的工业噪声抑制能力、更宽的范围以及更低的功耗,适用于各种工业应用,例如由 5 枚锂离子电池供电的电动工具。该功率级参考设计使用单个低功耗蓝牙 (BLE) MCU 进行无线连接和三相无刷直流 (BLDC) 电机梯形控制,在单个板上进行设计,从而降低了 BOM 以及总成本。该设计即使在功率级驱动电机时也能够表现出 -96dBm 的 BLE RX 灵敏度,从而体现射频性能的稳健性。该设计还展示了具有过流和短路保护功能(通过 MOSFET VDS 感应提供)的小尺寸功率级。

- ❖ 硬件:
 - [PCB;](#)
 - [CAD 文件;](#)
 - [原理图;](#)
 - [设计材料清单;](#)

- ❖ 软件:
 - [固件配合用户手册作为软件设计参考;](#)
- ❖ 相关文章:
 - [Connectivity helps integrate intelligent motor control on a single MCU;](#)
- ❖ 应用:
 - [CPAP 呼吸机](#)
 - [便携式打印机](#)
 - [健身器](#)
 - [割草机](#)
 - [割草机器人](#)
 - [医疗椅和医疗台](#)
 - [无线手持园艺工具](#)
 - [无线电动工具](#)
 - [无线真空吸尘器](#)
 - [电动牙刷](#)
 - [电动赛格威/自平衡滑板车](#)
 - [直流输入 BLDC 驱动电机](#)
 - [非公路用车电力驱动](#)

4.7 配备 Bluetooth® 5 的可穿戴 16 相多传感器 SpO2 和心率监测仪

(HRM) 参考设计

- ❖ [概要;](#)
- ❖ [配备 Bluetooth® 5 的可穿戴、16 相多传感器 SpO2 和 HRM 参考设计 \(Rev. A\) 指南;](#)

此参考设计支持可穿戴的最佳周围毛细血管氧饱和度 (SpO2) 和多传感器、多波长光学心率监测仪 (HRM)。它使用 AFE4420 器件, 该器件是一个用于光体积描记器 (PPG) 测量的单芯片生物传感前端。它支持多达四个可切换发光二极管 (LED) 和四个光电二极管, 以支持高达 16 相的信号采集。CC2640R2F 器件 (支持低功耗 Bluetooth®4.2 和 5) 将测量数据传输到远程位置。该患者监控设计使用具有 30 天生命周期的单节 CR3032 电池。可使用原始数据计算心率、SpO2 和其他相关参数。两个板载发光二极管 (LED) 可识别低电量检测和蓝牙连接情况。

- ❖ 硬件:
 - [CAD 文件;](#)
 - [原理图;](#)
 - [设计材料清单;](#)
- ❖ 软件:
 - [可参考 LabView Application 的设计;](#)
- ❖ 相关文章:
 - [Going beyond traditional SpO2 measurement with multiwavelength optical measurements;](#)
- ❖ 应用:

- [TWS/无线耳机/头戴式耳机/入耳式耳塞](#)
- [医疗传感器贴片](#)
- [可穿戴健身和活动监测仪](#)
- [多参数患者监护仪](#)
- [智能手表](#)
- [脉动式血氧计](#)

5 Q&A

5.1 问：Read Before You Post in the Bluetooth low energy (BLE) Forum (E2E)

答：Self Help Resources: <http://www.ti.com/ble-wiki>
www.ti.com/sensortag-wiki

Follow the guidelines below when posting questions:

Did you use E2E Search before posting?

Keep the Questions "On Topic" ;

Help us to Help you ;

Sharing or Posting Files;

Contribute to the Community;

详见[帖子](#)

5.2 问：支持哪些调试器？

答：

- XDS100v3 独立版本（来自第三方制造商）
- LaunchPad 上的 XDS110，例如 [CC2650](#) ([LAUNCHXL-CC2650](#)) 和 MSP432 ([MSP-EXP432P401R](#)) 红色版 LaunchPads。其他 LaunchPad 可能带有外露 10-pin Jtag 连接器的 XDS110，可用于调试外部设备。请参阅 LaunchPad 的文档。XDS110 支持 cJTAG 2 线配置
- [XDS200](#)（来自第三方组件制造商）
- 使用 XDS100v3 的 SmartRF06EB（包含在电路板上）
- 用于新 SensorTag 的 DevPack 调试器 ([CC-DEVPACK-DEBUG](#))（请参阅以下有关自定义电路板的用法说明）

5.3 问：如何在应用程序中实现电源管理以降低功耗？

答：默认情况下，SDK 中的所有独立或嵌入式示例应用程序均配置为，在没有应用程序或 RF 活动发生时进入待机（或“睡眠”）状态。此配置由应用程序项目中定义的 POWER_SAVING 预处理器控制。此定义将 TI Power Driver 配置为自动控制器件功率状态，以响应 RTOS 和 RF 状态/事件，从而始终实现最低功耗状态。举个例子，如果已定义 POWER_SAVING，MCU 将在广播或连接事件之间或在空闲任务运行时进入待机状态。不需要运行实时应用控制程序即可管理电源状态。网络处理器应用程序需要使用其他信号管脚来控制器件的唤醒和待机状态。如果这些管脚不可用，则必须删除/取消定义 POWER_SAVING，然后再构建应用程序。有关此主题的更多信息，请参考应用指南[测量蓝牙低功耗](#)（SWRA478）和 SDK（SPRU118）中的电源管理用户指南。

