

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 开发套件

引言

BlueNRG-LP 和 BlueNRG-LPS 设备为低功耗蓝牙片上系统，兼容蓝牙规范，支持主、从以及兼任主从的角色。

两款设备还支持：

- 低功耗蓝牙数据长度扩展特性；
- 2 Mbps，远程，扩展广播功能；
- L2CAP-COS，LE 功率控制；
- 周期性广播和周期性广播同步特性。

此外，BlueNRG-LPS 支持测向功能：到达角（AoA）和离去角（AoD）。下面的 BlueNRG-LP 套件可供使用：

- STEVAL-IDB011V1 QFN48 封装开发平台
- STEVAL-IDB011V2 QFN48 封装开发平台
- STEVAL-IDB010V1 WLCSP49 封装开发平台

BlueNRG-LPS 套件如下：

- STEVAL-IDB012V1 QFN32 封装开发平台

STEVAL-IDB011V1、STEVAL-IDB010V1、STEVAL-IDB011V2 和 STEVAL-IDB012V1 开发平台嵌入了 CMSIS-DAP 编程/调试接口，可为各种应用场景提供硬件资源：传感器数据（加速度计、压力和温度传感器）、人机接口（按钮和 LED）、数字 MEMS 麦克风（STEVAL-IDB012V1 不支持）以及通过 USB 虚拟 COM 进行的串行通信。有三种电源选项（仅 USB、仅电池，以及扩展电源加 USB），具有很高的应用开发和测试灵活性。

图 1. 基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB011V1 开发平台

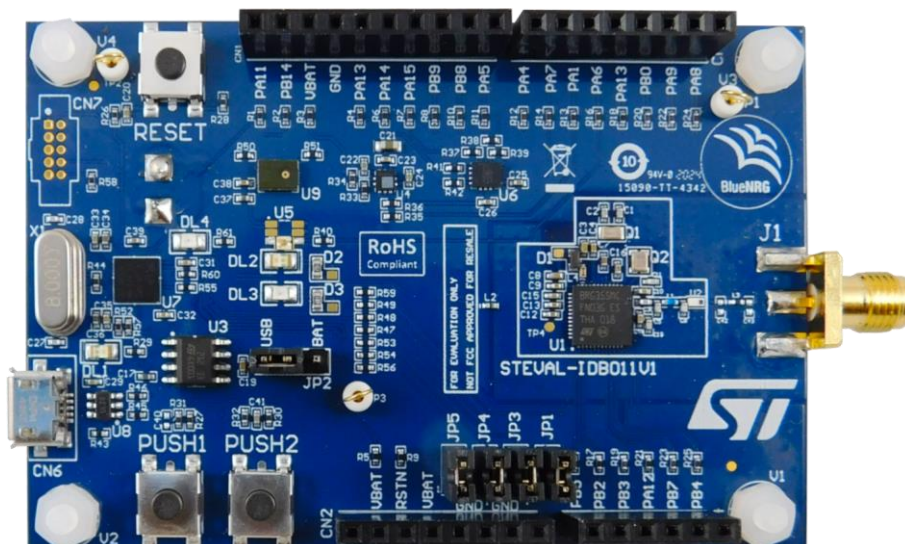


图 2. 基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB011V2 开发平台

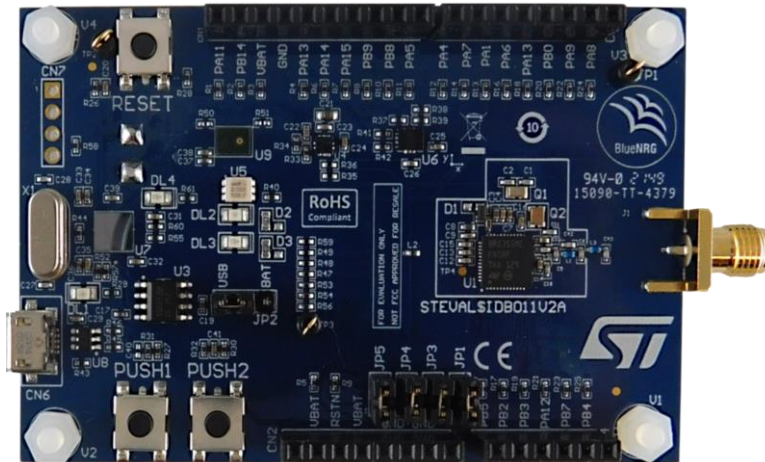


图 3. 基于 BlueNRG-LPS 的 STEVAL-IDB012V1 开发平台

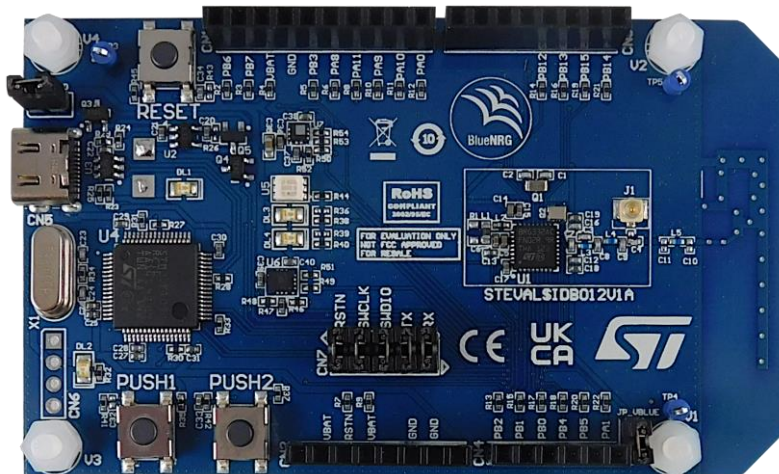


图 4. 基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB010V1 开发平台（俯视图）

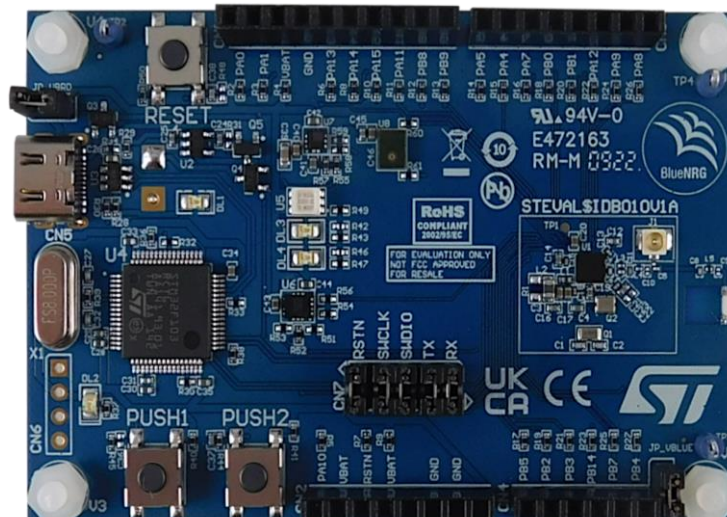
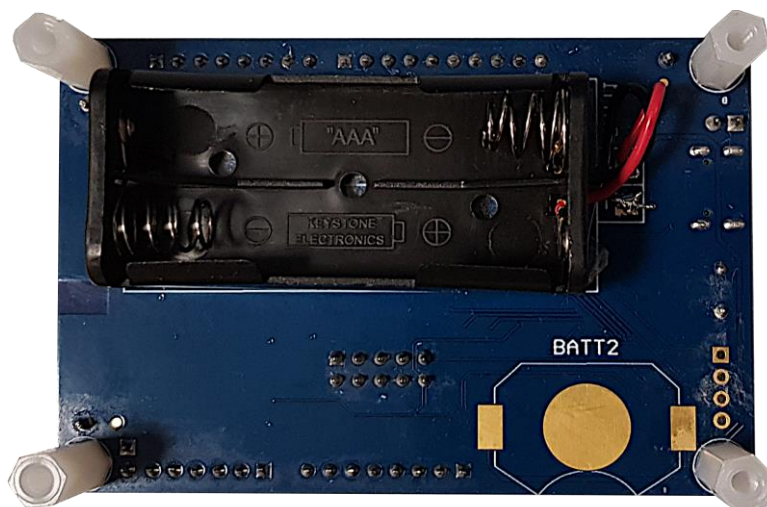


图 5. 基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB010V1 开发平台（仰视图）



1 入门指南

1.1 安全建议

1.1.1 目标受众

这些产品面向具有基本电子或嵌入式软件开发知识的用户，诸如工程师和技术人员。这些板不是玩具，儿童不得使用。

1.1.2 如何处理电路板

注意： 这些产品包含印刷电路裸板。

- 危险：**
- 板上的连接引脚可能很锋利。因此，在处理板时，请务必小心，以防人身伤害。
 - 这些板包含静电敏感设备。为避免将其损坏，请在防 ESD 环境中对这些板进行处理。
 - 为板供电时，请勿用手指或任何导电的东西触摸其电气连接部。
 - 板以无危险的电压水平工作，但其元器件在短路时可能会遭到损坏。
 - 请勿使板沾有任何液体，并避免在水源附近或高湿度水平下操作板。
 - 如果板脏污或有灰尘，请勿操作。

1.2 套件内容

STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 套件包括：

- 一个 BlueNRG-LP (QFN48 封装) 开发平台
- 1/4λ 偶极 1.5 dBi 增益 2.4 GHz/蓝牙 SMA 天线

重要： 您只能将天线替换为相同的天线（即具有完全相同的特征和特性的天线）。

- microUSB 至 USB-Type A 的线缆

STEVAL-IDB010V1 套件内含：

- BlueNRG-LP WLCSP49 封装开发平台，带有板载芯片天线（2402 MHz 至 2480 MHz，9.2 dBm EIRP）

STEVAL-IDB012V1 套件内含：

- BlueNRG-LPS QFN32 封装开发平台，带有 PCB 天线

1.3 系统要求

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator 和无线电初始化向导 PC 应用软件需要：

- 运行 Intel®或 AMD®处理器的电脑：
 - Windows 10 操作系统 - 无需安装驱动
- 至少 2 GB RAM
- USB 端口
- Adobe Acrobat Reader 6.0 或更高

1.4 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 发套件设置

STSW-BNRGLP-DK DK 软件包适用于 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙协议栈 v3.x 系列。

在下载选定的软件包后，将 en.stsw-bnrgrp-dk.zip 的内容解压到临时目录，运行 BlueNRG-LP_LPS DK-x.x.x.x-Setup.exe 并按照屏幕上的指示操作。

- 注意: 若需构建 BlueNRG-LP、BlueNRG-LPS DK 演示应用程序,则需要 EWARM 编译器 8.40.1 或更高。必须将 [Utility/EWARM_BlueNRG-LP_Flasher_2.1.1](#) 文件夹应用于本地 IAR EWARM 安装路径,以便将 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS](#) 设备添加到支持的设备列表。
- 注意: 此外,还支持 Keil MDK-ARM 工具链。必须将 [Utility/Keil.STBlueNRG-LP_DFP.3.0.0 pack](#) 安装在本地 Keil MDK-ARM 工具上,以便将 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS](#) 设备添加到支持的设备列表。
- 注意: 还支持意法半导体 WiSE-Studio IDE, GCC 工具链,相关演示应用项目可在 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS](#) SDK 的“项目”文件夹中找到。

2 硬件说明

2.1 STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 板概述

STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 开发套件可助您试验 BlueNRG-LP 片上系统功能。

这些平台几乎相同。因此，相同的要求或功能对二者均适用。STEVAL-IDB011V2 的唯一区别在于：U2（集成滤波器）更换为分立元件，CN7 更换为 1x4 封装。STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 具有以下特性：

- 低功耗蓝牙电路板，基于 BlueNRG-LP 低功耗蓝牙片上系统（QFN48 封装）
- 相关的开发套件软件包（STSW-BNRGLP-DK）包括固件和文档
- 兼容低功耗蓝牙，支持主、从及同时主和从角色
- 三个用户 LED
- 两个 user 按钮
- 3D 数字加速度计和 3D 数字陀螺仪
- 具有嵌入式温度传感器的 MEMS 压力传感器
- MEMS 音频传感器全向数字麦克风
- 电池座
- 通过 Mirco USB 连接器连接的 CMSIS-DAP 调试器/编程器
- USB 转串行桥，以通过 BlueNRG-LP 设备创建 I/O 通道
- 用于测量 BlueNRG-LP 电流的跳线
- 通过 RoHS 认证

图 6. STEVAL-IDB011V1 电路板元器件

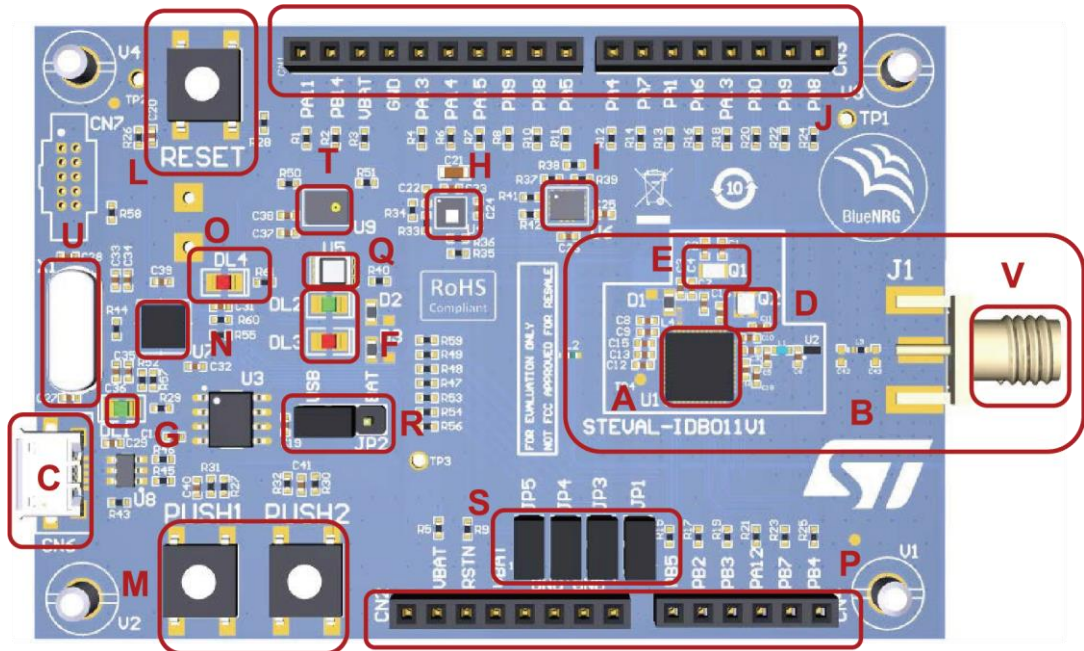


图 7. STEVAL-IDB011V2 电路板元器件

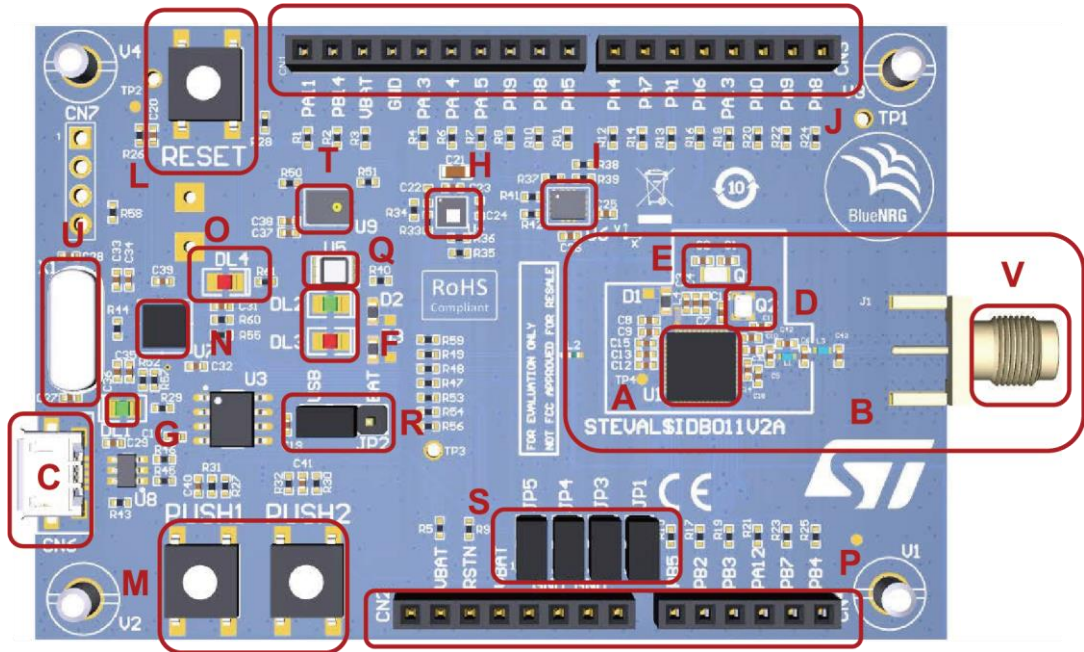


表 1. STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 电路板元器件说明

区域	说明
A	BlueNRG-355MC (BlueNRG-LP, QFN48 封装, 256 kbFlash 存储器, 64 kb RAM)
C	用于供电、I/O 和 CMSIS-DAP 调试器/编程器的 Micro USB 连接器
L	复位按钮
M	两个 user 按钮
H	具有嵌入式温度的 LPS22HH MEMS 压力传感器
I	LSM6DSOX 3D 数字加速度计和 3D 数字陀螺仪
G	电源 LED (DL1)
F	用户 LED (DL2 和 DL3)
Q	3 色 LED (U5)
O	编程器/调试器和通信活动 (LED DL4)
PCB 背面	两节 AAA 电池的电池座和用于焊接 CR2032 纽扣电池座的封装
J, P	两排 Arduino 连接器
N	USB CMSIS-DAP 编程/调试通道和串行桥接器, 用于 I/O 通道到 PC 的通信 (STM32F103xx 64 引脚微控制器) ⁽¹⁾
R	电源选项 (USB、电池)
D	32 MHz 高速晶振
E	32 kHz 低速晶振
S	板载跳线
T	MP34DT05-A 数字麦克风
U	8 MHz 晶振
V	SMA 连接器

1. 用户不得对 STM32 进行编程。

2.2 STEVAL-IDB010V1 板概述

您可以使用 STEVAL-IDB010V1 来体验 BlueNRG-LP 片上系统功能。

用于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB010V1 开发套件采用 WLCSP49 封装，安装有分立式匹配网络和芯片天线。板载 U.FL 连接器可进行射频性能测试。