5.4 问：下载代码时在何处编程？内部还是外部存储？

答：CC13xx/CC26xx 是基于 flash 的无线 MCU，具有 128kB 或 352kB 的内部可编程闪存。通过 IDE 或 [SmartRF Flash Programmer 2](#)（仅 CC26x0）或 [Uniflash](#) 独立闪存编程器（所有 CC13xx/CC26xx 器件）下载/编程的所有代码均位于内部闪存中并从中执行。一些开发套件具有通过 SPI 连接的可选串行闪存组件。该外部闪存用于使用 TI 自定义无线下载（OAD）配置文件进行固件升级。该配置文件与软件启动映像管理器一起使用时，可更新内部存储器的内容。不可直接从外部存储器件执行固件。请注意：MCU 无法直接从外部存储器执行代码。

5.5 问：在电路板或 LaunchPad 上切换示例应用程序时，我的 iOS 或 Android 器件无法看到新的特性或服务

答：发生这种情况是因为智能器件缓存了 GATT attribute handles，目的是为了加快重新连接过程。例如，在先前运行 SimplePeripheral 之后用 Project Zero 对器件进行重新编程时，它将在 BLE 应用程序（如 Light Blue 或 BLE 扫描仪）中显示旧的 Simple GATT 配置文件特征。如要强制手机重新发现属性，必须清除手机的 BT GATT 缓存。如果器件先前已配对/绑定，请在蓝牙 设置菜单中点击器件名称，然后根据手机操作系统版本选择“Forget this Device”或“Unpair”。接下来，基于 iOS 或 Android 完成以下过程：

在 [iOS 10 及更早版本](#) 中，在“Settings”或“Control Center”菜单中将“Aeroplane mode”设置为“ON”然后“OFF”（这会关闭然后再打开蓝牙无线电）。对于 iOS 11 及更高版本，由于由于这些 iOS 版本中的 Bluetooth Radio 的管理方式发生了变化，，因此必须从“Settings”>“Bluetooth”菜单中先将“Bluetooth”从“OFF”切换为“ON”

在 Android 上，此过程可能因品牌和型号而异，但最新版本可选择

“Settings” > “Apps” > “Scroll over to All ” > “Choose Bluetooth Share”，然后点击 “Clear Cache”。与 iOS 一样，如果先前已绑定了器件，则取消配对。

5.6 问：我的 Project Zero 正确构建并烧录，但设备未广播和/或产生 CPUabort

答：请确保使用正确的 CCS 开发环境。对于使用 [BLE-Stack](#) v2.2.2 的最新 “Project Zero” 示例，建议使用带 TI Compiler v16.9.4.LTS 的 CCS v7.4。请参阅 [BLE-Stack](#) SDK 的 Documents 文件夹中的 [BLE-Stack](#) release note 和 CC26x0 BLE Software Developer’s Guide (SWRU393) 中的 “Setting up the Development Environment” 章节。使用非推荐的编译器可能会导致任务堆栈利用率提高，从而导致未知错误。

5.7 问：RF 性能在 TI 硬件上一切正常，但是在自定义 CC26xx 电路板上出现 RF 性能不良和范围问题？

答：假如设计遵循德州仪器参考设计指南

(http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC26xx_HW_Checklist)，出现 RF 性能不良或范围问题的最常见原因是软件中的 RF 前端和偏置设置与在自定义 HW 上的实际前端配置不当/不匹配。如果自定义电路板使用不同的封装（即 5x5），且 IDE 的 project 里使用了 TI 的 board file，该文件与定制板的前端配置不匹配，通常会发生这种问题。为获得最佳的 RF 性能，软件设置必须要与实际电路板布局相匹配

例如，CC2650EM_5XD board file 适用于 5x5 封装，使用带有外部偏置的差分前端配置。如果自定义电路板使用内部偏置的布局，则使用 5XD board file 将导致偏置设置不匹配，从而严重降低 RX 灵敏度。相同的原理适用于不匹配的单端与差分前端配置。

确保使用的 board file 里已更新了正确的前端配置设置。该设置由 bleUserConfig.h 中的 RF_FE_MODE_AND_BIAS 定义。有关可用的 SW 定义，请参见此头文件。建议确认预处理器包含了正确的 board file 和 RF_FE_MODE_AND_BIAS 设置。如需要，请使用正确的 RF 设置创建一个新的 board file。更多的详细信息，请参见 [CC2640](#) BLE Software Developer’s Guide (SWRU393) 中的 “10 Creating a Custom BLE Application”。

有关 CC26xx 硬件故障排除的更多信息，请参考以下 Wiki：

http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC26xx_HW_Troubleshooting

5.8 问：为什么我的器件报错 No source available for 0x1001bbd6?

答：这说明您遇到了 CPU 中止/异常，例如由于访问了不存在的内存地址、堆栈溢出等。如要调试此情况（即查找导致 CPU 中止的原因），请参阅《[CC2640 Software Developer's Guide \(SWRU393\)](#)》第 9 章中的“Deciphering CPU Exceptions”一节。当应用程序尝试访问设备上不可用的 IO 引脚时，例如从使用 7x7 封装的 LaunchPad 移植应用程序时，也会发生这种情况。例如，在 5x5 QFN 器件上尝试访问高于 IOID_14 的 IO 将导致 hardware abort，因为此管脚仅在 7x7 QFN 封装器件上可用。

5.9 问：我正在使用 simplelink_cc2640r2_sdk_1_00_00_22 TI-RTOS 驱动程序示例，但是当前项目给出以下错误 信息

`("..\CC2640R2_LAUNCHXL.h", line 54: fatal error #1965: cannot open source file "ti/devices/cc26x0/driverlib/ioc.h")`。我该怎么办？

答：在 CC2640R2_LAUNCHXL.h 中，将 `#include <ti/devices/cc26x0/driverlib/ioc.h>` 更改为 `<ti/devices/cc26x0r2/driverlib/ioc.h>`，此文件可在 `C:\ti\simplelink_cc2640r2_sdk_1_00_00_22\source\ti\boards\CC2640R2_LAUNCHXL` 中找到，并重新 import 项目。

设置 files / drivers 的 CC26XXWARE 默认路径设置为支持 Rev2.2。如要在较旧的版本上运行该软件，则需要更改此变量。

IAR:

- Tools->Configure Customer Argument Variables-->CC26xx TI-RTOS--> [CC26XXWARE](#)
- 修改 CC26XXWARE
- 把: `C:\ti\tirtos_simplelink_2_11_01_09\products\cc26xxware_2_20_06_14829`
- 改为 `C:\ti\tirtos_simplelink_2_11_01_09\products\cc26xxware_2_00_06_14829`
- 删除 OS kernel 库文件夹: `IAR\Application\CC2640\configPkg` [仅适用于 IAR]
- 删除 OS kernel 源构建文件夹: `IAR\Config\src` [仅适用于 IAR 构建]
- 关闭 workspace 并重新打开以使更改生效

CCS:

- 右键单击“Application”项目，选择“*Properties*”

- 转到 Resource->Linked Resources, “Path Variables” 选项卡
- 请按照上述说明修改 CC26XXWARE
- 转到 Build-> ARM compiler->Advanced Options->Predefined symbols
- 寻找 CC2650F128RGZ 并将其替换为 CC2650F128RGZ_R21 或 CC2650F128RGZ_R20。
- Rebuild 应用程序项目

5.10 问：当使能 CACHE_AS_RAM 功能时，我的项目编译正常，但无法运行。

这是什么原因导致的？

答：打开内存浏览器，找到 rfRegTbl 的位置。如果您看到 rfRegTbl 的起始地址不是 4 字节对齐的，则整个 rfRegTbl 都会倾斜。RF Core (M0) 需要所有地址都是 4 字节对齐，否则 RFcore 会崩溃。要解决此问题，请在 ble_user_config.c 中的 rf override table 前面添加 “ #pragma DATA_ALIGN(rfRegTbl, 4)” 。

5.11 问：我找不到 BDS，为什么会这样？

答：蓝牙 SIG 决定终止支持 BDS，因此您无法再找到 BDS（也是 SLA BDS 培训部分）。

<https://www.bluetooth.com/download-developer-studio>

5.12 问：如何从 simple_peripheral_example 中删除 display 和两个 button menu？是否有更多可减少 simple_peripheral 例程 FLASH 使用的方法？

答：有一些贴子讨论了如何减少 simple_peripheral 示例的 FLASH 使用。参见：

- 删除 display ——CC26x2/CC13x2: e2e.ti.com/.../879276
- 删除 display ——CC2640R2: e2e.ti.com/.../3252666
- 删除#2 advertisement ——CC26x2/ CC13x2:e2e.ti.com/.../3255504
- 删除#2 advertisement ——CC2640R2: e2e.ti.com/.../88013
- 删除 RSSI 监控和 PHY 自动更新——CC26x2/CC13x2: e2e.ti.com/.../880155
- 删除 RSSI 监控和自动 PHY 自动更新——CC2640R2: e2e.ti.com/.../880151

- 删除连接参数更新——CC26x2/CC13x2: e2e.ti.com/.../880171
- 删除连接参数更新——CC2640R2: e2e.ti.com/.../880163
- 删除配对——CC26x2/CC13x2: e2e.ti.com/.../880181
- 删除配对——CC2640R2: e2e.ti.com/.../880177