USB Type-C™ 连接器取代 microUSB 连接器，用于供电和调试。

Tx/Rx 接口配备在专用连接器上。

最后，由电池提供电源，无需移动电路板上的跳线。

STEVAL-IDB010V1 具有以下特性：

- 低功耗蓝牙电路板，基于 BlueNRG-LP 低功耗蓝牙片上系统（WLCSP49 封装）
- 相关的开发套件软件包（STSW-BNRGLP-DK）包括固件和文档
- 兼容低功耗蓝牙，支持主、从及同时主和从角色
- 三个用户 LED
- 两个 user 按钮
- 3 轴数字加速度计和 3 轴数字陀螺仪
- 具有嵌入式温度传感器的 MEMS 压力传感器
- MEMS 音频传感器全向数字麦克风
- 电池座
- 通过 USB Type-C™ 连接的 CMSIS-DAP 调试器/编程器
- USB 转串行桥，以通过 BlueNRG-LP 设备创建 I/O 通道
- 用于测量 BlueNRG-LP 电流的跳线
- 通过 RoHS 认证

图 8. STEVAL-IDB010V1 电路板元器件

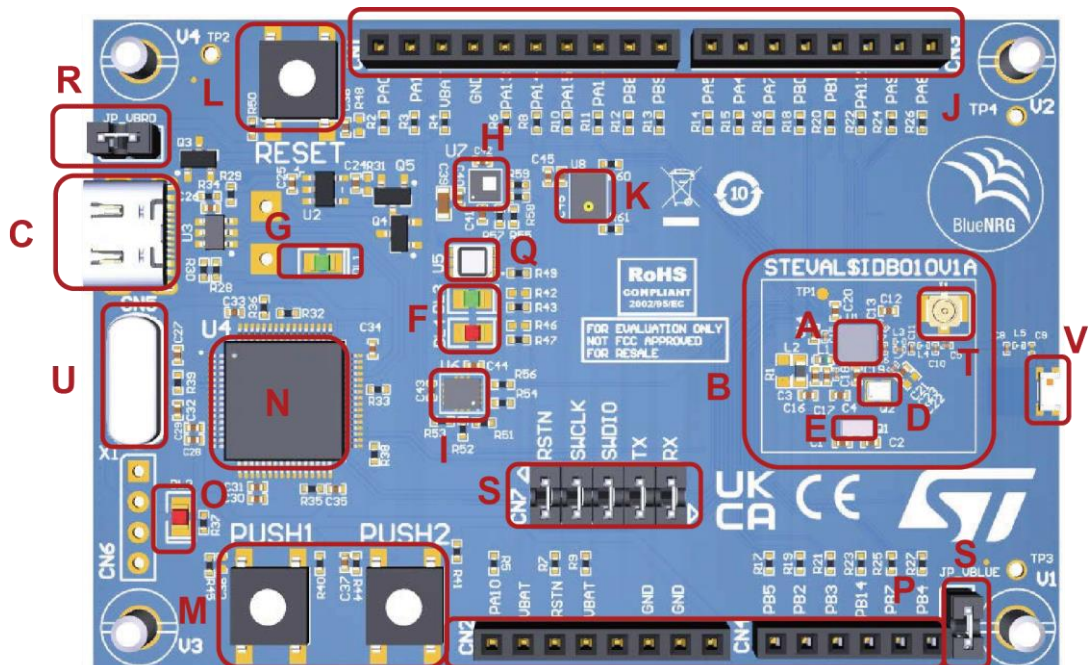


表 2. STEVAL-IDB010V1 电路板元器件说明

区域	说明
A	BLUENRG-355VC (BlueNRG-LP, WLCSP49 封装, 256 kb Flash 存储器, 64 kb RAM)
C	用于供电、I/O 和 CMSIS-DAP 调试器/编程器的 USB Type C™ 连接器
L	复位按钮
M	两个 user 按钮
H	具有嵌入式温度的 LPS22HH MEMS 压力传感器
I	LSM6DSOX 3 轴数字加速度计和 3 轴数字陀螺仪
K	MP34DT05-A 数字麦克风
G	电源 LED (DL1)
F	用户 LED (DL3、DL4)
Q	3 色 LED (U5)
O	编程器/调试器和通信活动 (LED DL2)
PCB 背面	PCB 背面两节 AAA 电池的电池座和用于焊接 CR2032 纽扣电池座的封装
J, P	两排 Arduino 连接器
N	USB CMSIS-DAP 编程/调试通道和串行桥接器, 用于 I/O 通道到 PC 的通信。 (STM32F103xx 64 引脚微控制器) ⁽¹⁾
R	电源选项 (USB、电池、外部电源)
D	32 MHz 高速晶振
E	32 kHz 低速晶振
S	低功耗蓝牙串行接口和电流测量用跳线
U	8 MHz 晶振
V	芯片天线
T	U.FL 连接器

1. 请勿对 STM32 进行编程。

2.3 STEVAL-IDB012V1 板概述

STEVAL-IDB012V1 可助您试验 BlueNRG-LPS 片上系统功能。

用于 BlueNRG-LPS 的 STEVAL-IDB012V1 开发套件采用 QFN32 封装, 安装有分立式匹配网络和 PCB 天线。

板载 U.FL 连接器可进行射频性能测试。

USB Type-C™ 连接器取代 microUSB 连接器, 用于供电和调试。

Tx/Rx 接口配备在专用连接器上。

最后, 由电池提供电源, 无需移动电路板上的跳线。

STEVAL-IDB012V1 具有以下特性:

- 低功耗蓝牙电路板, 基于 BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙片上系统 (QFN32 封装)
- 相关的开发套件软件包 (STSW-BNRGLP-DK) 包括固件和文档
- 兼容低功耗蓝牙, 支持主、从及同时主和从角色
- 三个用户 LED
- 两个 user 按钮
- 3 轴数字加速度计和 3 轴数字陀螺仪
- 具有嵌入式温度传感器的 MEMS 压力传感器
- 电池座
- 通过 USB Type-C™ 连接器连接的 CMSIS-DAP 调试器/编程器

- USB 转串行桥，以通过 BlueNRG-LPS 设备创建 I/O 通道
- 用于测量 BlueNRG-LPS 电流的跳线
- 通过 RoHS 认证

图 9. STEVAL-IDB012V1 电路板元器件

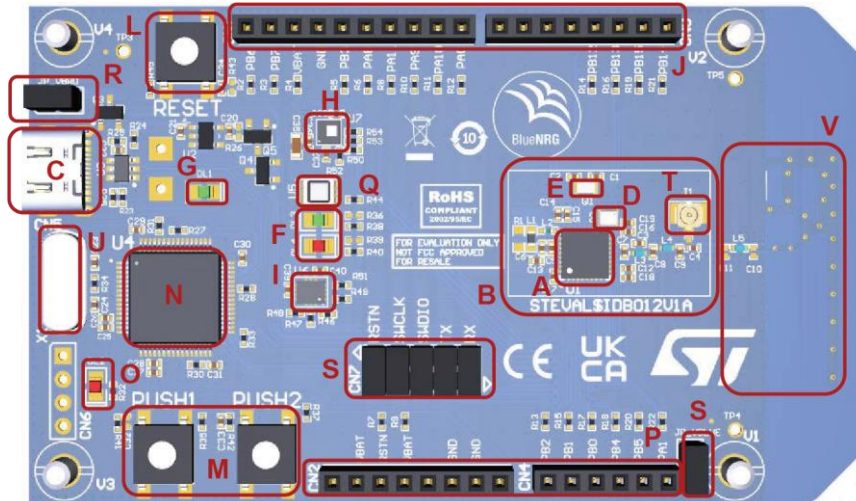


表 3. STEVAL-IDB012V1 电路板元器件说明

区域	说明
A	BlueNRG-332AC (BlueNRG-LPS, QFN32 封装, 192 kbFlash 存储器, 24 kb RAM)
C	用于供电、I/O 和 CMSIS-DAP 调试器/编程器的 USB Type C™连接器
L	复位按钮
M	两个 user 按钮
H	具有嵌入式温度的 LPS22HH MEMS 压力传感器
I	LSM6DSOX 3 轴数字加速度计和 3 轴数字陀螺仪
G	电源 LED (DL1)
F	用户 LED (DL3、DL4)
Q	3 色 LED (U5)
O	编程器/调试器和通信活动 (LED DL2)
PCB 背面	PCB 背面两节 AAA 电池的电池座和用于焊接 CR2032 纽扣电池座的封装
J,P	两排 Arduino 连接器
N	USB CMSIS-DAP 编程/调试通道和串行桥接器, 用于 I/O 通道到 PC 的通信 (STM32F103xx 64 引脚微控制器) ⁽¹⁾
R	电源选项 (USB、电池、外部电源)
D	32 MHz 高速晶振
E	32 kHz 低速晶振
S	低功耗蓝牙串行接口和电流测量用跳线
U	8 MHz 晶振
V	PCB 天线
T	U.FL 连接器

1. 请勿对 STM32 进行编程。

2.4 BlueNRG-LP SoC 连接

BlueNRG-LP 是超低功耗低功耗蓝牙单模片上系统（图 6、图 7 和图 8 – A 区），具有 256 KBFlash 存储器、64 KB RAM、32 位内核 Arm® Cortex®-M0+处理器以及多个外设（ADC、32 个 GPIO、I²C、SPI、I²S、定时器、UART、WDG 和 RTC）。

微控制器连至各种元件，例如按钮、LED 和传感器。

下表列出了 STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 开发套件上可用的连接和功能。

表 4. STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 上 BlueNRG-LP 引脚说明及功能

引脚名称	引脚号	板功能										
	QFN48	LED	Micro	按钮	麦克风	LPS22H H	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
PA0	13					I2C_CLK						
PA1	14					I2C_DAT					6	
PA2	15		SWDIO					SWDIO				
PA3	16		SWDIO					SWCLK				
PA4	17										8	
PA5	18								1			
PA6	19	U5									5	
PA7	20										7	
PA8	12		UART_RXD								1	
PA9	11		UART_TXD								2	
PA10	10		BOOT	PUSH1								
PA11	9		SPI_CS						10			
PA12	8											4
PA13	7		SPI_CLK				SPI_CLK		6		4	
PA14	6		SPI_MISO				SPI_MISO		5			
PA15	5		SPI_MOSI				SPI_MOSI		4			
PB0	4						INT1				3	
PB1	3				CLK							
PB2	2				DOUT							2
PB3	1											3
PB4	48											6
PB5	47											1
PB6	46			PUSH2								
PB7	45											5
PB8	44	DL2							2			
PB9	43	DL3							3			
PB10	42											

引脚名称	引脚号	板功能										
	QFN48	LED	Micro	按钮	麦克风	LPS22H H	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
PB11	41											
PB12	30											
PB13	29											
PB14	28								9			
PB15	27						SPI_CS					
RSTN	38		RSTN	RESET						3		
GND	49								7	7, 6		

表 5. STEVAL-IDB010V1 上 BlueNRG-LP 引脚说明及功能

引脚名称	引脚号	板功能										
	WLCSP49	LED	Micro	按钮	麦克风	LPS22HH	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
PA0	F6					I2C_CLK			10			
PA1	G6					I2C_DAT			9			
PA2	E5		SWDIO					SWDIO				
PA3	E4		SWCLK					SWCLK				
PA4	E3										7	
PA5	F5										8	
PA7	G5										6	
PA8	E7		UART_RXD								1	
PA9	D7		UART_TXD								2	
PA10	E6		BOOT	PUSH1						1		
PA11	D3		SPI_CS						3			
PA12	D6										3	
PA13	D5		SPI_CLK				SPI_CLK		6			
PA14	C7		SPI_MISO				SPI_MISO		5			
PA15	C6		SPI_MOSI				SPI_MOSI		4			
PB0	C5						INT1				5	
PB1	C4				CLK						4	
PB2	B7				DOUT							
PB3	B6											
PB4	B5											6
PB5	B4											1
PB6	B3			PUSH2								
PB7	B2											5
PB8	D4	DL3							2			
PB9	C3	DL4							1			
PB12	C2											
PB13	D2											
PB14	E2											4

引脚名称	引脚号	板功能										
	WLCSP49	LED	Micro	按钮	麦克风	LPS22HH	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
PB15	F2						SPI_CS					
RSTN	A5		RSTN	RESET						3		
GND	F3, F7, A7, B1, F4, G3, A3, G1								7	2,6		

图 6、图 7 和图 8 中的 B 区包括以下主要元器件：

- BlueNRG-LP 低功耗片上系统
- 32 MHz 高频晶振
- 32 kHz 低频晶振，可实现最低的功耗
- SMA 或 U.FL 连接器

2.5

BlueNRG-LPS SoC 连接

BlueNRG-LPS 是超低功耗蓝牙单模片上系统（图 9. STEVAL-IDB012V1 电路板元器件 A 区），具有 192 KByte 存储器、24 KB RAM、32 位内核 Arm® Cortex-M0®+处理器和多个外设（ADC、20 GPIO、I²C、SPI、I²S、定时器、UART、WDG 和 RTC）。

微控制器连至各种元件，例如按钮、LED 和传感器。

下表列出了 STEVAL-IDB012V1 开发套件上可用的连接和功能。

表 6. STEVAL-IDB012V1 上 BlueNRG-LPS 引脚说明及功能

引脚名称	引脚号	板功能									
	QFN32	LED	Micro	按钮	LPS22HH	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
PA0	8				I2C_CLK			1			
PA1	7		UART_TX								6
PA2	6		SWDIO				SWDIO				
PA3	5		SWCLK				SWCLK				
PA8	9					SPI_MISO		5			
PA9	10							3			
PA10	11		BOOT	PUSH1				2			
PA11	12					SPI_MOSI		4			
PB0	4		UART_RX								3
PB1	3	U5									2
PB2	2	DL4									1
PB3	1					SPI_CLK		6			
PB4	31	DL3									4
PB5	30			PUSH2							5
PB6	23							10			
PB7	22				I2C_DAT			9			
PB12	21									4	
PB13	20									3	
PB14	19					INT1				2	
PB15	18					SPI_CS				1	

引脚名称	引脚号	板功能									
	QFN32	LED	Micro	按钮	LPS22HH	LSM6DSOX	SWD	CN1	CN2	CN3	CN4
RSTN	29		RSTN	RESET					3		
GND	33							7	2, 6		

图 9 中的 B 区包括以下主要元器件：

- BlueNRG-LPS 低功耗片上系统
- 32 MHz 高频晶振
- 32 kHz 低频晶振，可实现最低的功耗
- U.FL 连接器

2.6 电源

DL1 绿色 LED（图 6、图 7、图 8 和图 9，G 区）表示电路板正在从 microUSB 连接器 CN6（图 6 和图 7，区域 C）或 USB Type-C™连接器 CN5（图 8 和图 9，C 区），以 5 Vdc、50 mA 供电。

电路板也可通过以下方式供电：

- 以 3 Vdc、50 mA，从电路板后部 BATT1 区中的 2 节 1.5 Vdc AAA 电池供电

危险： 请勿更换型号不正确的电池，因为存在火灾或爆炸等严重风险。

重要： 在将电池插入电池座之前，请检查电池的极性。

- 一粒 CR2032 纽扣电池（若在板背面 BATT2 区焊接了纽扣电池托架）
- 外部直流电源[1.7 V 至 3.6 V]

表 7. STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台供电模式

供电模式	JP2 设置	说明
1 - USB	USB 位置	通过 CN6 连接器进行 USB 供电（图 6，C 区）
2 - 电池	BAT 位置	必须通过电池供电（电路板背面）。
3 - 外部直流电源	删除了	必须通过 JP2 引脚 2 供电。无需 USB 连接

表 8. STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台供电模式

供电模式	JP_VBRD	说明
1 - USB	无需更改	通过 CN5 进行 USB 供电（图 9，C 区）
2 - 电池	无需更改	必须通过电池供电（电路板背面）。
3 - 外部直流电源	JP_VBRD 已移除	必须通过 JP_VBRD 引脚 1 供电。无需 USB 连接。

2.7 电路保护

始终提供电源，以确保电路保护。例如，2.0 USB 端口允许最大消耗 500 mA。

开发板消耗的最大电流为 50 mA。

2.8 工作温度

请在室温（25°C）下使用设备。

2.9 主要瞬态电压

该设备可承受最大 1500 V 峰值主瞬态电压。

2.10 跳线

可提供以下跳线（图 6、图 7、图 8 和图 9，S 区域）。

表 9. STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台跳线

跳线	说明
JP1	该跳线为 BlueNRG-LP 电路提供电压。必须经过适配，可用于 BlueNRG-LP 电流测量。
JP2	该跳线是两个电源域之间的开关： <ul style="list-style-type: none"> BAT 位置 - 从电池座供电 USB 位置 - 从 USB 连接器供电
JP3	该跳线连接 BlueNRG-LP BLE_SWCLK 引脚与 USB_CMSISDAP SWCLK 引脚。必须经过适配。
JP4	该跳线连接 BlueNRG-LP BLE_SWDIO 引脚与 USB_CMSISDAP SWDIO 引脚。必须经过适配。
JP5	该跳线连接 BlueNRG-LP BLE_RSTN 引脚与 USB_CMSISDAP 的引脚。必须经过适配。

表 10. STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台跳线

跳线	说明
JP_VBLUE	该跳线为 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 电路提供电压。它可用于 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 电流测量。
JP_VBRD	它提供来自板载稳压器或电池的电源。
CN7.1-2	连接 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS UART Tx 引脚与 CMSIS DAP-Link 的 UART Rx 引脚。
CN7.3-4	连接 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS UART Rx 引脚与 CMSIS DAP-Link 的 UART Tx 引脚。
CN7.5-6	连接 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS SWDIO 引脚与 CMSIS DAP-Link 的 SWDIO 引脚。
CN7.7-8	连接 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS SWCLK 引脚与 CMSIS DAP-Link 的 SWCLK 引脚。
CN7.9-10	连接 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS RSTN 引脚与 CMSIS DAP-Link。

2.11 传感器

平台上有下述传感器：

1. LPS22HH（图 6、图 7、图 8 和图 9，H 区）压阻式绝对压力传感器，用作数字输出气压计。设备包括一个传感元件和一个 IC 接口，从传感元件至应用通过 I²C 通信。
2. LSM6DSOX（图 6、图 7、图 8 和图 9，I 区）3D 数字加速度计和具有嵌入式温度传感器的 3D 数字陀螺仪通过 SPI 接口通信。还连接了一条用于中断的走线
3. 连接到 BlueNRG-LP PDM 端口的 MP34DT05-A MEMS 音频传感器全向数字麦克风。

注意：STEVAL-IDB012V1 套件上没有数字麦克风。

2.12 扩展连接

以下两行 Arduino 连接器共用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 信号测试点：CN1、CN3（图 6、图 7、图 8 和图 9，J 区）和 CN2、CN4（图 6、图 7、图 8 和图 9，P 区）。