5.13 问：如何将调试器连接到正在运行的目标？（也称为“将调试器加到正在运行的目标上”）

答：请参见[此贴](#)。

5.14 问：关于 BLE 蓝牙连接 Connection Interval 值的问题？

答：

1. 对于 IOS 设备来说，苹果设置了一系列规定，不允许从设备的配置超出这些范围。其他主设备来说目前还没有听说有什么具体范围设定。Android 设备目前 google 也还没有明确规定。所以换句话说，只要符合主设备的要求，从设备是可以在主设备规定的范围内请求主设备对 connection interval 进行改变的。
2. 你通过 GAP_SetParamValue() 只是设置了参数，最后是需要通过发送到主设备那里去请求修改的。所以这里不正确。请参考
GAPRole_SetParameter(GAPROLE_PARAM_UPDATE_ENABLE, ..) 函数的做法。
3. 你可以通过 packet sniffer 抓包，在时间戳上很清楚能看到 connection interval。或者你也可以自己加点代码，从程序里面获取，或者以 notify 方式发给主设备，从主设备看，总之，方法很多哈。
具体回答参考[此贴](#)

5.15 问：关于 simpleGATTprofile 的 Characteristic 问题，在 simpleBLECentral 工程中，当启用通知后，是在哪里收到数据？

答：如果你看 simpleBLECentral.c 这个文件，里面有个函数：

simpleBLECentralProcessGATTMsg(), 这个函数就是处理各种从 peripheral 过来的数据。但是在示例代码中并没有加入通知，就是 notification 的接收，所以你得自己添加代码。很简单，类似

```
if ( ( pMsg->method == ATT_READ_RSP ) || ..... ),  
你添加  
else if ( ( pMsg->method == ATT_HANDLE_VALUE_NOTI ) || ..... )
```

具体回答参考[此贴](#)

5.16 问：关于 CC2640 的 ADC 问题

答：以下[链接](#)提供了 adc 读取接口函数，基于 SmartRF06 和 CC2640 7x7 的芯片写的，用的是 smartRF06 上的 light sensor 做输入，连的是 M3 的 DIO23。

这个代码对于功耗是默认跟着整个系统走的，如果系统进入低功耗，这段代码也将会停止执行。而且这段代码完整配置了 ADC 模块，但是只是单独的一次数据读取，如果需要读取多次的，你需要多次从 fifo 里面去读。代码是测试过的，数据会变，你要确认 pin mux 之类的是否正确。

5.17 问：我看了 simpleperipheral 和 central 的例子,他们初始化都是设置的 GAPBOND_PAIRING_MODE_WAIT_FOR_REQ 等待配对. 那么我的问题是,到底是 peripheral 发起的配对请求还是 central?在什么时候发起的配对请求?

答：好问题!

这样两边其实都没有发起配对。

除非其中一个配置成 GAPBOND_PAIRING_MODE_INITIATE，如果是 central 的话会发起 pairing request，如果是 peripheral 的话会发起 slave security request，最终会导致 central 那端收到 GAP_SLAVE_REQUESTED_SECURITY_EVENT，这个时候你看代码，如果 central 也是出于 GAPBOND_PAIRING_MODE_WAIT_FOR_REQ，那么他还是会发起配对。

所以，只要其中一个设置成 GAPBOND_PAIRING_MODE_INITIATE，两边就会配对，如果都是 GAPBOND_PAIRING_MODE_WAIT_FOR_REQ，那么就没有配对过程。

你可以修改其中一个看看哈。

问：怎么设置才能使得必须配对之后才能进数据传输呢？

答：这个只有你自己设个状态判断了。蓝牙标准里面并没有规定必须配对才能传数据。

具体回答参考[此贴](#)

5.18 问：哪里可以了解更多有关蓝牙低功耗规范、配置文件、通知、配对等的信息？

答：SDK 随附的《Software User's Guide》中详细介绍了 BLE。除配置文件和服务外，您还可从 Bluetooth Special Interest Group (SIG) [网站](#)免费下载 BT 核心规范。尽管该核心规范多达 2,000 页，但在开发蓝牙 LE 应用程序的过程中通常仅引用几个章节：

- 通用访问配置文件 (GAP) - 设定器件的作用 (Peripheral, Central, Broadcaster, 等)：第 3 卷, C 部分
- 属性协议 (ATT) - 定义离散数据类型。这些数据类型是特征的 “building blocks”：第 3 卷, F 部分
- 通用属性配置文件 (GATT) - 定义特征或属性使用的高效方法。第 3 卷, G 部分
- 安全管理器规范 (SMP) - 定义生成和交换安全密钥 (也称为配对) 的过程【可选】。第 3 卷, H 部分。Bluetooth SIG 有一些关于此主题的优秀博客，查看此处。
- 链路层规范——管理器件连接的最低层，包括在开始连接时对链路进行加密并定义通道数据类型。第 6 卷, B 部分

绝大多数与蓝牙核心规范相关的德州仪器在线支持社区询问都在核心规范的上述各节中解答。，上述各节介绍了经典模式以及双模式操作。有关仅针对 BLE 的信息，请参见相应的介绍章节。

由于该标准的普及，也出现了很多专门介绍 BLE 的技术书籍。可在您喜欢的书店的搜索引擎中搜索 “Getting started with Bluetooth Low Energy”。

5.19 问：TI BLE 在 IOS, Android 的数据传输率的问题

答：看到太多太多的工程师在问 TI BLE 和 IOS, Android 的数据传输率可以到多少。

首先声明，IOS 限制了某些最小连接间隙，这是造成数据传输率上不去的主要缘由，而不是 TI BLE 的射频上不去。

CC2640 和 CC2640 的数据传输率可以参考下面的文章：

http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC2640_BLE_Throughput

另外，附上一篇 Kianoosh Karami 的文章详细解释 Maximizing BLE Throughput on iOS and Android。具体回答参考[此贴](#)

5.20 问：关于 CC2640 片外 OAD 的问题

答：CC2640 支持两种 OAD 方式，片内 128K OAD 和片外 OAD。

片上 OAD 适合 beacon 类应用，因为其 application 比较小。

如果手环或者其他类应用，建议使用片外 OAD。

硬件环境：CC2640 sensortag。

如果大家使用 CC2640 sensortag 的程序，

C:\ti\simplelink\ble_cc26xx_2_01_01_44627\Projects\ble\SensorTag\CC26xx\IAR

打开 SensorTag.eww 工程即可。

里面分为三个程序 BIM, APPLICATION, STACK。

其中 BIM 的程序存在的位置在：

C:\ti\simplelink\ble_cc26xx_2_01_01_44627\Projects\ble\util\BIM_extflash\CC26xx

大家把 BIM, APPLICATION, STACK 三个工程的 hex 文件合成一个 hex 文件，可以使用 SEGGER 的工具合成。

如果大家希望用 simple peripheral 工程在 sensortag 的硬体上做 OAD，请注意以下两点：
打开 BIM 文件，FlashOnly 的 BIM 工程。

打开 SimpleBLEPeripheral 的工程，编译 Flashonly_OAD_ST_ExtFlash 的工程。

然后把生成的三个 hex 合到一起即可。

具体回答参考[此贴](#)

5.21 Q: How do I add UART or SPI to my application?

A: Multiple options are available for adding serial communication to your Bluetooth Low Energy application. Refer to the TI BLE [Wiki](#) article: "[CC2640 Serial Communication](#)".

5.22 Q: How do I do a simultaneous Master & Slave (i.e., Peripheral & Central role) connection?

A: Please see the multi-role example application on the SimpleLink [GitHub](#) page under the 'ble_examples' repo. With the multi-role sample application multiple, simultaneous connections can be established in any GAP role (Central or Peripheral). For the CC2640R2, CC13x2 and CC26x2 SDKs, the multi-role sample application is included in the SDK.

5.23 Q: How do I enable more functionality with the Invensense MPU-9250 motion sensor on the CC2650 SensorTag?

A: TI provides a reference implementation, along with source code, for enabling the

control and export of data from the MPU9250 motion sensor in the SensorTag sample application within the [BLE-Stack](#) v2.2.x SDK. Since the motion sensor is not manufactured by TI, we are therefore unable to provide additional support through our E2E forums for modification of the reference implementation. Developers who want to enable additional functionality or features are encouraged to review the MPU9250 data sheet and connect with Invensense for additional support. Refer to the [SensorTag online user guide](#) for the related source code files.

5.24 Q: What is the difference between the CC2640R2 SDK and [BLE-Stack SDK](#)?

A: The CC2640R2 SDK uses TI's new SDK layout which is common for SimpleLink MCUs. This SDK format adds value to customers who are developing on SimpleLink MCUs by using a consistent directory and naming convention, installation procedure and core RTOS interface. The BLE-Stack v3.0.1 is now incorporated as a component in the CC2640R2 SDK. All functionality previously provided by the BLE-Stack SDK, including the TI-RTOS, is now incorporated in the CC2640R2 SDK. The CC2640R2 SDK can also be accessed via the TI Resource Explorer at [dev.ti.com](#).

5.25 Q: Do I need to requalify or re-certify my product if I change to [CC2640R2F](#)?

A: The CC2640R2F has no changes to the frequency determining circuitry relative to the CC2640/CC2650 devices. As such, it will have the same RF PHY performance as the CC2640/CC2650. TI recommends contacting a certified test lab for all questions and topics related to regulatory compliance, including how to upgrade an existing, certified, design to [CC2640R2F](#).

For Bluetooth SIG qualification, the same Bluetooth 5.1 protocol stack qualified design ID (QDID) is used on all SimpleLink CC26x0 & [CC1350](#) BLE wireless MCUs. Note that changing the protocol stack configuration used by your application (e.g., going from BT 4.1 to 4.2) or any board layout changes may necessitate a requalification and/or regulatory re-certification. Please check with Bluetooth SIG's website for qualification requirements. Additional qualification details can be found in Bluetooth qualification application note [SWRA601](#).