根据 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件上的 JP2 设置和 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件上的 JP_VBRD 设置（参见表 7 和表 8），CN2.2 引脚和 CN1.8 引脚的电源通过以下方式提供：

- 板载稳压器，即 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 上的 U3 和 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 上的 U2。分别参见 LDL212D33R 和 LDK120M33R 数据手册
- 电池（一个碱性电池的典型容量为 1.3-1.8 Wh）
- 外部直流电源

2.13 按键

电路板有一个用户按钮用于复位微控制器（图 6、图 7、图 8 和图 9，L 区），以及另外两个按钮用于应用目的（N 区）。

2.14 LED

STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件具有 LED DL1（绿色电源 LED）、DL2（绿色）、DL3（红色）、U5（蓝色）和 DL4（USB_CMSISDAP 活动红色 LED）（图 6 和图 7，G 区、F 区、Q 区和 O 区）。

STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件具有 LED DL1（绿色电源 LED）、DL3（绿色）、DL2（红色）、U5（蓝色）和 DL4（USB_CMSISDAP 活动红色 LED）（图 8 和图 9，G 区、F 区、Q 区和 O 区）。

2.15 CMSIS-DAP 和虚拟 COM

STM32F103xx 微控制器最重要的特性（图 6、图 7、图 8 和图 9，N 区）如下：

通过 Micro USB 连接器提供 CMSIS-DAP 调试/编程能力

USB 转串行桥提供与 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备的 I/O 通信通道（与作为 USB 主机设备的 PC 相连）

通过拖放功能来下载 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 的程序

注意： 用户不得对板载 STM32 微控制器进行编程。意法半导体提供预编程固件镜像（USB_CMSISDAP.hex），用于 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 与具有突出特性的 USB 主机设备进行连接。

2.15.1 Windows 操作系统的虚拟 COM 端口驱动设置

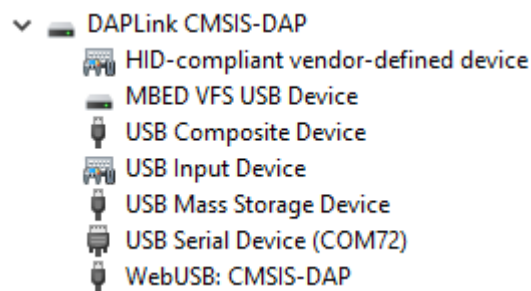
在 Windows 10 操作系统下，无需安装驱动。

2.15.2 系统功能检查

为了检查系统是否可以使用，按照下面的步骤进行操作。

第 1 步。 检查 CMSIS-DAP 设备是否出现在 Windows 设备管理器中。

图 10. Windows 设备管理器 - CMSIS-DAP



注意： 无需安装复合设备（WebUSB：不需要 CMSIS-DAP）安装，因为未使用该功能。

第 2 步. 检查[设备和驱动]下面是否有 ST IDB011VX 大容量存储设备（若电路板通过 USB 线供电且连接到 PC）。这同样适用于 IDB012VX 和 IDB010VX 套件。

图 11. ST IDB011VX 大容量存储设备



第 3 步. 检查 DL1 LED 是否点亮（若电路板通过 USB 供电）。

2.15.3 USB_CMSISDAP 编程/调试功能

STEVAL-IDB011V1、STEVAL-IDB011V2、STEVAL-IDB010V1 和 STEVAL-IDB012V1 支持这种板载编程/调试功能（USB_CMSISDAP）。使用该功能时，您必须选择 CMSIS DAP 作为 IAR EWARM、Keil® μVision、或 WiSE-Studio GCC 工具链开发环境中的调试器/编程器。

图 12. IAR EWARM 项目 - 调试器选项

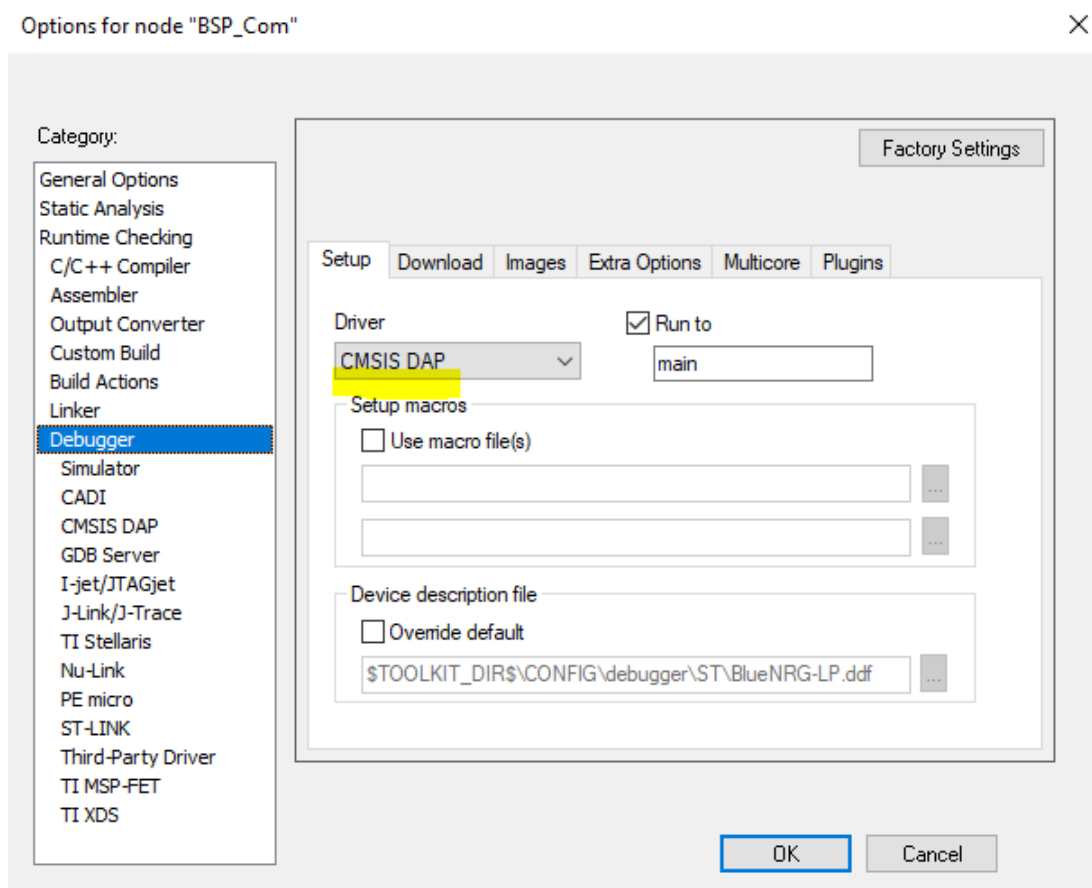


图 13. Keil® µVision 项目 - 调试器选项

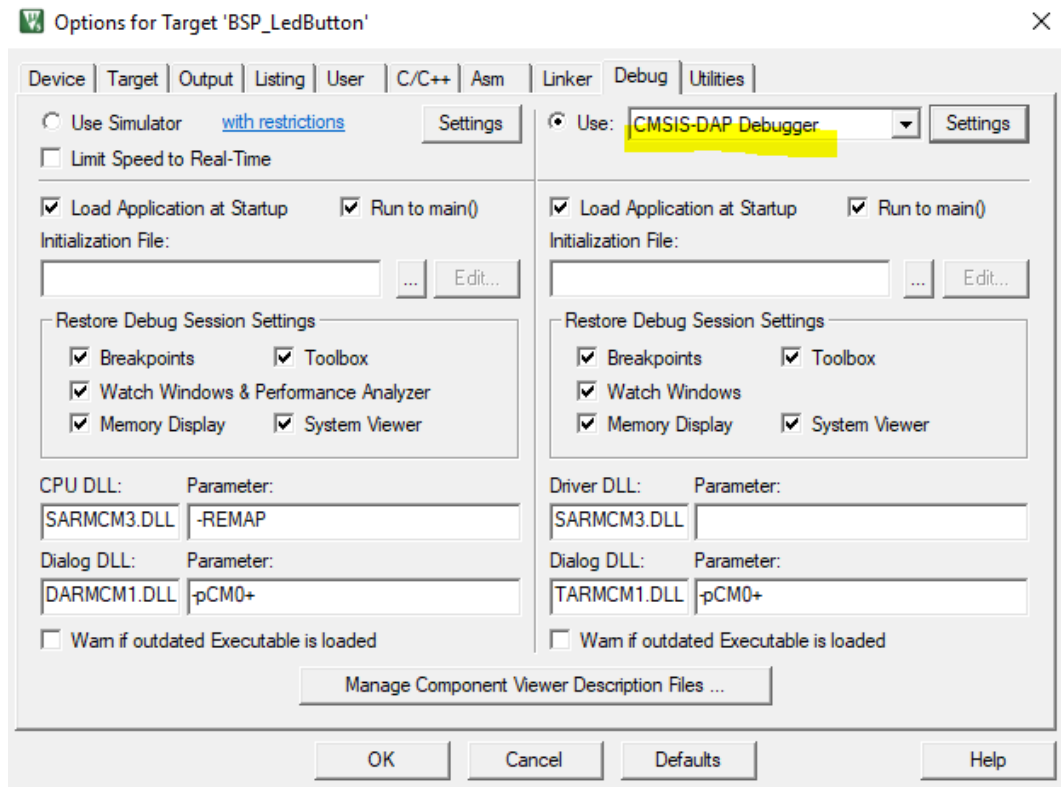
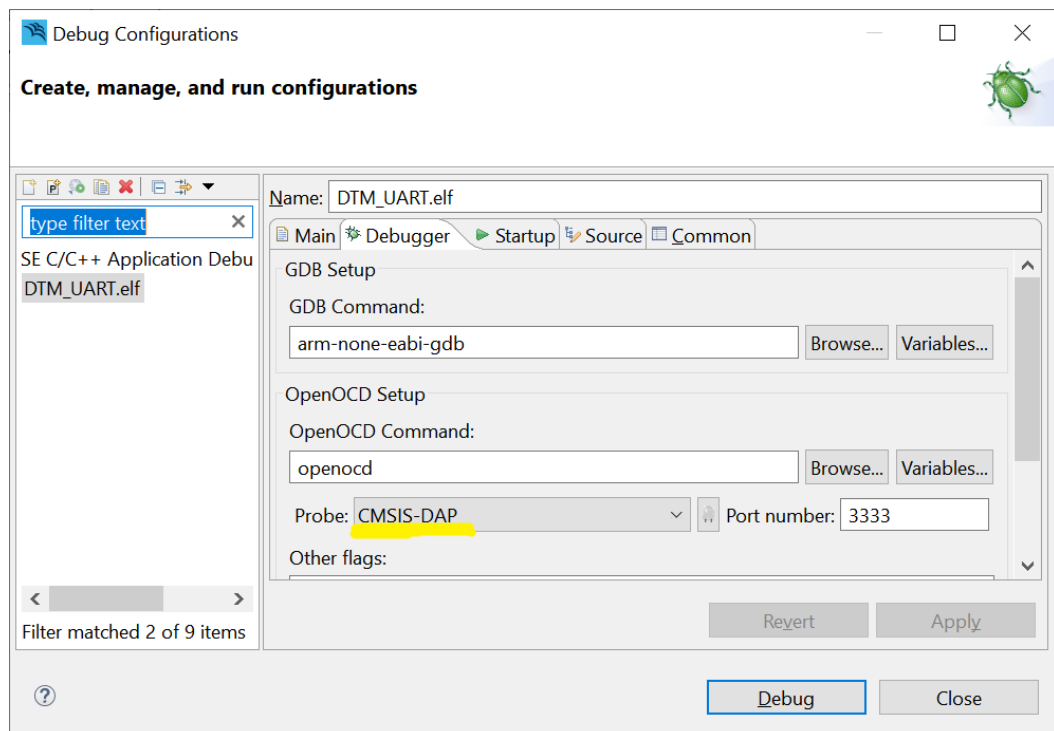


图 14. WiSE-Studio 项目 - 调试器选项



通过将二进制文件复制并粘贴（或拖放）到 ST IDB01XVX 大容量存储设备中，可以将二进制镜像（.bin 或 .hex）加载到 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS。

2.15.4 USB_CMSISDAP 固件更新

如果分别发布了 BlueNRG-LP 和 BlueNRG-LPS 电路板的 USB_CMSISDAP_LP 和 USB_CMSISDAP_LPS 固件的更新版本，则应按照以下步骤更新固件。

第 1 步。 拔出 USB 线（如已插入）。

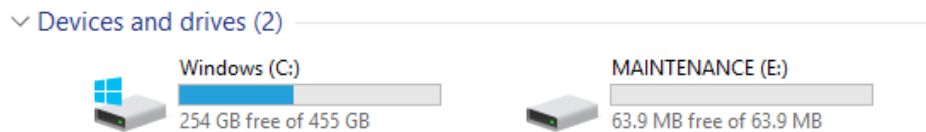
第 2 步。 按住[复位]按钮。

第 3 步。 插入 USB 线。

第 4 步。 释放[复位]按钮。

新的大容量存储设备[维护]随即显示。

图 15. USB_CMSISDAP 固件 - “维护”大容量存储设备



第 5 步。 将新的二进制镜像复制并粘贴到[维护]大容量存储设备中。

第 6 步。 在操作结束后，拔出并再次插入 USB 线，以便启动电路板。

2.16 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 编程和调试

要对嵌入在 STEVAL-IDB011V1、STEVAL-IDB011V2、STEVAL-IDB010V1 和 STEVAL-IDB012V1 电路板中的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 进行编程和调试，可在使用外部 SWD 编程器/调试器工具之前，移除：

- STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 套件平台的 JP3、JP4 和 JP5 跳线，并将 SWD 工具连接到电路板，如下表所示

表 11. 外部 SWD 和 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 引脚连接

SWD 引脚	套件平台引脚
SWDIO	JP4 引脚 1
SWCLK	JP3 引脚 1
NRST	JP5 引脚 1
GND	GND
目标 VCC	VBAT

- STEVAL-IDB010V1 和 STEVAL-IDB012V1 套件平台的 CN7.5-6、CN7.7-8 和 CN7.9-10 跳线，并将 SWD 工具连接到电路板，如下表所示

表 12. 外部 SWD 和 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 引脚连接

SWD 引脚	套件平台引脚
SWDIO	CN7.6
SWCLK	CN7.8
NRST	CN7.10
GND	GND
目标 VCC	VBAT

切记： 在使用受支持的 IDE 工具链之前，请从 IAR EWARM 项目（选项/调试器）、Keil® μVision 项目（选项/调试）和 WiSE-Studio GCC 项目（运行/调试配置）中，选择相关的 SWD 编程器/调试器工具。

通过 USB 连接器提供的 CMSIS-DAP 调试/编程功能也可用于其他电路板上 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 器件的编程/调试。

- 在 STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 上，移除 JP3、JP4 和 JP5 跳线。然后，将 BlueNRG-LP 套件平台连接到电路板 SWD 引脚、GND 和目标 VCC，如下所示：

表 13. STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台和用户板引脚连接

BlueNRG-LP 套件平台引脚	用户电路板 SWD 引脚
JP4 引脚 2	SWDIO
JP3 引脚 2	SWCLK
JP5 引脚 2	NRST
GND	GND
VBAT	目标 VCC

- 在 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 上，移除 CN7.5-6、CN7.7-8 和 CN7.9-10 跳线。然后，将 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 套件平台连接到电路板 SWD 引脚、GND 和目标 VCC，如下所示：

表 14. STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台和用户板引脚连接

套件平台引脚	用户电路板 SWD 引脚
CN7.5	SWDIO
CN7.7	SWCLK
CN7.9	NRST
GND	GND
VBAT	目标 VCC

最后，将 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 套件平台 USB 连接到 PC USB 端口，以便开始您自己电路板上 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 器件的编程和调试。

2.17 电流测量

要监测 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 的功耗，必须移除：

- JP1 的跳线，并在 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件上的连接器引脚 1 和 2 之间插入电流表
- 跳线 JP_VBLUE，并在 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件上的连接器引脚 1 和 2 之间插入电流表

由于 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 的功耗通常非常低，建议使用量程为几微安的高精度仪表。

2.18 STEVAL-IDB011V1/IDB011V2 套件的硬件设置

- 第 1 步. 将天线连接至 SMA 连接器。
- 第 2 步. 按照表 7 将 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 板配置为 USB 供电模式
- 第 3 步. 使用 USB 线（CN6 连接器）将 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 电路板连接到 PC。
- 第 4 步. 检查 DL1 电源指示灯是否点亮。

2.19 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件的硬件设置

- 第 1 步. 按照表 8 将 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 板配置为 USB 供电模式
- 第 2 步. 使用 USB 线（CN5 连接器）将 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 电路板连接到 PC。
- 第 3 步. 检查 DL1 电源指示灯是否点亮。

3 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator GUI 能让您选择和运行演示应用，无需额外的硬件。该应用提供下列 DK 软件包组件的访问途径：

- BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙演示应用
- BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设驱动样例（LL、HAL 和 MIX）
- BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 2.4 GHz 专有无线电样例
- BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 开发套件
- 版本说明
- 许可文件

使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS DK Navigator，您可以在 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 平台上直接下载并运行选择的预建应用二进制映像（低功耗蓝牙样例或外设驱动器样例），而不需要 JTAG 接口。

界面给出了示例说明，对板配置的访问以及需要的源代码。

您可通过下列菜单下的 BlueNRG-LP Navigator 图标运行实用工具：[Start]>[ST BlueNRG-LP_LPS DK X.X.X]>[BlueNRG-LP Navigator]，[BlueNRG-LPS Navigator]。

注意： 在本节中，以 BlueNRG-LP Navigator 为例进行展示。类似的概念适用于 BlueNRG-LPS Navigator。

图 16. BlueNRG-LP Navigator



3.1 演示应用

您可以将菜单导航到您希望运行的参考/示例应用。对于每个应用都会提供下述信息：

- 应用设置（如适用）
- 应用描述
- 应用硬件相关信息（例如 LED 灯，跳线配置等等）

每个应用还有下述功能：

- **Flash：** 将可用的预建二进制文件自动下载并运行到连接至 PC USB 口的 BlueNRG-LP 平台
- **Doc：** 显示应用文档（html 格式）
- **Project：** 打开含有应用头文件、源文件和项目文件的项目文件夹