TI has created an app note [Hardware Migration From CC2640F128 to CC2640R2F](#) (SWRA535) which can be referenced for additional hardware-related details when transitioning from CC2640 to CC2640R2F.

5.26 Q: When switching sample applications on my board or LaunchPad, my iOS or Android device is not able to “see” new Characteristics or Services?

A: This condition occurs since the smart device caches GATT attribute handles in order to speed up the re-connection process. For example, when reprogramming the device with Project Zero after it was previously running SimplePeripheral will show the “old” Simple GATT Profile characteristics in a BLE app such as Light Blue or BLE Scanner. To force the phone to re-discover the attributes the phone’s BT GATT cache must be cleared. If the device was previously paired/bonded, tap the device name in the Bluetooth settings menu and select Forget this Device or Unpair depending on your phone OS version. Next, complete the following procedure based on iOS or Android:

In iOS 10 and earlier, toggle Aeroplane mode ON then OFF in the Settings or Control Center menu (this also switches the Bluetooth radio off then on). For iOS 11 and later, you must toggle Bluetooth OFF then ON from the Settings > Bluetooth menu due to changes on how the [Bluetooth radio is managed](#) in these iOS versions

On Android, the procedure can vary by make and model, but most recent versions can choose Settings > Apps > Scroll over to All > Choose Bluetooth Share and tap on Clear Cache. Just as with iOS, un-pair the device if it was previously bonded.

Q: My Project Zero builds and flashes ok but does not Advertise and/or encounters a CPU abort?

A: Please make sure you are using the correct CCS Development environment. For the latest Project Zero example using [BLE-Stack](#) v2.2.2, this is CCS v7.4 with TI Compiler v16.9.4.LTS. Please see the BLE-Stack release notes and “Setting up the Development Environment” section of the CC26x0 BLE Software Developer’s Guide (SWRU393) located in the Documents folder of the BLE-Stack SDK. Use of non-recommended compilers may result in increased task stack utilization which can cause undefined behaviour.

5.27 Q: Why am seeing poor RF performance and range issues on my custom CC26xx board when everything works fine on the TI Reference HW?

A: When the TI reference design guidelines (http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC26xx_HW_Checklist) are followed, the most common reason for poor RF performance or range issues is an incorrect/mismatched RF Front End & Bias setting in SW vs. the actual front-end configuration on the custom HW. This mismatch usually happens when the custom board uses a different package (i.e., 5x5) and includes one of the TI CC2650EM eval module board files which does not match the custom board's front-end configuration. To achieve maximum RF performance, it is critical to have the correct SW setting that matches the actual board layout.

For example, the CC2650EM_5XD board file is for a 5x5 package using a Differential front-end configuration with eXternal bias. If the custom board uses a layout with Internal bias, using the 5XD board file will result in a mismatched Bias setting and thus severely degrade RX sensitivity. The same principle applies for mismatched Single-ended vs Differential front-end configurations.

Make sure the board file is updated with the correct front-end configuration settings. The setting is defined by RF_FE_MODE_AND_BIAS in bleUserConfig.h. See this header file for the available SW definitions. It is recommended to confirm that the preprocessor is including the correct board file and RF_FE_MODE_AND_BIAS setting. If needed, create a new board file with the correct RF setting. See "10 Creating a Custom BLE Application" in the [CC2640](#) BLE Software Developer's Guide (SWRU393) for more details.

For more CC26xx HW troubleshooting, refer to the following wiki: http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC26xx_HW_Troubleshooting

5.28 Q: How can I remove display and two buttons menu from the simple_peripheral_example? Is there more ways to decrease the FLASH consumption of the simple_peripheral example?

A: A few threads showing how to decrease the FLASH consumption of the simple_peripheral example exist. The guidance are provided here:

- Remove display CC26x2 / CC13x2: e2e.ti.com/.../879276
- Remove display CC2640R2: e2e.ti.com/.../3252666
- Remove #2 advertisement CC26x2 / CC13x2: e2e.ti.com/.../3255504
- Remove #2 advertisement CC2640R2: e2e.ti.com/.../88013

- Remove RSSI monitoring and auto PHY update CC26x2 / CC13x2: e2e.ti.com/.../880155
- Remove RSSI monitoring and auto PHY update CC2640R2: e2e.ti.com/.../880151

- Remove connection params updates CC26x2 / CC13x2: e2e.ti.com/.../880171
- Remove connection params updates CC2640R2: e2e.ti.com/.../880163

- Remove pairing CC26x2 / CC13x2: e2e.ti.com/.../880181
- Remove pairing CC2640R2: e2e.ti.com/.../880177

5.29 问: cc2640r2f 有没有直接烧写二进制文件的工具?

答: [Uniflash](#) 和 [flash programmer 2](#) 都可以烧写 bin 文件

5.30 问: ccs 有没有串口调式工具, 应该如何实现串口调试功能?

答: 可以自己下载串口调试助手: Tera Term, Putty 等, ccs 内部也有串口调式工具, 请参考以下[链接](#)

5.31 Q: Is Bluetooth 5 backwards compatible with existing Bluetooth 4.x devices?

A: The good news is you only need to call one new API in your application to request a BLE connection to use the 2 Mbps PHY: `HCI_LE_SetDefaultPhyCmd()`. This will instruct the Controller (Link Layer) to initiate what's known as the PHY Update Procedure shown in the diagram below and is the sequence of steps that both peer devices perform to negotiate a change to the link speed. If both devices in the connection support and prefer the 2 Mbps PHY, you're in luck and the connection will switch over to the 2 Mbps link speed with data packets transmitted in half the

time as compared to the default 1 Mbps link speed. If the peer device doesn't support the 2 Mbps feature, or does not wish to enable it, the connection will remain at the BLE-default 1 Mbps link speed. All APIs for exchanging data (i.e., GATT) remain the same in Bluetooth 5.

We've put together a LE 2M PHY guide within our [BLE5-Stack](#) SW User's Guide (SDK 1.40) with all the details on how to call this new API. Check it out [here](#).

But wait, we've also enhanced our [Throughput Demo on GitHub](#) to add support for Bluetooth 5 High Speed and Long Range modes. This demo runs on two CC2640R2 LaunchPads and allows the user, via the two-button menu on the LaunchPad and a virtual serial port display to toggle between the supported PHYs while recording payload throughput and RSSI.

5.32 Q: How do I enable Bluetooth 5 High Speed Mode in my application?

A: The good news is you only need to call one new API in your application to request a BLE connection to use the 2 Mbps PHY: `HCI_LE_SetDefaultPhyCmd()`. This will instruct the Controller (Link Layer) to initiate what's known as the PHY Update Procedure shown in the diagram below and is the sequence of steps that both peer devices perform to negotiate a change to the link speed. If both devices in the connection support and prefer the 2 Mbps PHY, you're in luck and the connection will switch over to the 2 Mbps link speed with data packets transmitted in half the time as compared to the default 1 Mbps link speed. If the peer device doesn't support the 2 Mbps feature, or does not wish to enable it, the connection will remain at the BLE-default 1 Mbps link speed. All APIs for exchanging data (i.e., GATT) remain the same in Bluetooth 5.

We've put together a LE 2M PHY guide within our [BLE5-Stack](#) SW User's Guide (SDK 1.40) with all the details on how to call this new API. Check it out [here](#).

But wait, we've also enhanced our [Throughput Demo on GitHub](#) to add support for Bluetooth 5 High Speed and Long Range modes. This demo runs on two CC2640R2 LaunchPads and allows the user, via the two-button menu on the LaunchPad and a virtual serial port display to toggle between the supported PHYs while recording payload throughput and RSSI.

5.33 Q: What range should I expect with High Speed Mode?

A: You may have heard that 2 Mbps connections may have “shorter range” than 1 Mbps connections. The physics behind this is quite complex, but it is true that any PHY (radio) operating in 2 Mbps mode will have 5 dB less sensitivity as compared to the PHY operating in the default 1 Mbps mode. While this may sound like a substantial loss in performance, it’s important to note that the improvements in the [CC2640R2F](#)’s radio architecture, including best-in-class RF performance, ensure high performance in personal connectivity / in-room operating environments where Bluetooth high speed applications are typically used. This means you should expect greater throughput with High Speed mode at comparable distances as first generation Bluetooth 4.0 devices operating at the default LE 1 Mbps link speed. It’s worth mentioning that another often overlooked feature in Bluetooth 5 is the Channel Selection Algorithm 2, or CSA2, that improves the BLE frequency hopping algorithm. This feature, which is supported with the TI [BLE5-Stack](#), can reduce the impact of ‘bursty’ interference from other transmitters in the shared 2.4 GHz spectrum by ensuring that each connection event occurs at a minimum frequency offset compared to the previous connection event. Reducing packet loss from interference can reduce the number of packet retransmissions and thus improve overall energy consumption / effective throughput. Please note that the “Slot Availability Mask” feature applies to *classic* Bluetooth devices only and is therefore not supported by the [CC2640R2F](#).