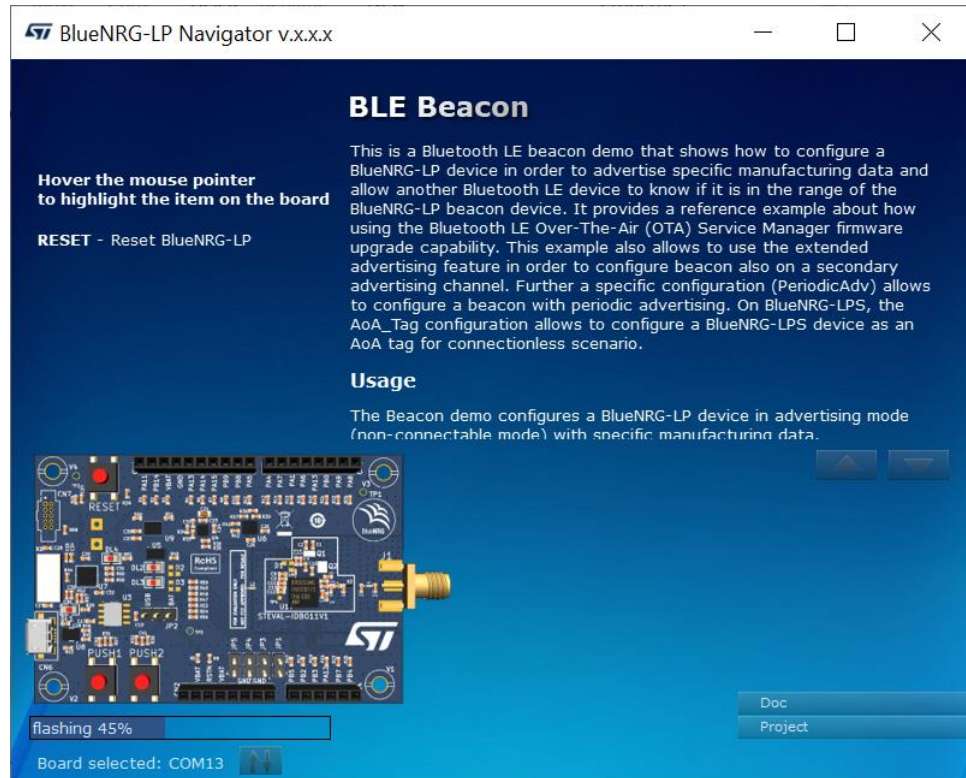
下图为您显示了如何运行 BLE Beacon 示例应用；其它示例功能也类似。

图 17. BlueNRG-LP Navigator - BLE Beacon 应用



当 BlueNRG-LP 平台连接至您的 PC USB 口时，您可以在应用窗口点击[Flash & Run]选项卡，在 BlueNRG-LP 平台上下载并运行可用的预建应用二进制镜像。

图 18. BlueNRG-LP Navigator - BLE Beacon Flash 编程



选择[Doc]选项卡打开相关的 html 文档。

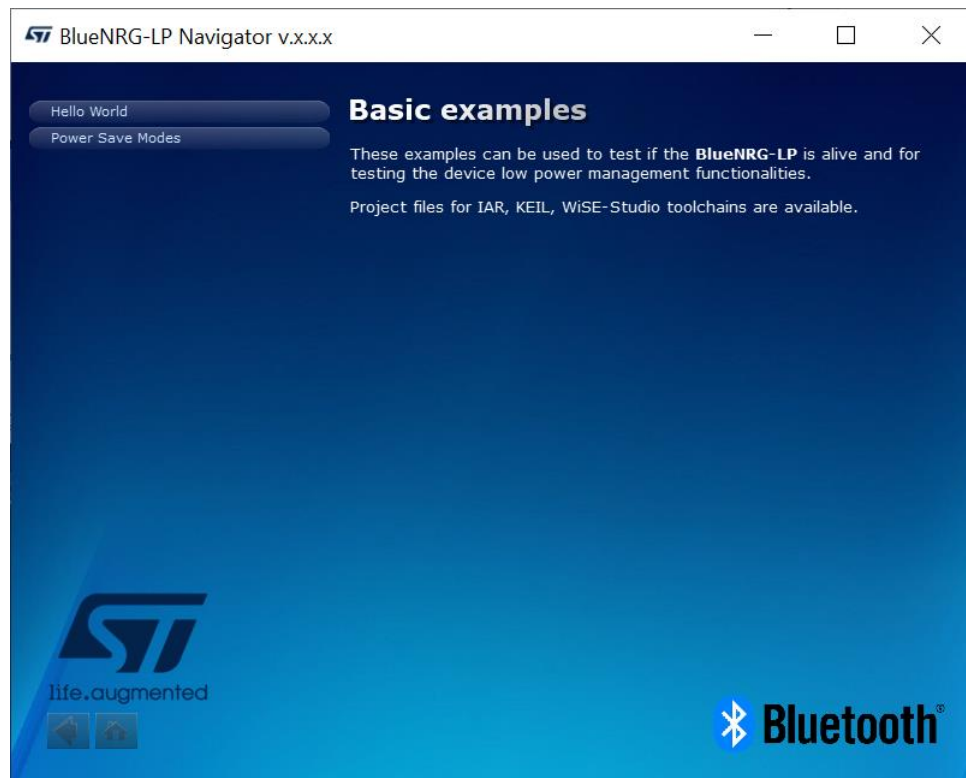
图 19. BLE Beacon 文档



3.2 基础样例

本页列出了一些基本的示例应用程序，以验证一些 BlueNRG-LP 设备模式（活动、睡眠、唤醒）。

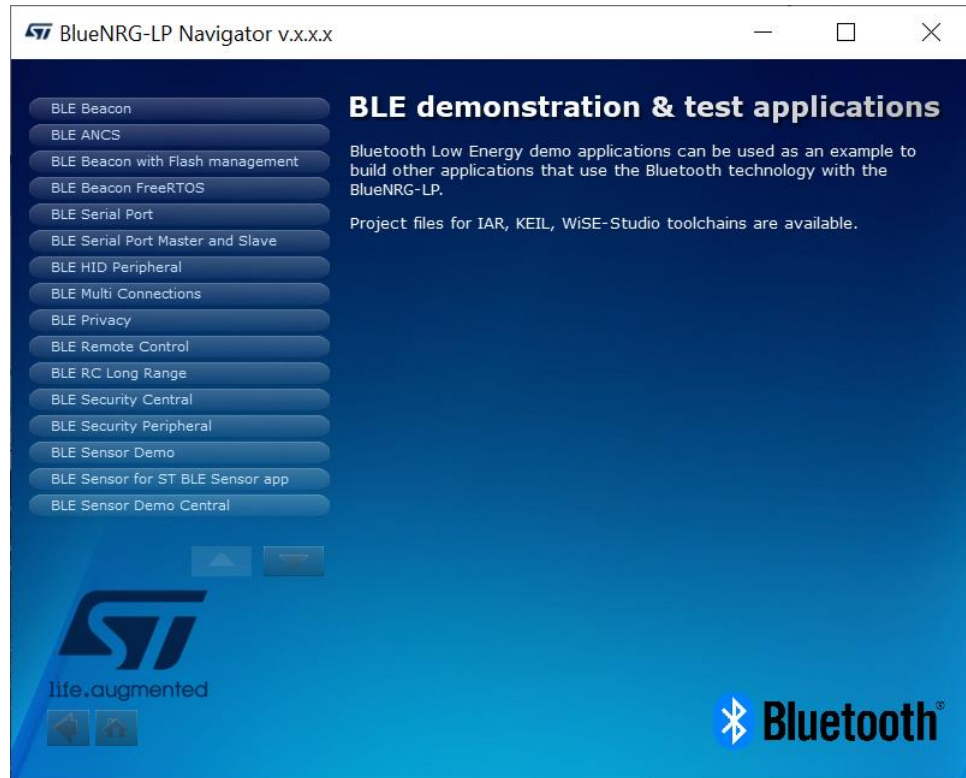
图 20. BlueNRG-LP Navigator - BlueNRG-LP 基本样例



3.3 BLE 示例和测试应用

本页列出了 DK 软件包中所有可用的低功耗蓝牙示例应用。这些应用为 BlueNRG-LP 设备提供了低功耗蓝牙协议栈特性的使用样例。

图 21. BlueNRG-LP Navigator - BLE 示例和测试应用



3.4 外设驱动样例

BlueNRG-LP Navigator 包含与下列类别相关的三组外设驱动样例：

1. LL
2. HAL
3. MIX

图 22. BlueNRG-LP 外设驱动样例

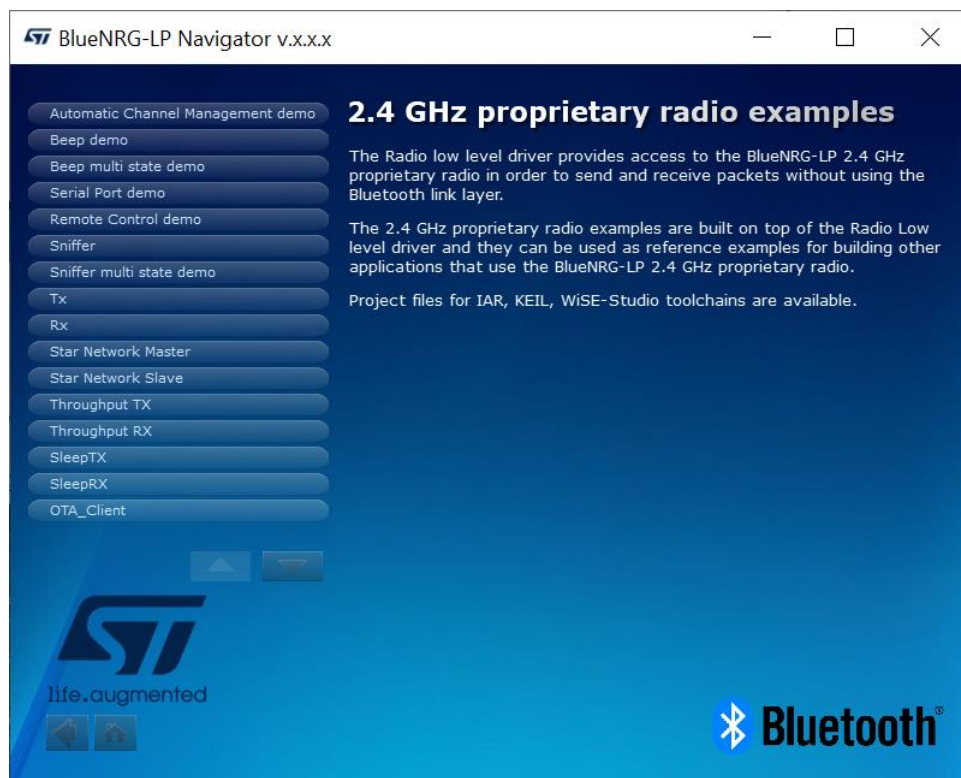


3.5 2.4 GHz 专有无线电示例

2.4 GHz 专有无线电驱动提供对 BlueNRG-LP 器件无线电的访问，用于在不使用蓝牙链路层的情况下发送和接收数据包。

2.4 GHz 专有无线电示例以 2.4 GHz 专有无线电驱动为基础进行构建，可用作构建其他使用 BlueNRG-LP 无线技术的应用的参考示例。

图 23. BlueNRG-LP Navigator - 2.4 GHz 专有无线电示例

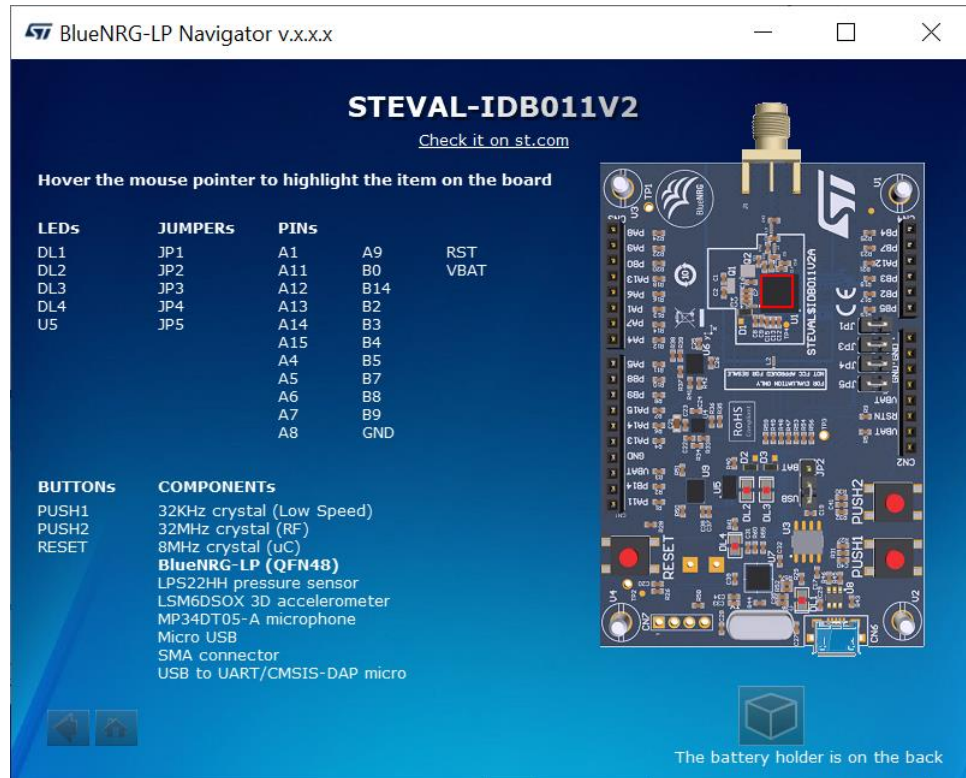


3.6

开发套件

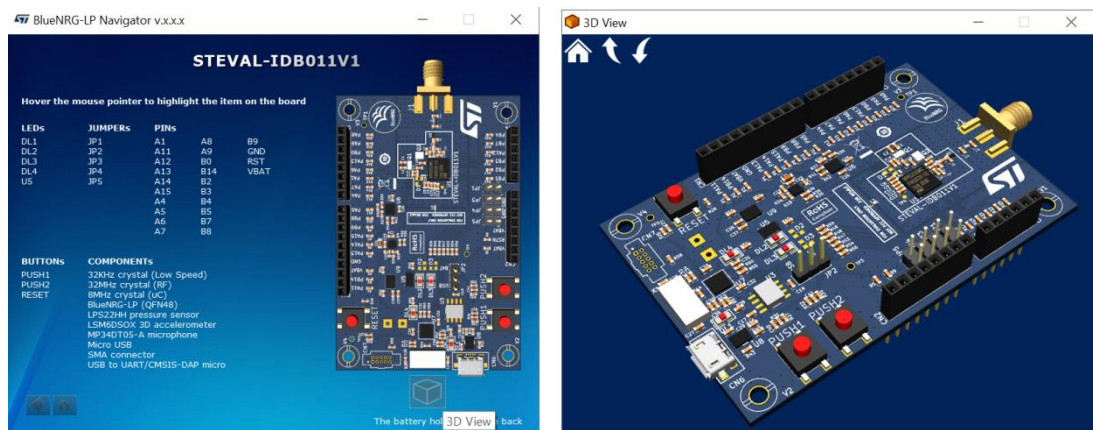
此窗口显示可用的 BlueNRG-LP DK 套件平台和相应的资源。当您将鼠标指针停在特定一项上时，相关的元器件会在电路板上高亮显示。

图 24. BlueNRG-LP Navigator - 开发套件元器件



此外，用户只需选择相关图标，即可访问开发套件三维视图。

图 25. BlueNRG-LP Navigator - 开发套件三维视图



注意：目前，BlueNRG-LP Navigator 不支持 STEVAL-IDB010V1。

3.7 版本说明和许可证

版本说明和许可证页分别显示了 DK 软件包版本说明（html 格式）和 DK 软件包许可文件。

3.8 文档索引

本页显示提供了可用文档链接（html 和 pdf 格式）的 DK 软件包文档索引。

4 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 无线电初始化向导

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Radio Init Wizard 是一种 PC 应用，用于根据特定的用户应用场景，定义正确的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙无线电初始化所需的正确值。

生成的配置头文件（*_config.h）将应用于用户的演示应用文件夹。

注意： BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 无线电初始化向导仅适用于支持低功耗蓝牙协议栈 v3 x 系列的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS DK 软件包（STSW-BNRGLP-DK）。

4.1 如何运行无线电初始化向导

用户可以点击[启动]>[ST BlueNRG-LP_LPS DK X.X.X]下面的无线电初始化向导图标来运行该实用工具。

图 26. 无线电初始化向导 - 通用配置

The screenshot shows the 'BlueNRG-X Radio Init Wizard v. x.x.x' application window. At the top, there is a menu bar with 'File' and 'Help'. Below the menu bar is a text field labeled 'Specify the name of demo application (*)'. The main area is divided into two panes. The left pane, titled 'Wizard', contains a list of topics: 'General Configuration' (selected), 'Stack Configuration', 'Radio Configuration', 'Service Configuration', 'Connection Configuration', 'Security Database Configuration', 'OTA Configuration', 'Overview', and 'Output'. Below this list is a description: 'It allows to define general configuration parameters as characteristic device name, Bluetooth Low Energy FW stack (if applicable), which impact the radio initialization parameters.' The right pane, titled 'General Configuration', contains three fields: 'Device Name' (text box with 'BlueNRG'), 'Type of Device' (dropdown menu with 'BlueNRG-LPS'), and 'Firmware Stack Version' (dropdown menu with '3.1.a'). Below these fields is a button labeled 'General Configuration Parameters'. At the bottom of the window are two buttons: 'Previous' and 'Next'. A legend at the bottom left indicates that '*' denotes a mandatory field.