5.34 Q: How do I evaluate Long Range BLE Connections and Advertising Extensions?

A: In addition to the High Speed 2 Mbps mode supported in the production [BLE5-Stack](#) v1.0.1 protocol stack which maximizes throughput with high-end Bluetooth 5 enabled smartphones that don’t currently support the Long Range features of BLE5 (e.g., Samsung S8 and iPhone 8/X), TI has also enabled the ability for establishing long range connections using the LE Coded PHYs as well as broadcasting larger advertising payloads with the Advertisement Extension (AE) feature on a new CC2640R2 SDK. These new features are available in the [BLE5-Stack](#) v1.1.0 which is a component of [SIMPLELINK-CC2640R2-BLE5-EVAL](#) SDK 1.50.00.71 and allows customers to begin development and evaluations with these features that utilize the LE Coded PHYs. The longer range in BT5 is enabled by using Forward Error Correction (FEC) to improve receiver sensitivity while transmitting at the same transmit power. If you want to

know more about the science behind coded PHYs and how they improve link budget without increasing transmit power, check out our blog [How does Bluetooth® 5 increase the achievable range of a Bluetooth low energy connection?](#) which includes a video demonstration of a 1.6 km BLE Long Range connection between CC2640R2 LaunchPads. To enable the evaluation of the LE Coded PHYs in the SDK we've updated the in box peripheral and central sample applications with ability to advertise, scan and connect on the extended advertisement channels, including with the "Long Range" LE Coded PHYs (S2 or S8). Just program your CC2640R LaunchPads with the BLE5 simple_central & simple_peripheral then use the two-button menu provided over the LaunchPad's UART back channel to scan and connect. Updated GAP documentation is also provided in the included BLE SW User's Guide. Please note that you cannot certify your device with Bluetooth SIG when using the LE Coded PHY evaluation configuration from this SDK or earlier SDKs.

5.35 Q: What about Mesh?

A: Bluetooth Mesh, which was recently adopted by the Bluetooth SIG, is **not** part of the Bluetooth 5.0 specification. Instead, Bluetooth mesh is a standalone ("External to Core") specification that utilizes the BLE Advertising channels defined in the original Bluetooth 4.0 LE specification to 'flood' messages across the mesh network. TI intends to support Bluetooth mesh in a future product offering. To keep up on the latest status with mesh offerings from TI, we recommend subscribing for wireless connectivity updates in your myTI account.

5.36 Q: Can I use any Android 8 "Oreo" phone to evaluate this SDK with the BT5 Long Range (LE Coded PHY) feature?

A: Eventually, but not now. It's important to remember that Android provides a Bluetooth **Host stack** and interfaces with a BT/BLE **Controller** which is typically a separate/external chipset on these systems. The Controller implements the Link Layer and PHY layers of the BT protocol stack and interfaces to the Host using the HCI protocol over a serial bus. So, saying Android 8, which *supports* BT5 High Speed, AE and LE Coded PHY features means that it has the Host support (i.e., GAP) and, among other things, ability to send the relevant HCI commands to the Controller. It is perfectly valid to combine a non-BT5 equipped Controller with a

BT5 enabled Host. Therefore, both the Host and Controller must both support a BT feature for it to be implemented over the air. A properly implemented BT Host will query the Controller for its locally supported features, and in this case, will only send the HCI related commands for LE Coded PHY if the Controller indicates support for such.

As of post time, we are not aware of any production BT Controllers (i.e., as typically used on mobile phone chipsets) that support the LE Coded PHY used for AE and Long Range connections. This includes the Samsung S8, iPhone 8/X, and Google Pixel 2 devices which support the BT5 High Speed feature.

As you can see with all these great improvements Bluetooth 5 is not your father's wireless specification. Please feel free to ask questions below.

5.37 Q: CC2640 with 2-wire cJTAG CC-DEVPACK-DEBUG

A: [详见链接:](#)

5.38 Q: Linker error with latest bluetooth and IAR

A: [详见链接:](#)

5.39 Q: Sending files with BLE CC2540?

Should I:

- 1- create a new GATT profile (or modify an existing one as Simple Gatt profile) in order to have a characteristic that can handle a longer data size than 1?
- 2- is it the case that the maximum user data transfer in a single transaction can be 80 bytes (so my characteristic will be 80)?
- 3- when I have a data size established for a characteristic... can I send less? let's assume I have 80 but only 50 bytes of data... do I need to add 30 bytes of zeros or just send the 50 good ones?
- 4- finally I guess I have to split my files in the characteristic size and send each chunk in a different transfer message, right?

A: 1) Easiest way for you is to modify the simpleGATT profile. look at Characteristic 5 which has the size of 5 bytes. That one you could increase up to 20 bytes.

- 2) No, the maximum packet size to transfer from the application to the lower layers is 20 Bytes so that would be the maximum one to use. So four of these packets could be sent OTA with a notification (Totally 80 bytes).
- 3) When you read, or notification is sent, the whole characteristic is sent so typically you would have to fill with zeroes (or anything else).
- 4) Yes you are correct.

[详见链接:](#)

5.40 Q: Does anyone know what the maximum packet size is for a BLE message? I have a need to send and receive 80 byte messages. Thanks.

A: When you use GATT protocol (the only protocol currently available to the application layer) , the maximum user data in packet is 20 bytes (for example in write or writeNoResponse commands).

From tests I have made, the theoretical data rate based on calculation of 4 packets send in every connection event is not achieved in practice.

I noticed that at low connection intervals (< 100ms) the stack usually sends 3 messages per connection event (if maximum packet size is used).

But as Chatto wrote, 8Kbytes/sec is achievable.

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司