4.2 主要的用户界面窗口

在无线电初始化向导实用工具的左侧部分，您可以选择以下主题，以便根据特定的低功耗蓝牙应用要求定义无线电初始化参数：

1. 通用配置
2. 协议栈配置
3. 无线电配置
4. 服务配置
5. 连接配置
6. 安全数据库配置
7. OTA 配置
8. 概述
9. 输出

注意： 无线电初始化向导工具用于根据应用需求配置无线电初始化参数值。它概述了低功耗蓝牙协议栈所需的相关 RAM。还可以评价每个参数对整体 RAM 内存布局的影响，从而根据可用的设备 RAM 内存，调谐每个无线电初始化参数（即 NumOfLinks、ATT_MTU 等）的值。

请参考 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS DK 软件包（STSW-BNRGLP-DK）](#) 中提供的 BlueNRG-LP、BlueNRG-LPS 无线电初始化向导文档，了解每个提供的配置部分的更多详细信息。

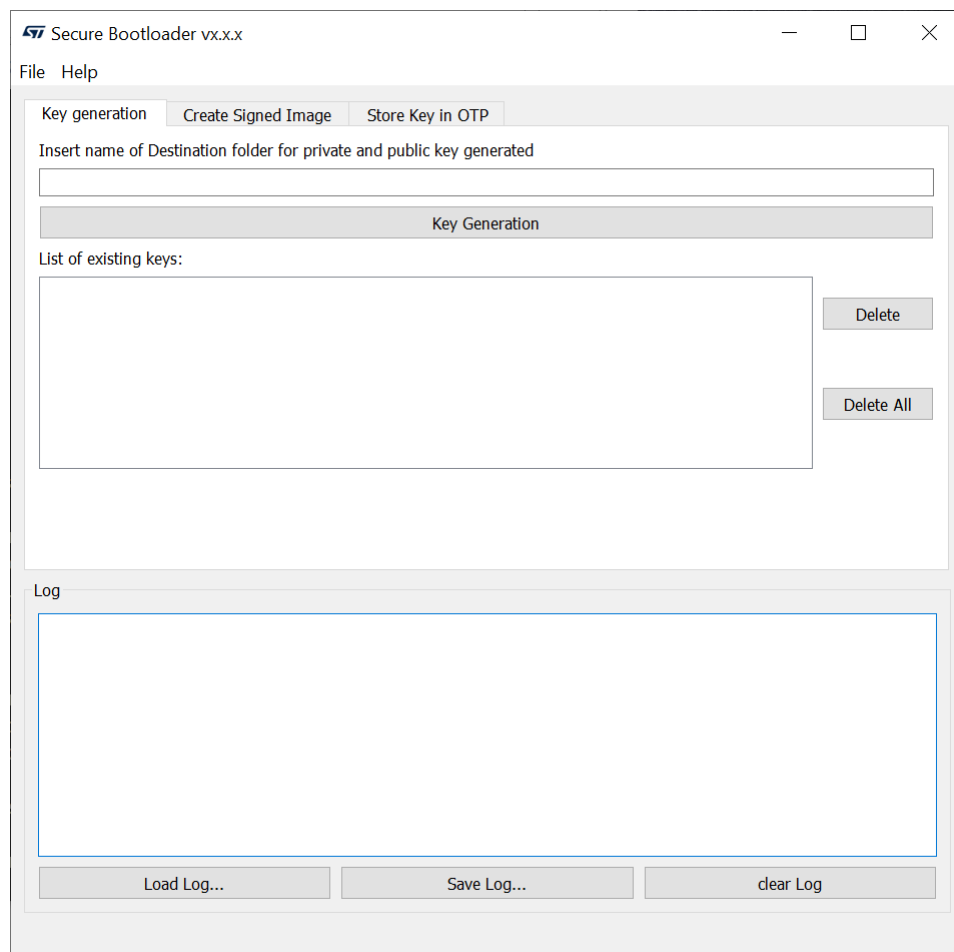
5 安全自举程序 GUI

安全自举程序 GUI PC 应用利用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备 UART 自举程序的安全自举程序框架功能。它可用于生成身份验证密钥、对二进制映像进行签名以及通过 OTP 激活安全自举程序。

该 GUI PC 应用使用“Application/Secure_bootloader”文件夹中提供的独立安全自举程序实用工具。

重要： 一旦在 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备上激活，安全自举程序是不可逆的。

图 27. 安全自举程序 GUI



该应用可分为：

- 密钥生成
- 创建的签名映像
- 将密钥存储在 OTP 中

5.1 密钥生成选项卡

“密钥生成”选项卡可用于：

- 生成新的密钥对（公钥和私钥）
- 列出当前数据库上的所有现有密钥对，并且可选择删除单个密钥或删除全部密钥
- 针对所生成的密钥对选择目标文件夹

注意： “日志”选项卡也可用。它显示所选操作的结果。

5.2 “创建签名映像”选项卡

“创建签名映像”选项卡支持以下操作：

- 设置密钥对（公钥和私钥）以创建文件签名
- 选择要签名的文件
- 设置签名文件的名称
- 创建签名映像

注意： “日志”选项卡也可用。它显示所选操作的结果。

5.3 “将密钥存储在 OTP 中”选项卡

“将密钥存储在 OTP 中”选项卡支持以下操作：

- 选择设备 COM 端口
- 选择要存储在设备 OTP 中的密钥对（公钥和私钥）
- 设置要认证的固件的起始地址
- 指定是否必须锁定 OTP
- 将密钥存储在 OTP 中

注意：

- “日志”选项卡也可用。它显示所选操作的结果。
- 安全启动特性不可逆并且无法禁用。在复位时激活安全启动特性时，设备验证主 Flash 中的固件是否经过认证。使用存储在 OTP 中的公钥。
- 由于无法更改 OTP，因此保存使用实用工具“密钥生成”选项卡生成的密钥非常重要。如果需要新的固件更新，则必须使用相同的密钥为新的签名固件生成签名，否则安全自举程序会将固件检测为未经认证，并且无法执行。

6 使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 片上系统编程

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙协议栈作为二进制库提供，其中包含一组 API 用于控制低功耗蓝牙功能。

提供了一些回调，让用户应用处理低功耗蓝牙协议栈事件。您必须将二进制库链接到您的应用，使用相关 API 访问低功耗蓝牙功能，完成协议栈事件回调，根据应用需求管理响应。

还包括一组软件驱动器 API，用以访问 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS SoC 外设和资源（ADC、AES、CRC、DMA、GPIO、I²C、IWDG、LPUART、PWR、RCC、RNG、micro、RTC、SPI、SysTick、TIM 和 USART）。

开发套件软件包括样例代码，展示了如何配置 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 并使用设备驱动、低功耗蓝牙 API 和事件回调。

6.1 软件目录

BlueNRG-LP、BlueNRG-LPS DK 软件包文件由如下主要目录组成：

- **应用：**包含 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator、无线电初始化向导和安全自举程序 PC 应用程序
- **Doc：**含有 doxygen 低功耗蓝牙 API 和事件、BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设驱动器、低功耗蓝牙演示应用、外设样例、SDK 和 HAL 驱动器文档、DK 版本说明和许可文件
- **固件：**含有预建的二进制低功耗蓝牙和外设驱动器样例应用
- **驱动：**
 - **BSP：**SDK 驱动，为 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 平台硬件资源（LED、按钮、传感器、I/O 通道）提供 API 接口
 - **CMSIS：**BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS CMSIS 文件
 - **External_micro：**驱动框架，用于支持具有外部微控制器的网络协处理器框架
 - **Peripherals_Drivers：**用于设备外设（ADC、AES、CRC、DMA、时钟、GPIO、I²C、IWDG、LPUART、PWR、RCC、RNG、RTC、SPI、SysTick、TIM 和 USART）的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 驱动器。
- **中间件：**
 - **低功耗蓝牙：**低功耗蓝牙栈二进制库以及协议栈 API、栈和事件回调的所有定义。低功耗蓝牙协议栈 v3.x 配置头文件和源文件
 - **BLE_Application：**低功耗蓝牙应用框架文件（低功耗蓝牙协议栈层定义值、OTA 固件升级、低功耗蓝牙实用工具、主库、GATT、GAP 标准配置文件、ATT 准备写入队列框架）
 - **Cryptolib：**AES 密码库
 - **External_micro：**低功耗蓝牙框架，用于支持具有外部微控制器的网络协处理器框架
 - **HAL：**硬件抽象层 API，用于抽象某些 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 硬件/软件特性（崩溃处理程序、内存实用工具、FIFO 管理、编译器宏、2.4 GHz 无线电专有解决方案的无线实用工具、通用实用工具）。
 - **NVMDB：**非易失性存储器
 - **AESMGR：**AES 管理器
 - **BLECNTR：**低功耗蓝牙控制器管理器
 - **PKAMGR：**PKA 管理器
 - **RNGMGR：**RNG 管理器

- **项目**
 - **BLE_Examples:** 低功耗蓝牙演示应用，包括头文件、源文件以及 EWARM、Keil®和 WiSE-Studio 项目文件
 - **External_micro:** 低功耗蓝牙网络协处理器演示应用，包括头文件、源文件和 EWARM 项目文件
 - **Peripheral_Examples:** BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设 LL、HAL 和混合示例的应用样例，包括头文件、源文件和项目文件。其中还包含 2.4 GHz 专有无线电样例（在 MIX 文件夹中）
- **实用工具:** 包含用于 IAR、EWARM 和 Keil®、MDK-ARM 工具链的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 补丁。

注意: STSW-BNRGLP-DK (BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 开发套件 (DK) 软件包演示应用) 针对 BlueNRG-LP BlueNRG-355XY 设备 (Flash 存储器=256 Kb; RAM=64 Kb)，在相关评估套件中提供。

演示应用项目可以轻松转移，为 BlueNRG-345xy 设备 (Flash 存储器=256 Kb; 内存=32 Kb) 提供支持。

有关所支持的产品编号的更多详细信息，请参阅 BlueNRG-LP 和 BlueNRG-LPS 数据手册。

注意: 通过每个演示应用 EWARM/MDV-ARM/WiSE-Studio 文件夹上的 STEVAL-IDB011V1 项目文件夹，为 BlueNRG-LP STEVAL-IDB011V1、STEVAL-IDB011V2、STEVAL-IDB010V1 演示应用提供支持。

6.2 如何将演示应用程序从 BlueNRG-355xy 移动到 BlueNRG-345xy

针对不同的工具链添加 CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345 作为编译器以及链接器预处理器选项，可将演示应用从 BlueNRG-355xy (Flash 存储器=256 Kb; RAM=64 Kb) 迁移至 BlueNRG-345xy (Flash 存储器=256 Kb; RAM=32 Kb)，如下所示：

- **IAR 工具链:**
 - 在[Projects]>[Options]>[General Options]>[Target]中，选择 ST BlueNRG-345
 - 在 [Projects][Options][C/C++ Compiler Preprocessor][Target][Defined Symbols] 中，添加 CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345
 - 在 [Projects]>[Linker]>[Config]>[Configuration File symbols definition] 中，添加 CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345=1
- **Keil®工具链:**
 - 在[Projects]>[Options for Target ‘...’]>[Device]>[ST BlueNRG-LP Series]>[ST BlueNRG-LP]中，选择 ST BlueNRG-345
 - 在[Projects]>[Options for Target ‘...’]>[C/C++]>[Preprocessor Symbols]>[Define]中，添加 CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345
 - 在 [Projects]>[Options for Target ‘...’]>[Linker]>[Misc Control] 中，添加 -预定义 = “-DCONFIG_DEVICE_BLUENRG_345=1”
- **WiSE-Studio 工具链:**
 - 打开 WiSE-Studio.project 文件并将 BlueNRG-355 替换为 BlueNRG-345
 - 在 [Projects][Properties][C/C++ Build][Settings][Tool Settings][GCC C Compiler][Preprocessor][Defined Symbols]中，添加 CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345
 - 在 [Projects][Properties][C/C++ Build][Settings][Tool Settings][GCC Linker][Miscellaneous][Other linker flags] 中，添加 -Wl,--defsym=CONFIG_DEVICE_BLUENRG_345=1

注意: 移至 *BlueNRG-LP* BlueNRG-345xy 时, 必须调整 DTM 应用, 以适应 32 Kb RAM 内存布局:

- 针对您的应用场景选择低功耗蓝牙协议栈模块化选项
- 基于您的应用场景 (链路数、最大 ATT_MTU 大小、属性数等), 自定义影响 RAM 内存占用的 DTM_Config.h 参数
- 将 DTM_Updater 项目移至 BlueNRG-345xy

出于评估目的, BlueNRG-345xy DTM 应用的配置选项如下 (针对以下 IAR 项目样例):

- 在 [Projects]>[Options]>[C/C++ Compiler Preprocessor]>[Defined Symbols] 中, 设置: CONFIG_NUM_MAX_LINKS=3
- 在 [Projects]>[Options]>[C/C++ Compiler Preprocessor]>[Defined Symbols] 中, 将 BLE_STACK_FULL_CONF 替换为 BLE_STACK_CUSTOM_CONF
- 打开头文件 custom_ble_stack_config.h 并设置#define L2CAP_COS_ENABLED (0U)

7 BLE beacon 演示应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持低功耗蓝牙 beacon 演示。它示出了如何将设备配置成广播特定制造数据，并允许另一低功耗蓝牙设备确定它是否在低功耗蓝牙 beacon 设备范围内。

除此之外，该演示还允许使用扩展广播特性，以便在辅助广播通道上配置 beacon。

在 BlueNRG-LPS 背景中，AoA_Tag 项目配置可将 BlueNRG-LPS 设备配置为无连接场景的到达角（AoA）标记。

7.1 BLE Beacon 应用设置

7.1.1 初始化

为了将低功耗蓝牙设备配置为 beacon 设备，您必须按如下方式正确地初始化低功耗蓝牙协议栈：

```
aci_gatt_srv_init();
aci_gap_init(GAP_PERIPHERAL_ROLE, 0, 0x08, 0,&service_handle, &dev_name_char_handle
&appearance_char_handle);
```

由于 beacon 正在广播不可连接模式下进行设备配置，在低功耗蓝牙协议栈 v3.1a 或更高版本上，您可通过 CONNECTION_ENABLED 模块化选项禁用连接支持。因此，使用低功耗蓝牙协议栈 v3.1a 或更高版本，您还可以初始化 beacon 低功耗蓝牙协议栈，如下所示：

```
aci_gap_init(GAP_BROADCASTER_ROLE, 0, 0x08, 0,&service_handle, &dev_name_char_handle
&appearance_char_handle);
```

相关链接

关于低功耗蓝牙协议栈 API 文档，请参考 Docs\BlueNRG-LP_aci_events 文件夹下的 STSW-BNRGLP-DK 软件包

7.1.2 生产数据

BLE beacon 应用广播如下生产数据。

表 15. BLE beacon 应用 - 生产数据广播

数据字段	说明	注释
公司标识码	SIG 公司标识 @ ⁽¹⁾	默认为 0x0030（意法半导体）
ID	Beacon ID	固定值
位置 UUID	Beacons UUID	用于标识特定的 beacon
主号码	一组 beacon 的标识	用于对一组相关的 beacon 分组
次号码	单个 beacon 的标识	用于识别单个 beacon
Tx 功率	Tx 功率的补码	用于建立与设备之间的距离

1. 可在以下网址获得：<https://www.bluetooth.org/en-us/specification/assigned-numbers/company-identifiers>。

7.1.3 不可连接模式

蓝牙 LE Beacon 设备使用 GAP API 命令进入不可连接模式。

广播配置参数的设置如下：

```
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0,GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
                                           ADV_PROP_LEGACY,
                                           160, 160,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           0,NULL,
                                           ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
                                           0, LE_1M_PHY, 0, LE_1M_PHY, 0,0);
```

使用低功耗蓝牙协议栈 v3.1a 或更高版本时，其中 beacon 设备仅配置在广播器模式，低功耗蓝牙广播配置参数必须设置如下：

```
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0,GAP_MODE_BROADCAST,
                                           ADV_PROP_LEGACY,
                                           160, 160,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           0,NULL,
                                           ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
                                           0, LE_1M_PHY, 0, LE_1M_PHY, 0,0);
```

为定义特定选择的制造商数据，BLE beacon 应用使用如下 GAP API：

```
/* Define the beacon manufacturing payload */
static uint8_t adv_data[] = {
/* Advertising data: Flags AD Type (to be removed if beacon device is configured in
broadcaster only mode) */
0x02,
0x01,
0x06,
/* Advertising data: manufacturer specific data*/
26, //len
AD_TYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC_DATA, //manufacturer type
0x30, 0x00, //Company identifier code (Defaultis 0x0030 - STMicroelectronics: To be
customized
for specific identifier
0x02, // ID
0x15, //Length of the remaining payload
0xE2, 0x0A, 0x39, 0xF4, 0x73, 0xF5, 0x4B, 0xC4, //Location UUID
0xA1, 0x2F, 0x17, 0xD1, 0xAD, 0x07, 0xA9, 0x61,
0x00, 0x00, // Major number
0x00, 0x07, // Minor number
0xC8 //2's complement of the Tx power (-56dB));
};
ret = aci_gap_set_advertising_data(0, ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);
```

注意： 使用低功耗蓝牙协议栈 v3.1a 或更高版本时，其中 beacon 设备仅配置在广播器模式，移除“标志 AD 类型”字节 0x02、0x01、0x06，因为广播器模式下不支持“标志 AD 类型”。

蓝牙 LE beacon 设备随后进入广播模式，如下所示：

```
Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
/* Enable advertising */
ret = aci_gap_set_advertising_enable (ENABLE, 1, Advertising_Set_Parameters);
```

注意： 此外还可以使用具有 Flash 管理演示应用的 BLE Beacon，并借此配置 beacon 设备。其中还展示了如何通过 aci_hal_end_of_radio_activity_event() 事件回调时序信息同步 Flash 操作与计划的低功耗蓝牙无线电活动，从而适当地处理 Flash 操作（擦除和写入）并保留低功耗蓝牙无线电活动。

7.1.4 扩展广播模式

新项目配置（ExtendedAdv）展示了如何使用低功耗蓝牙规范 v5.0 扩展广播特性在辅助广播通道上配置 beacon，如下文所示：

```
#if EXTENDED_ADV
/* 为扩展广播设置广播配置。*/
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(1, GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
                                           ADV_PROP_NONE,
                                           160, 160,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           0, NULL, /* 无对端地址 */
                                           ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
                                           0, /* 0 dBm */
                                           (EXT_ADV_PHY==LE_2M_PHY)?LE_1M_PHY:EXT_ADV_PHY,
                                           0, /* 0 次跳过 */
                                           EXT_ADV_PHY, /* 辅助广播 PHY */
                                           1, /* SID */
                                           0 /* 无扫描请求通知 */);
ret = aci_gap_set_advertising_data(1, ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);
#endif
```

通过如下代码使能扩展广播：

```
/* 使能广播 */
#if EXTENDED_ADV
Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
Advertising_Set_Parameters[1].Advertising_Handle = 1;
Advertising_Set_Parameters[1].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[1].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
ret = aci_gap_set_advertising_enable(ENABLE, 2, Advertising_Set_Parameters);
#endif
```

7.1.5 周期广播模式

新的项目配置（PeriodicAdv）展示了如何使用与低功耗蓝牙规范 v5.x 相关的周期广播功能来配置 beacon 有效负载的周期广播，如下所示（参见 PERIODIC_ADV 预处理器选项）：

```
#ifdef PERIODIC_ADV
/* Configure periodic advertising */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_configuration(1,
                                                    PERIODIC_ADV_INTERVAL,
                                                    PERIODIC_ADV_INTERVAL,
                                                    0);

/* Set periodic advertising data: beacon payload */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_data(1, 27, adv_data);

/* Enable periodic advertising */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_enable(ENABLE, 1)

printf( "Periodic advertising configured\n" );

#endif /* PERIODIC_ADV */
```

注意： 周期广播需要启用扩展广播（参见 EXTENDED_ADV 预处理器选项）。

7.1.6 AoA 标签模式

在 BlueNRG-LPS Beacon 演示应用上，AoA_Tag 项目配置可将 BlueNRG-LPS 设备配置为无连接场景的到达角（AoA）标签。AoA 标签主要按如下方式启用周期广播（参见 CTE_TAG 和 PERIODIC_ADV 预处理器选项）：

```
#ifndef PERIODIC_ADV
/* Configure periodic advertising */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_configuration(1,
    PERIODIC_ADV_INTERVAL,
    PERIODIC_ADV_INTERVAL,
    0);

/* Set periodic advertising data: beacon payload */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_data(1, 27, adv_data);

#if CTE_TAG /* AoA Tag configuration */
ret = hci_le_set_connectionless_cte_transmit_parameters(1,
    CTE_LENGTH, CTE_TYPE,
    CTE_COUNT, SWITCHING_PATTERN_LENGTH,
    ANTENNA_IDS);

ret = hci_le_set_connectionless_cte_transmit_enable(1, 1);

printf( "CTE configured\n" );
#endif /* CTE_TAG */

/* Enable periodic advertising */
ret = aci_gap_set_periodic_advertising_enable(ENABLE, 1)

printf( "Periodic advertising configured\n" );

#endif /* PERIODIC_ADV */
```

7.2 BLE Beacon FreeRTOS 样例

BLE_Beacon_FreeRTOS 样例展示了如何使用具有 ST 低功耗蓝牙协议栈 v3.x 的 FreeRTOS。该应用可在不可连接广播模式下用特定的生产数据配置 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS](#) 设备。从 FreeRTOS 任务（BLETask）调用 BTLE_StackTick()函数。

其中一项任务会随机更改广播数据中的次号码，每 500 ms 一次，每次均通过 UART 发送一条信息。另一项任务每 200 ms 通过 UART 发送其他信息，并在 LED3 上生成短脉冲（用逻辑分析仪或示波器可见）。

在本例中，已经为 BLETask 分配了低优先级。

一般而言，为 BLETask 分配低优先级可以优化延迟，特别是在其他任务占用了大量 CPU 资源时。

注意：除了涉及等待事件时的零星操作的极短任务外，为避免拖慢低功耗蓝牙操作，应当为其他大多数任务分配比 BLETask 更低的优先级。

8 BLE 串口演示应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持 BLE 串口演示（服务端和客户端角色），该演示在两个低功耗蓝牙设备之间实现双向点对点无线通信。

本示例应用提供一个串口服务，它具有如下（最大 20 字节）特征值：

- Tx 特征，用于启用通知；在发送数据前，服务端使用 Tx 特征值发送通知
- Rx 特征，为可写特征；当客户端有数据要发送给服务端时，它向此特征写入值

通过特定的项目工作空间，可以选择两种设备角色：

- 服务端，其用于提供串口服务（低功耗蓝牙外围设备）
- 客户端，其用于使用串口服务（低功耗蓝牙中央设备）

该应用要求用服务端和客户端角色进行两个设备的编程且必须通过 USB 连接到 PC，每个设备均配有一个开启的串口终端，配置如下。

表 16. 串口配置

参数	值
波特率	115200 bit/s
数据比特	8
奇偶校验位	无
停止位	1

应用监听一个设备终端中键入的按键，当按下回车键时，将它们发送到远程设备；远程设备将收到的 RF 消息输出到串口。因此，在一个终端中的任何键入都会显示在另一个中。

8.1 外设和中央设备设置

在两个低功耗蓝牙串口设备（服务端-外设和客户端-中央设备）之间建立点对点无线串口通信之前，需向处理器发送一系列 API 命令，从而在两个设备上设置低功耗蓝牙设备。

8.1.1 初始化

在与另一个低功耗蓝牙设备建立连接之前，必须通过 `aci_gatt_srv_init()` 和 `aci_gap_init()` API 正确地初始化低功耗蓝牙协议栈。

对于 `aci_gap_init()`：

- 低功耗蓝牙串口服务端角色

```
aci_gap_init(GAP_PERIPHERAL_ROLE, 0, 0x08, 0, &service_handle,  
&dev_name_char_handle, &appearance_char_handle);
```

- 低功耗蓝牙串口客户端角色

```
aci_gap_init(GAP_CENTRAL_ROLE, 0, 0x08, 0, &service_handle,  
&dev_name_char_handle, &appearance_char_handle);
```

必须在 `aci_gap_init()` 命令中指定外设和低功耗蓝牙角色。

相关链接

关于低功耗蓝牙协议栈 API 文档，请参考 Docs\BlueNRG-LP_aci_events 文件夹下的 STSW-BNRGLP-DK 软件包

8.1.2 添加服务和特性

串口服务通过命令 `aci_gatt_srv_add_service((ble_gatt_srv_def_t *)&serial_port_service);` 添加到低功耗蓝牙串口服务端设备，其中的 `serial_port_service` 是为串口服务和相关特征分配的隐私服务结构。

在 蓝 牙 LE 串 行 端 口 服 务 器 设 备 上 使 用 如 下 命 令 获 得 TX 特 征：
`TXCharHandle=aci_gatt_srv_get_char_decl_handle((ble_gatt_chr_def_t*)&serial_port_chars[0]);`，其中 `serial_port_chars[0]` 是为 TX 特征（通知属性）分配的特征结构。

在 `TXCharHandle` 变量上返回特性句柄。

在 蓝 牙 LE 串 行 端 口 服 务 器 设 备 上 使 用 如 下 命 令 获 得 RX 特 征：
`RXCharHandle=aci_gatt_srv_get_char_decl_handle((ble_gatt_chr_def_t*)&serial_port_chars[1]);`，其中 `serial_port_chars[1]` 是为 RX 特征（写入属性）分配的特征结构。

在 `RXCharHandle` 变量上返回特性句柄。

相关链接

关于低功耗蓝牙协议栈 API 文档，请参考 `Docs\BlueNRG-LP_aci_events` 文件夹下的 `STSW-BNRGLP-DK` 软件包

8.1.3 进入可连接模式

服务端设备使用 GAP API 命令进入通用可发现模式。

```
/* Configure advertising parameters */
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0,GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
                                           ADV_PROP_CONNECTABLE|ADV_PROP_SCANNABLE|
                                           ADV_PROP_LEGACY,
                                           ADV_INTERVAL_MIN, ADV_INTERVAL_MAX,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           0,NULL,
                                           ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
                                           0, LE_1M_PHY, 0,LE_1M_PHY, 0,0);

/* Define advertising data */
static uint8_t adv_data[] = {0x02,AD_TYPE_FLAGS,
                             FLAG_BIT_LE_GENERAL_DISCOVERABLE_MODE|FLAG_BIT_BR_EDR_NOT_SUPPORTED,
                             16, AD_TYPE_COMPLETE_LOCAL_NAME,'S','P','o','r','t','_','L','P'};
/* Set advertising data */
ret = aci_gap_set_advertising_data(0,ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);
static Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
/* Enable advertising */
ret = aci_gap_set_advertising_enable (ENABLE, 1, Advertising_Set_Parameters);
```

8.1.4 与中央设备连接

在服务端设备可被低功耗蓝牙串口客户端设备发现后，客户端设备使用下列 API 连接低功耗蓝牙串口服务端设备：

```
/* Set scanning configuration parameters */
ret = aci_gap_set_scan_configuration(DUPLICATE_FILTER_ENABLED,SCAN_ACCEPT_ALL,
                                     LE_1M_PHY_BIT, PASSIVE_SCAN, SCAN_INTERVAL, SCAN_WINDOW);
/* Set connection configuration parameters*/
ret = aci_gap_set_connection_configuration(LE_1M_PHY_BIT, CONN_INTERVAL_MIN,
                                           CONN_INTERVAL_MAX, 0, SUPERVISION_TIMEOUT,
                                           CE_LENGTH, CE_LENGTH);
```

为了连接低功耗蓝牙串口服务端设备，使用下列 API：`ret = aci_gap_create_connection(LE_1M_PHY_BIT, PUBLIC_ADDR bdaddr);`，其中的 `bdaddr` 是客户端设备的对端地址。

两个设备连接后，您可以设置相应的串口终端并在任何一个中键入消息。键入的字符会储存在两个各自的缓冲中，当按下回车键时：

- 在低功耗蓝牙串口服务端设备上，键入的字符会被发送到低功耗蓝牙串口客户端设备，方法是通过以下命令通知之前添加的 TX 特征（在启用通知后）：`aci_gatt_srv_notify(connection_handle, TXCharHandle + 1, 0, len, (uint8_t*)(cmd + cmd_buff_start));`
- 在低功耗蓝牙串口客户端设备上，键入的字符会被发送到低功耗蓝牙串口服务端设备，方法是通过以下命令写入之前添加的 RX 特征：`aci_gatt_clt_write_without_resp(connection_handle, rx_handle + 1, len, (uint8_t*)(cmd + cmd_buff_start));`，其中的 `connection_handle` 是连接时作为连接完成事件的参数返回的句柄，`rx_handle` 是客户端设备发现的 RX 特征句柄

发送这些 API 命令之后，TX 和 RX 特征的值会显示在串口终端上。

图 28. 低功耗蓝牙串口客户端

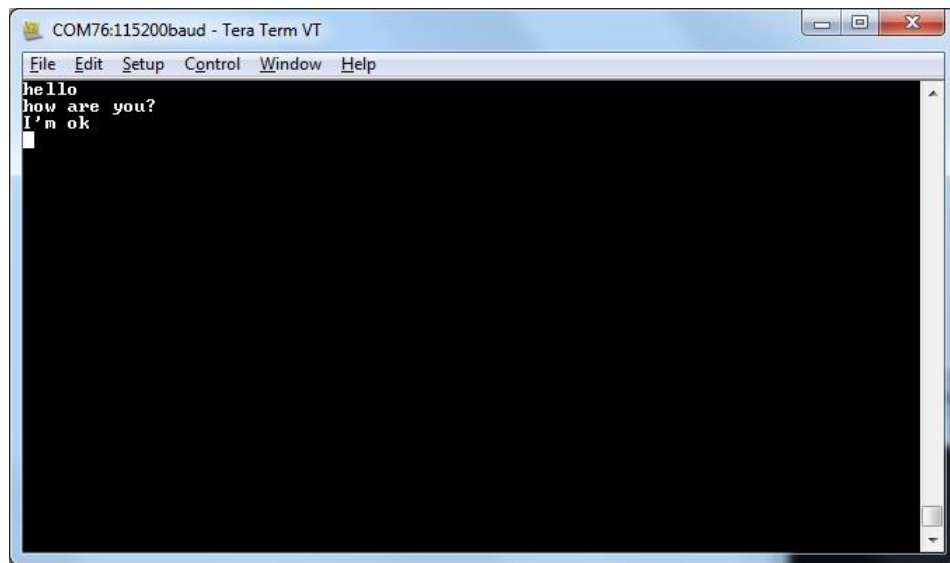
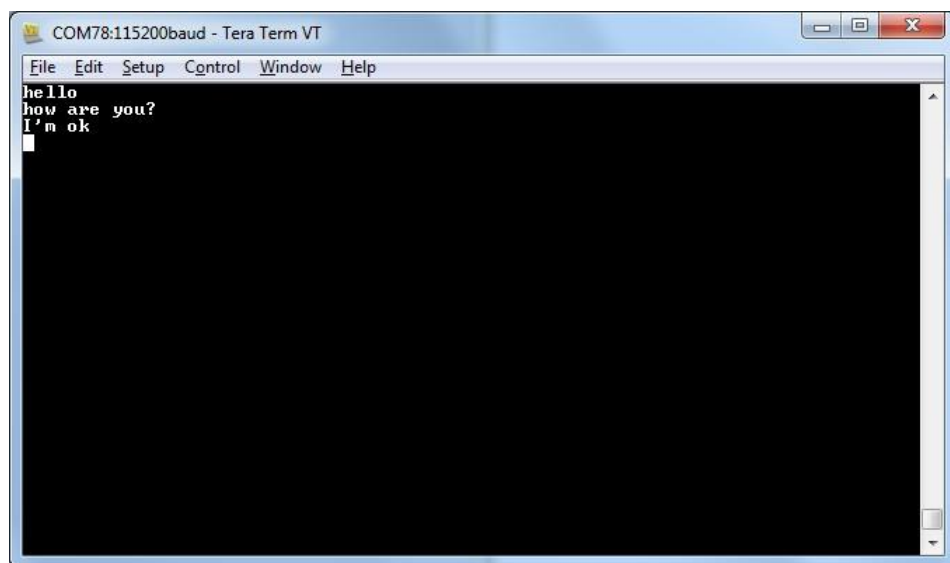


图 29. 低功耗蓝牙串口服务端



注意：新的 `Client_LongWrites` 和 `Server_LongWrites` 项目配置可支持对特征进行长写。

9 BLE 串口主从演示应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持 BLE 串口主从演示，其中使用一个应用实现点对点无线通信，该应用在运行时配置串口客户端和服务端角色。

串口演示应用使用 API 将一个低功耗蓝牙设备配置为中央设备或外设：
`aci_gap_init(GAP_CENTRAL_ROLE|GAP_PERIPHERAL_ROLE, 0, 0x07, 0, &service_handle,&dev_name_char_handle, &appearance_char_handle);`

之后设备启动发现过程，搜寻另一使用相同串口主和从应用映像配置的低功耗蓝牙设备。若在随机周期内发现了该设备，则会启动连接过程，并等待连接建立。若发现过程时间到期，未发现另一串口主从设备，则设备将进入发现模式，等待发现另一串口主从设备并与之建立连接。

连接建立时定义客户端和服务端角色，可以使用串口通信通道。

本示例应用提供串口服务，具有如下（最大 20 字节）特征值：

- 客户端可通过 Tx 特征启用通知；在发送数据前，服务端使用 Tx 特征值发送通知。
- Rx 特征（可写特征）；当客户端有数据要发送给服务端时，便会向此特征写入值

该应用要求用同一应用进行两个设备的编程，在运行时定义服务端和客户端角色；在设备通过 USB 连接到 PC 后，须用所示的配置在两个设备上打开串口终端，如表 13 所示。

应用监听一个设备终端中键入的按键，当按下回车键时，将它们发送到远程设备；远程设备将收到的 RF 消息输出到串口。因此，在一个终端中的任何键入都会显示在另一个中。

9.1 BLE 串口主从角色

为了设置点对点无线串口，低功耗蓝牙串口主设备和从设备彼此交互。

两个设备必须先设置低功耗蓝牙协议栈，方法是向处理器发送一系列 API 命令。串口主和从客户端和服务端角色在运行时定义。

9.1.1 初始化

在与另一个低功耗蓝牙设备建立连接之前，必须通过下列命令正确地初始化 BLE 协议栈：

- `aci_gatt_srv_init();`
- `aci_gap_init(GAP_CENTRAL_ROLE|GAP_PERIPHERAL_ROLE, TRUE,0x07, 0, &service_handle, &dev_name_char_handle, &appearance_char_handle);`

`aci_gap_init()` 命令中指定了低功耗蓝牙外设和中央角色。

9.1.2 添加服务和特性

生产件第 8.1.2 节：添加服务和特性。

9.1.3 开始发现过程

为了在发现模式下找到另一个低功耗蓝牙串口主设备和从设备，必须通过下列代码启动发现过程：

```
/* Set discovery procedure parameters */
ret = aci_gap_set_scan_configuration(DUPLICATE_FILTER_ENABLED,SCAN_ACCEPT_ALL,
LE_1M_PHY_BIT, PASSIVE_SCAN, DISCOVERY_PROC_SCAN_INT,
DISCOVERY_PROC_SCAN_WIN);

/* Start general discovery procedure (0x01) */
ret = aci_gap_start_procedure(0x01,LE_1M_PHY_BIT,0,0);
```

9.1.4 进入可连接模式

使用如下 GAP API 命令进入通用可发现模式：

```
/* Configure advertising parameters */
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0,GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
                                           ADV_PROP_CONNECTABLE|ADV_PROP_SCANNABLE|
                                           ADV_PROP_LEGACY,
                                           ADV_INTERVAL_MIN,
                                           ADV_INTERVAL_MAX,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           0,NULL,
                                           0, LE_1M_PHY, 0,LE_1M_PHY, 0,0);

/* Define advertising data */
static uint8_t adv_data[] = {0x02,AD_TYPE_FLAGS,
FLAG_BIT_LE_GENERAL_DISCOVERABLE_MODE|FLAG_BIT_BR_EDR_NOT_SUPPORTED,
13, AD_TYPE_COMPLETE_LOCAL_NAME,'S','P','o','r','t',' ','L','P',' ','N','e','w'};

/* Set advertising data */
ret = aci_gap_set_advertising_data(0,ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);

/* Enable advertising */
static Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
ret = aci_gap_set_advertising_enable (ENABLE, 1, Advertising_Set_Parameters);
```

9.1.5 与串口主、从客户端设备连接

发现和模式分配过程中，两个串口主和从应用假设在运行时分别为客户端和服务端角色。在此初始配置阶段期间，当串口主和从设备置于可发现模式，被另一执行发现过程的串口主和从设备发现时，即创建蓝牙低功耗连接，定义设备角色。

使用如下 GAP API 命令连接发现的设备：

```
* 初始化阶段：设置连接配置参数 */
ret = aci_gap_set_connection_configuration(LE_1M_PHY_BIT, 40, 40, 0, 60, 2000, 2000);
/* Create connection */
ret = aci_gap_create_connection(LE_1M_PHY_BIT,
                               discovery.device_found_address_type,
                               discovery.device_found_address);
```

device_found_address_type 为被发现的串口主和从设备的地址类型，device_found_address 为被发现的串口主和从设备的对端地址。

两个设备连接后，您可以设置相应的串口终端并在任何一个中键入消息。键入的字符会储存在两个各自的缓冲中，当按下回车键时：

- 在低功耗蓝牙串口主和从服务端设备上，键入的字符会发送到主和从客户端设备，方法是通过一下指令通知之前添加的 TX 特征（在启用通知后）：

```
aci_gatt_srv_notify(connection_handle, TXCharHandle + 1, 0, len,
                    (uint8_t *) (cmd + cmd_buff_start))
```

- 在主和从客户端设备上，键入的字符会发送到主和从服务端设备，方法是通过以下指令写入之前添加的 RX 特征：

```
aci_gatt_clt_write_without_resp(connection_handle, rx_handle + 1, len,
                                (uint8_t *) (cmd + cmd_buff_start))
```

connection_handle 为连接时作为连接完成事件参数返回的句柄，rx_handle 为客户端设备发现的 RX 特征句柄。

发送这些 API 命令之后，TX 和 RX 特征的值会显示在串口终端上。

10 BLE 远程控制示例应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持 BLE 远程控制应用，从而使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备控制远程设备（如执行器）。

该应用周期广播任何设备均可读取的温度值。数据封装在 manufacturer-specific AD 类型数据中，其内容（除了制造商 ID，即 0x0030 意法半导体之外）如下：

表 17. 低功耗蓝牙远程广播数据

Byte 0	Byte 1	Byte2
应用 ID (0x05)	温度值 (小端序)	

温度值以十分之一摄氏度给出。

该设备也是可连接的，并且具有用于控制低功耗蓝牙套件平台上的 U5、DL2 和 DL3（在 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 上）以及 DL3 和 DL4（在 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 上）LED 的特征。此特性的值为 1 个字节，按位控制。每个位控制一个 LED：

- 第 0 位是 U5 的状态
- 第 1 位是 DL2 的状态
- 第 2 位是 DL3 的状态

因此，远程设备可连接并写入这个字节以更改这些 LED 的状态，或读取它们（1 为 LED ON，0 为 LED OFF）。

为防止中央设备总是连接至该设备，超时后外设会断开连接（DISCONNECT_TIMEOUT）。

默认不启用安全，但可通过 ENABLE_SECURITY（请参考文件 BLE_RC_main.h file）更改。当启用安全时，在读或写设备特性之前，必须对中央设备鉴权。

为了与配置为低功耗蓝牙远程控制的设备交互，可使用另一低功耗蓝牙设备（BlueNRG-LP、BlueNRG-LPS 或任何低功耗蓝牙设备）检测并查看广播数据。

为了控制一个 LED，设备必须连接到 BlueNRG-LP、BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙远程控制设备，并写入暴露控制点特征（服务 UUID = ed0ef62e-9b0d-11e4-89d3-123b93f75cba，控制点特征 UUID = ed0efb1a-9b0d-11e4-89d3-123b93f75cba）。

10.1 BLE 远程控制应用设置

为了将设备配置为远程控制设备，按照下面几节描述的步骤进行操作。

10.1.1 初始化

在与另一个低功耗蓝牙设备建立连接之前，必须通过下列命令正确地初始化 BLE 协议栈：

```
aci_gatt_srv_init();
aci_gap_init(GAP_PERIPHERAL_ROLE, 0, 0x07, 0, &service_handle, &dev_name_char_handle,
&appearance_char_handle);
```

相关链接

关于低功耗蓝牙协议栈 API 文档，请参考 Docs\BlueNRG-LP_aci_events 文件夹下的 STSW-BNRGLP-DK 软件包

10.1.2 定义广播数据

BLE 远程控制应用会广播一些制造数据如下：

```

/* Set advertising device name as Node */
const uint8_t scan_resp_data[] = {0x05, AD_TYPE_COMPLETE_LOCAL_NAME, 'N', 'o', 'd', 'e'}
/* Set scan response data */
hci_le_set_scan_response_data(sizeof(scan_resp_data), scan_resp_data);
/* Set advertising configuration parameters */
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0, GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
                                           ADV_PROP_CONNECTABLE|ADV_PROP_SCANNABLE|ADV_PROP_
                                           LEGACY,
                                           (ADV_INTERVAL_MIN_MS*1000)/625,
                                           (ADV_INTERVAL_MAX_MS*1000)/625,
                                           ADV_CH_ALL,
                                           PUBLIC_ADDR, NULL,
                                           ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
                                           0, LE_1M_PHY, 0, LE_1M_PHY, 0, 0);

/* Define advertising data */
uint8_t adv_data[] = {0x02, AD_TYPE_FLAGS, FLAG_BIT_LE_GENERAL_DISCOVERABLE_MODE|
FLAG_BIT_BR_EDR_NOT_SUPPORTED, 0x06, AD_TYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC_DATA, 0x30, 0x00, 0x05, 0xFF,
0xFF};
/* Set advertising data */
ret = aci_gap_set_advertising_data(0, ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);
/* Start advertising */
static Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
ret = aci_gap_set_advertising_enable(ENABLE, 1, Advertising_Set_Parameters);

```

在开发平台上，在 adv_data 变量内设置温度传感器值。

10.1.3 添加服务和特性

通过以下命令添加 BLE 远程控制服务和特征：aci_gatt_srv_add_service((ble_gatt_srv_def_t *)&rc_service);, 其中的 rc_service 是为 BLE 远程服务（ed0ef62e-9b0d-11e4-89d3-123b93f75cba）和相关特征分配的隐私服务结构。

使用如下命令获取 BLE 远程控制特征句柄：

```
controlPointHandle = aci_gatt_srv_get_char_decl_handle((ble_gatt_chr_def_t *)&rc_chars[0]);
```

rc_chars[0] 是为 BLE 远程控制特征分配的隐私特征结构（ed0efb1a-9b0d-11e4-89d3-123b93f75cba），controlPointHandle 是 BLE 远程控制特征句柄。

若启用了安全，则必须相应地设置特征属性，以便对读写特征启用验证。

10.1.4 与低功耗蓝牙中央设备连接

在连接到低功耗蓝牙中央设备（另一 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备或任何低功耗蓝牙设备）后，使用 controlPointHandle 特征控制低功耗蓝牙远程控制平台 LED。

每次对 controlPointHandle 执行写操作时，都会生成 aci_gatt_srv_write_event() 回调且选中的 LED 将点亮或熄灭。

11 BLE 传感器配置文件示例

BlueNRG-LP 开发平台 (STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1) 和 BlueNRG-LPS 开发平台 (STEVAL-IDB012V1) 支持 BLE 传感器配置文件演示。它实现了一个专有的低功耗蓝牙 (BLE) 传感器配置文件。

此样例有助于生成新的使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS SoC 的 profile 和应用。GATT 配置文件不符合任何现有规范，因为该项目的目的是简单地演示如何实现给定的配置文件。

此配置文件提供加速度和环境服务。

加速度服务的自由落体特性不能被读写，但可被信号。若 MEMS 传感器检测到自由落体条件（若 3 个轴上的加速度在一段时间内几乎为 0），则应用将在此特性上发送通知（值等于 0x01）。您可以通过编写相关客户端特征的配置描述符，启用或禁用通知。

由服务提供的另一特性给出加速度计所测量的当前加速度值，用六个字节表示。每两个字节含有一个轴的加速度，共 3 个轴。数值以 mg 为单位。此特性可读，若启用通知，则可对此特性进行通知。

另一定义的服务含有的特性从一些环境传感器：温度和压力提供数据。每个特性数据类型在格式描述符中说明。所有特性都为只读属性。

该图显示了整个 GATT 数据库，包括由协议栈自动添加的 GATT (0x1801) 和 GAP (0x1800) 服务。

图 30. BLE 传感器示例 GATT 数据库

# Handle	UUID (16 or 128bit)	Attribute Type	Properties	Initial Parameter Value	Comment
			W R R S R R N I E D O P R T D N R T		
1 0001	2800	Primary Service		{Service=0x1801 ("Attribute Profile")}	
2 0002	2803	Characteristic	X	{handle=0x0003, UUID=0x2A05}	
3 0003	2A05	Service Changed		{start handle=0x0001, end handle=0xFFFF}	
4 0004	2902	Client Characteristic Configuration		0x0000	
5 0005	2800	Primary Service		{Service=0x1800 ("Generic Access Profile")}	
6 0006	2803	Characteristic	X X X X	{handle=0x0007, UUID=0x2A00}	
7 0007	2A00	Device Name		"bluenrg"	
8 0008	2803	Characteristic	X X X	{handle=0x0009, UUID=0x2A01}	
9 0009	2A01	Appearance		0x0000	
12 000C	2800	Primary Service		{Service=0x0236E80CF3A11E19AB40002A5D5C51B ("Acc. Service")}	
13 000D	2803	Characteristic	X	{handle=0x000E, UUID=0xE23E78A0CF4A11E18FFC0002A5D5C51B}	
14 000E	E23E78A0CF4A11E18FFC0002A5D5C51B	Free Fall		0x00	Indication with value 1 when a free fall condition is detected
15 000F	2902	Client Characteristic Configuration		0x0000	
16 0010	2803	Characteristic	X X	{handle=0x0011, UUID=0x340A1B80CF4B11E1AC360002A5D5C51B}	
17 0011	340A1B80CF4B11E1AC360002A5D5C51B	Acceleration		0x000000000000	X-Axis (2bytes) Y-Axis (2bytes) Z-Axis (2bytes)
18 0012	2902	Client Characteristic Configuration		0x0000	
19 0013	2800	Primary Service		{Service=0x42821A40E47711E282D00002A5D5C51B ("Env. Service")}	
20 0014	2803	Characteristic	X	{handle=0x0015, UUID=0xA32E5520E47711E2A9E30002A5D5C51B}	
21 0015	A32E5520E47711E2A9E30002A5D5C51B	Temperature		0x0000	Temperature in tenths of degree Celsius
22 0016	2904	Characteristic Format		{format=0x0E, exp=-1, unit=0x272F, n_sp=0x00, descr=0x0000}	format=sint16, unit=temperature celsius
23 0017	2803	Characteristic	X	{handle=0x0018, UUID=0xCD20C480E48B11E2840B0002A5D5C51B}	
24 0018	CD20C480E48B11E2840B0002A5D5C51B	Pressure		0x000000	Pressure in hundredths of millibar
25 0019	2904	Characteristic Format		{format=0x0F, exp=-5, unit=0x2780, n_sp=0x00, descr=0x0000}	format=sint24, unit=pressure bar
26 001A	2803	Characteristic	X	{handle=0x001B, UUID=0x01C50B60E48C11E2A0730002A5D5C51B}	

11.1 BLE 传感器配置文件示例：与中央设备连接

本章节说明了当低功耗蓝牙协议栈作为外设时如何与中央设备交互。中央设备可以是另一台作为低功耗蓝牙主机的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备，或者任何其他低功耗蓝牙设备。

传感器设备中央设备角色演示应用能够作为中央设备与 ST 低功耗蓝牙传感器演示设备进行交互。此应用搜索 ST 低功耗蓝牙传感器演示外设服务和特征，并获取相关的加速度和温度传感器值。

必须先设置低功耗蓝牙协议栈，方法是向处理器发送一系列低功耗蓝牙 API 命令。

11.1.1 初始化

在与另一蓝牙低功耗设备建立连接之前，必须正确初始化低功耗蓝牙协议栈。通过如下命令做到这点：

```
aci_gatt_srv_init();
aci_gap_init(GAP_PERIPHERAL_ROLE, 0, 0x07, &service_handle, &dev_name_char_handle,
&appearance_char_handle);
```

若需这些命令及之后命令的更多信息，请参见低功耗蓝牙协议栈 API 文档。

11.1.2 添加服务和特性

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙协议栈可用作服务端和客户端。特性为服务器数据库中提供数据的单元，一个服务包含一个或多个特性。使用以下命令添加加速度服务和相关特征：ret = aci_gatt_srv_add_service(&acc_service);，其中的 acc_service 是加速度服务的分配结构。

通过下列命令获取自由落体和加速度特征：

```
freeFallCharHandle = aci_gatt_srv_get_char_decl_handle(&acc_chars[0]);
accCharHandle = aci_gatt_srv_get_char_decl_handle(&acc_chars[1]);
```

分别在 freeFallCharHandle 和 accCharHandle 变量上返回自由落体和加速度特征。

添加环境传感器和相关特征的步骤类似。

11.1.3 进入可连接模式

使用 GAP API 命令进入可发现或可连接模式之一：

```
/* Set advertising configuration parameters */
ret = aci_gap_set_advertising_configuration(0,GAP_MODE_GENERAL_DISCOVERABLE,
ADV_PROP_CONNECTABLE|ADV_PROP_SCANNABLE|ADV_PROP_LEGACY,
(ADV_INTERVAL_MIN_MS*1000)/625,
(ADV_INTERVAL_MAX_MS*1000)/625,
ADV_CH_ALL,
0,NULL,
ADV_NO_WHITE_LIST_USE,
0, LE_1M_PHY, 0,LE_1M_PHY, 0,0);

/* Define advertising data */
uint8_t adv_data[] = {0x02,AD_TYPE_FLAGS,
FLAG_BIT_LE_GENERAL_DISCOVERABLE_MODE|FLAG_BIT_BR_EDR_NOT_SUPPORTED,
8, AD_TYPE_COMPLETE_LOCAL_NAME,'B','l','u','e','N','R','G'};

/* Set advertising data */
ret = aci_gap_set_advertising_data(0, ADV_COMPLETE_DATA, sizeof(adv_data), adv_data);
/* Enable advertising */
static Advertising_Set_Parameters_t Advertising_Set_Parameters[1];
Advertising_Set_Parameters[0].Advertising_Handle = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Duration = 0;
Advertising_Set_Parameters[0].Max_Extended_Advertising_Events = 0;
ret = aci_gap_set_advertising_enable(ADV_LEGACY, ENABLE, 0, NULL);
```

11.1.4 与中央设备连接

低功耗蓝牙协议栈置为可发现模式后，它可被中央设备检测到。

任何低功耗蓝牙设备都可以连接 BLE 传感器配置文件演示。

例如，Apple Store 中的 LightBlue 应用可以将 iPhone（4S/5 及以上版本）连接到传感器配置文件设备。当您使用 LightBlue 应用时，检测到的设备会在屏幕上显示为 BlueNRG 名称。通过点击对话框连接设备，会显示所有可用服务的列表；点击一个服务会显示该服务的特征。

可使用以下命令通报加速度特征：`aci_gatt_srv_notify(connection_handle, accCharHandle + 1, 0, 6, buff);`，其中的 `buff` 是包含三轴加速度值的变量。

发送此 API 命令之后，特性的新值将显示在手机上。

12 BLE 传感器用于 STBLESensor 应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持用于 STBLESensor 应用程序的 BLE 传感器应用。

该应用展示了如何实现一个传感器演示自定义配置文件应用程序，其专用于与 STBLESensor 智能手机 APP 进行交互。

在配置并连接成功后，BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备将从加速度计传感器和环境传感器（压力和温度）收集的数据发送给 STBLESensor 智能手机应用，以显示此类信息。

12.1 如何运行智能手机的 STBLESensor 应用

智能手机 STBLESensor app 有两个版本（Android 和 iOS）可供下载。

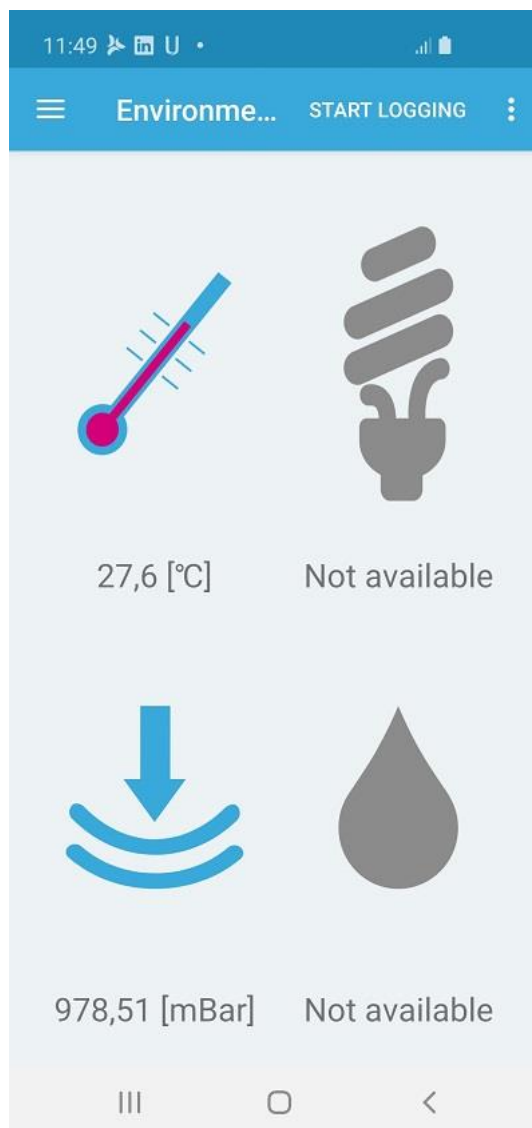
第 1 步。 安装并启动应用。

APP 开始扫描 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 传感器演示外设。屏幕上显示名为“BlueNRGLP”的设备。

第 2 步. 选择名称 “BlueNRGLP” 并连接到所选平台。

STBLESensor app 启用加速度特征和环境特征（压力和温度）通知，并在屏幕上显示接收到的环境特征值。

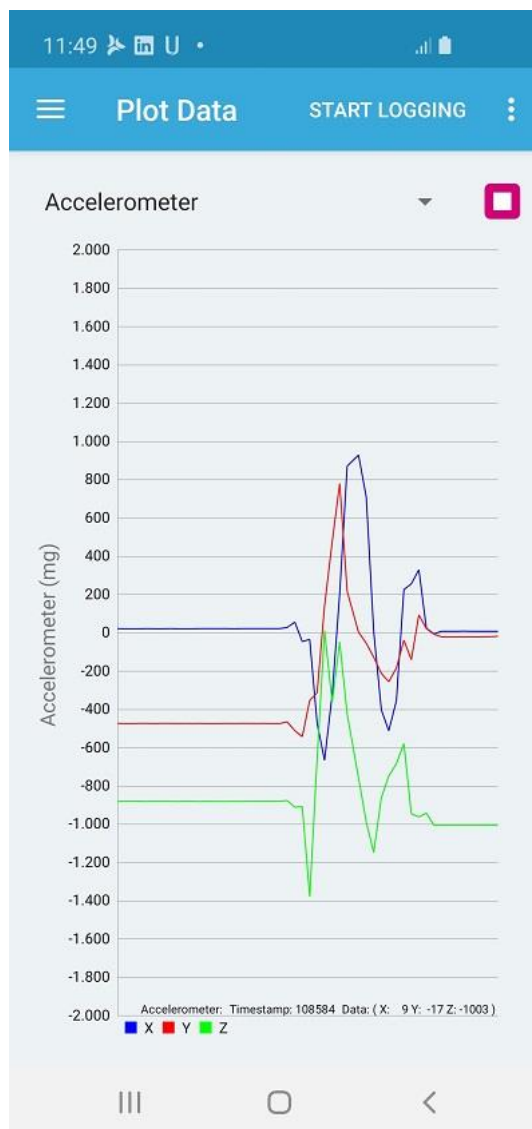
图 31. STBLESensor 应用环境特征通知



第 3 步. 选择“STBLESensor 演示”、“数据绘图”窗口和“加速度计”选项，以便将接收到的加速度值绘制成图。

STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB012V1/STEVAL-IDB010V1 加速度计传感器值将 (X, Y, Z) 显示在曲线图上。

图 32. STBLESensor 应用加速通知图



注意: 在 BlueNRG-LP 平台 (STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1) 上，它还支持 BlueVoice 库功能，以执行 ADPCM 压缩和通过蓝牙 LE 半双工 (单向) 流式传输语音。

13 BLE 传感器配置文件中央设备演示

BlueNRG-LP 开发平台 (STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1) 和 BlueNRG-LPS 开发平台 (STEVAL-IDB012V1) 支持 BLE 传感器配置文件中央设备演示。该示例实现了基础版的 BLE 传感器配置文件中央设备角色，作为中央设备与 ST 低功耗蓝牙传感器演示设备进行交互。

此应用将 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备配置为传感器中央设备角色，它能够发现、连接并适当配置 BLE 开发平台提供的自由落体、加速度和环境传感器特征。BLE 开发平台被配置为低功耗蓝牙传感器外设角色（请参考第 11 节）。

此应用使用一组新的 API，能够在 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 主/中央设备上执行如下操作：

- 主配置功能
- 主设备发现功能
- 主设备连接功能
- 主发现服务和特性功能
- 主数据交换功能
- 主安全功能
- 主通用服务功能

这些 API 由二进制库提供，它们完全记录于 STSW-BNRGLP-DK 包内的 doxygen 文档中。STSW-BNRGLP-DK 软件包的 Library\BLE_Application\Profile_Central\library 文件夹中提供了以下主/中央二进制库：libmaster_library_bluenrgx.a（用于 IAR、Keil®和 WiSE- Studio）。

14 BLE HID/HOGP 示例应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持 BLE HID/HOGP 演示应用。它们演示了使用标准 HID/HOGP 低功耗蓝牙应用配置文件的低功耗蓝牙设备。提供了键盘和鼠标示例样例。

14.1 BLE HID/HOGP 键盘示例应用

BLE HID 键盘应用实现了一个基本的 HID 键盘，它与标准的 HID/HOGP BLE 应用配置文件兼容。

在中央设备列表中 HID 键盘设备名为‘STKeyboard’。

为了使用 HID 键盘，按照下列步骤操作。

第 1 步. 输入 PIN（123456）成功完成绑定和配对程序。

第 2 步. 将低功耗蓝牙开发平台连接至 PC USB 口。

第 3 步. 打开超级终端窗口（115200，8，N，1）。

第 4 步. 将光标聚焦置于超级终端窗口上。

使用 HID/HOGP BLE 应用配置文件发送至中央设备的按键也会显示在超级终端窗口上。

14.2 BLE HID/HOGP 鼠标示例应用

BLE HID 鼠标应用实现了一个基本的 HID 二键鼠标，它与标准的 HID/HOGP BLE 应用配置兼容。

左侧按钮为“PUSH1”按钮，右侧按钮为“PUSH2”按钮。

在中央设备列表中 HID 鼠标设备名为‘STMouse’。

鼠标运动由 BLE 开发平台上的 3 轴加速度计和 3 轴陀螺仪提供。

15 BLE 吞吐率示例应用

BLE 吞吐率示例应用提供了一些基础的吞吐率示例应用程序，以提供有关在 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1 和 STEVAL-IDB012V1 开发平台上使用 BlueNRG-LP 设备能达到的蓝牙低功耗数据率的参考图。

吞吐率服务包含两种特征：

- Tx 特征，客户端可用它启用通知；当服务端有数据发送时，它使用 Tx 特征值发送通知。
- Rx 特征，为可写特征；当客户端有数据要发送给服务端时，它向此特征写入值。

可选的设备角色为：

1. 服务端，其提供具有 Tx、Rx 特征的服务（低功耗蓝牙外围设备）
2. 客户端，其使用服务 Tx、Rx 特征（低功耗蓝牙中央设备）。

15.1 BLE 吞吐率设置

按照下面的步骤操作，为两个 BlueNRG-LP 或 BlueNRG-LPS 平台配置客户端和服务端角色。

- 第 1 步.** 在一个 BlueNRG-LP 或 BlueNRG-LPS 平台上下载客户端的固件并将其复位。
该平台作为虚拟 COM 端口显示在屏幕上。
- 第 2 步.** 在串口终端仿真器中打开端口。
所需串口波特率为 921600。
- 第 3 步.** 在第二个 BlueNRG-LP 或 BlueNRG-LPS 平台上下载服务器端的固件并将其复位。
该平台作为虚拟 COM 端口显示在屏幕上。
- 第 4 步.** 在串口终端仿真器中打开端口。
所需串口波特率为 921600。
两个平台尝试建立连接。在连接成功后，从设备连续向客户端发送特征通知。
- 第 5 步.** 在客户端侧执行 ATT MTU 交换命令，从而允许客户端增加 ATT_MTU 大小（247 字节）。
- 第 6 步.** 选择所需的链路层数据包长度：27（默认值）、100 或 251（允许的最大值）字节。
- 第 7 步.** 如果要求双向通信，则在客户端侧启用双向吞吐率（客户端对 RX 特征执行写入）。
- 第 8 步.** 设置用于通信的 PHY：1 Mbps（默认值）、2 Mbps 等

15.2 BLE 吞吐量服务端命令

在打开超级终端（设置 = 921600、8、无、1、无）后，您可以在服务端侧选择并点击下列交互式选项中的一个：

- **u** 用于发送 27 字节的数据长度更新请求
- **m** 用于发送 100 字节的数据长度更新请求
- **U** 用于发送 251 字节的数据长度更新请求
- **I** 用于启用/禁用 L2CAP COS txing
- **z** 用于启用/禁用慢吞吐量
- **1** 用于更改 L2C COS MTU 值
- **2** 用于更改 L2C COS MPS 值
- **c** 用于发送连接参数更新请求
- **f** 用于启用/禁用可清空 PDU
- **e** 用于开启/关闭通知
- **p** 用于打印 APP 标记
- **s** 用于读取 LE PHY (TX、RX)
- **d** 用于将 LE RX PHY 设置为 Coded PHY
- **D** 用于将 LE TX PHY 设置为 Coded PHY
- **t** 用于将 LE TX PHY 设置为 1 Mbps
- **r** 用于将 LE RX PHY 设置为 1 Mbps
- **T** 用于将 LE TX PHY 设置为 2 Mbps
- **R** 用于将 LE RX PHY 设置为 2 Mbps
- **x** 用于系统复位
- **?** 用于打印帮助

15.3 BLE 吞吐量客户端命令

在打开超级终端（设置 = 921600、8、无、1、无）后，您可以在客户端侧选择并点击下列交互式选项中的一个：

- **u** 用于发送 27 字节的数据长度更新请求
- **m** 用于发送 100 字节的数据长度更新请求
- **U** 用于发送 251 字节的数据长度更新请求
- **a** 用于发送 ATT_MTU 交换命令
- **I** 用于启用/禁用 L2CAP COS txing
- **z** 用于启用/禁用慢吞吐量
- **1** 用于更改 L2C COS MTU 值
- **2** 用于更改 L2C COS MPS 值
- **b** 用于开启-关闭双向测试
- **n** 用于发送通知
- **i** 用于发送指示
- **p** 用于打印 APP 标记
- **s** 用于读取 LE PHY (TX、RX)
- **d** 用于将 LE RX PHY 设置为 Coded PHY
- **D** 用于将 LE TX PHY 设置为 Coded PHY
- **t** 用于将 LE TX PHY 设置为 1 Mbps
- **r** 用于将 LE RX PHY 设置为 1 Mbps
- **T** 用于将 LE TX PHY 设置为 2 Mbps
- **R** 用于将 LE RX PHY 设置为 2 Mbps
- **x** 用于系统复位
- **?** 用于打印帮助

注意： 客户端和服务端配置默认以单向吞吐量测试为目标：服务端设备向客户端设备发送特征通知。所需串口波特率为 921600。

16 BLE 通知消费者示例应用

BLE ANCS 示例应用将 [BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS](#) 设备配置为低功耗蓝牙通知消费者，它帮助蓝牙附件访问通知提供者生成的很多通知。

复位后，该示例将低功耗蓝牙设备置于广播模式，设备名称为” ANCSdemo” 设备，并设置认证需求，启用绑定。

当设备被连接并与通知提供者绑定后，该示例配置 BLE 通知消费者设备，发现通知提供者的服务和特性。当设置阶段完成后，低功耗蓝牙设备被配置为通知消费者，能够从通知提供者接收通知。

[BlueNRG-LP](#) 开发平台（[STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1](#)）和 [BlueNRG-LPS](#) 开发平台（[STEVAL-IDB012V1](#)）支持 BLE 通知消费者演示应用。

17 BLE 安全演示应用

BlueNRG-LP 开发平台（STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1）和 BlueNRG-LPS 开发平台（STEVAL-IDB012V1）支持 BLE 安全演示应用。这些应用提供了一些基本示例，用于指导如何将两个低功耗蓝牙设备分别配置为中央设备和外设，以及通过执行低功耗蓝牙配对程序建立安全连接。配对后，还将绑定两个设备。

以下为配对密钥生成方法：

- 使用随机引脚的输入密钥法
- 使用固定引脚的输入密钥法
- 直接工作（Just work）
- 数值比较

每种配对密钥生成方法都为中央设备和外设提供了特定的项目安全配置，如下表所示。必须为每个中央设备和外设加载针对合适安全配置的应用映像，以便正确地演示相关的低功耗蓝牙安全配对功能。

表 18. BLE 安全演示应用安全配置组合

配对密钥生成方法	中央设备安全配置	外设安全配置
使用随机引脚的输入密钥法	Master_PassKey_Random	Slave_PassKey_Random
使用固定引脚的输入密钥法	Master_PassKey_Fixed	Slave_PassKey_Fixed
直接工作（Just work）	Master_JustWorks	Slave_JustWorks
数值比较	Master_NumericComp	Slave_NumericComp

17.1 外设

在复位并初始化后，外设设置安全 IO 功能和验证要求并结合中央设备的相关安全设置，以解决选定的配对密钥生成方法。

初始化阶段后，外设还定义具有 2 个专属特征（UUID 128 位）的自定义服务：

- 发送特性：通知（CHAR_PROP_NOTIFY），
- 具有以下属性的接收特性：读取（CHAR_PROP_READ, GATT_NOTIFY_READ_REQ_AND_WAIT_FOR_APPL_RES（在接收到该属性的任何类型的读取请求时通知应用））。

根据选择的安全配置，使用合适的安全许可定义接收特性（JustWorks 方法的链路必须是“对读取加密”，所有其他方法的链路必须是“对读取加密且需要验证才能读取”）。

外设用本地名称进入发现模式 SlaveSec_Ax（x= 0、1、2、3，具体取决于选择的安全配置）。

表 19. 外设广告本地名称参数值

外设配置	广告本地名称	配对方法
Slave_JustWorks	SlaveSec_A0	直接工作（Just work）
Slave_PassKey_Fixed	SlaveSec_A1	使用固定引脚的输入密钥法
Slave_PassKey_Random	SlaveSec_A2	使用随机引脚的输入密钥法
Slave_NumericComp	SlaveSec_A3	数值比较

当中央设备启动发现程序并检测到外设时，两个设备连接。

连接后，外设对中央设备发起从设备安全请求 `aci_gap_slave_security_req()`，中央设备启动配对程序。

根据配对密钥生成方法，可能要求用户执行一些操作（即确认数值（如果选择了数值比较配置），在中央设备超级终端上添加密钥（显示在外设上）（如果选择了使用随机引脚配置的输入密钥法））。

在设备配对并绑定后，外设显示其绑定设备的列表，并将绑定的中央设备添加到其白名单 `aci_gap_configure_white_and_resolving_list()` API。

中央设备启动服务发现程序，以便识别外设和特征，然后使能发送特征通知。

外设定期对中央设备启动发送特征通知，并在每次读取接收特征值时将值提供给中央设备。

连接后，如果用户按下蓝牙 LE 平台按钮 `PUSH1`，则外围设备断开连接，并进入启用广播过滤器的非定向可连接模式（`WHITE_LIST_FOR_ALL`：只处理来自白名单中的设备的扫描/连接请求）。这意味着外设只接受其白名单上的设备发出的连接请求：中央设备仍然能够连接到外设；外设不接受任何其他设备的连接请求。

TX 和 RX 特征长度为 20 字节并且相关值定义如下：- TX 特征值：
{‘S’,‘L’,‘A’,‘V’,‘E’,‘_’,‘S’,‘E’,‘C’,‘U’,‘R’,‘I’,‘T’,‘Y’,‘_’,‘T’,‘X’,‘_’,‘x1,x2’};

其中 x1、x2 是计数器值 - RX 特征值：{‘S’,‘L’,‘A’,‘V’,‘E’,‘_’,‘S’,‘E’,‘C’,‘U’,‘R’,‘I’,‘T’,‘Y’,‘_’,‘R’,‘X’,‘_’,‘x1,x2’};

其中 x1、x2 是计数器值

17.2 中央设备

在复位并初始化后，中央设备使用 `Master_SecuritySet()` API 设置安全 IO 功能和验证要求并结合中央设备的相关安全设置，以解决选定的配对密钥生成方法。中央设备应用使用中央/主库 API 和回调执行中央设备低功耗蓝牙操作（设备发现、连接等）。

中央设备启动设备发现程序(`Master_DeviceDiscovery()` API，寻找关联的外设 `SlaveSec_Ax`（`x = 0,1,2,3`：请参考表 19. 外设广告本地名称参数值））。

如果发现外设，中央设备将连接到该外设。为了开始配对，中央设备等到外设发送从设备安全请求。一旦收到安全请求，中央设备将启动配对程序。根据配对密钥生成方法，可能要求用户执行一些操作（即确认数值（如果选择了数值比较配置），在中央设备超级终端上添加密钥（显示在外设上）（如果选择了使用随机引脚配置的输入密钥））。在配对和绑定程序完成后，中央设备启动服务发现程序，以便确定外设发送和接收特征。

在服务发现后，中央设备使能发送特征通知。然后，中央设备定期接收来自外设的发送特征通知值，并读取来自外设的相关接收特征值。

连接后，如果按下低功耗蓝牙平台 `PUSH1` 按钮，中央设备将断开并重新连接外设，外设将进入非定向可连接模式并使能广播过滤。在连接到外设后，将在发送特征通知/接收特征读取周期时重新输入。

注意： 在使用智能手机作为中央设备时，如果该设备使用随机可解析地址，在重新连接阶段，外设将不能接受连接或扫描来自该设备的请求。这是因为，在断开时，外设进入非定向可连接模式且过滤使能（`ADV_WHITE_LIST_FOR_ALL`：只处理来自白名单设备的扫描和连接请求）。因此，只要在外设上使能了隐私控制器，就能接受智能手机的扫描或连接请求。

一种可能的简单替代方案，是在外设上用 `NO_WHITE_LIST_USE` 取代 `WHITE_LIST_FOR_ALL` 广播过滤策略：外设重新连接后不启用设备过滤，并能使用可解析的随机地址接受来自智能手机的连接或扫描请求。

18 BLE RC 远程演示应用

该应用演示展示了如何使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 和 BLE 规范 v5.x Coded PHY 特征控制远程设备（如执行器）。

该演示分别需要两个 BlueNRG-LP STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1 开发板或两个 BlueNRG-LPS STEVAL-IDB012V1 开板，采用客户端和服务端配置。

可通过 USB 线或 AAA 电池为电路板供电（在插入电池后，在 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1 套件上将跳线 JP2 移至 BAT 位置）。STEVAL-IDB012V1 套件无需更改跳线。

本演示应用定义了两种设备角色：

- 客户端设备角色
- 服务端设备角色

18.1 客户端和服务端演示应用行为

服务端设备首先用固定地址（0x0280E10000E1）进入可发现模式。当电路板处于广播模式（使用 1 Mbps PHY）时，LED2 闪烁。

客户端设备（地址 = 0x0280E10000E0）首先尝试连接到服务端设备。在客户端尝试用 1 Mbps PHY 连接时，LED2 闪烁。

连接后（两个设备上的 LED2 均长亮），客户端写入一个特征，以便点亮和熄灭服务端上的 LED3。LED3 的状态每 300 ms 更改一次。当写入发送到服务端时，它也会在客户端更改。

为了测量通信距离，您必须使两块电路板远离彼此，直至服务端上的 LED3 以恒定的频率闪烁。当 LED3 闪烁频率较低时，客户端会重新发送几个数据包，而电路板则处于稳定通信距离的边缘。

连接时，您必须按下其中一个板上的 PUSH1 按钮，才能将使用的 PHY 更改为编码的 PHY。当该过程完成（即，Coded PHY 已激活）时，将打开 LED1。

您可以在同一设备上再次按下 PUSH1 按钮，将 PHY 切换回 1 Mbps。

注意： 当一台设备切换 PHY 时，另一台设备无法切换 PHY。

在使用 Coded PHY 时，通过重复以上测试，可以测量通信距离（使两块板远离彼此，直至服务端上的 LED3 以恒定的频率闪烁）。应能观察到通信距离变大（就 1 Mbps PHY 而言）。

您还可以在未连接的情况下使用 PUSH1 按钮，将广播或扫描 PHY 从 1 Mbps 切换到 Coded PHY，反之亦然。在客户端，还会打印一些有关链路质量的统计信息。

19 BLE 控制器私有演示应用

本应用提供低功耗蓝牙控制器隐私功能（带低功耗蓝牙主设备和从设备）的基本示例。

19.1 应用场景

该应用场景基于两个配置了 `aci_gap_init(privacy flag = 0x02)` 的设备（主设备和从设备），它们应执行以下宏步骤：

1. 最初，主设备和从设备没有关于其安全数据库的信息：两个设备应连接、配对并绑定（固定密钥：123456）。
2. 一旦完成绑定，从设备将调用 `aci_gap_configure_white_and_resolving_list()` API，以将其绑定的设备地址添加到控制器的白名单。
3. 主设备使能从设备特性通知。在首次连接和配对/绑定阶段，设备为断开状态。
4. 从机进入非定向连接模式，其中白名单=0x03 作为广播过滤器策略（仅处理来自白名单中设备的扫描和连接请求）。
5. 主设备建立与检测到的从设备的直接连接，由于主设备地址在从设备的白名单上，从设备接受连接：两个设备重新连接，从设备启动对主设备的通知周期。

注意： 在连接建立后，如果您按下两个设备中的一个设备上的 BLE 平台按钮 `PUSH1`，连接将断开，从设备将进入非定向可连接模式并使能过滤（`WHITE_LIST_FOR_ALL`）。这意味着从设备只接受其白名单上的设备发出的连接请求：主设备仍然能够连接到从设备；从设备不接受任何其他设备的连接请求。

20 BLE 多重连接演示应用

该应用提供了多重连接场景的基本示例。

多重连接演示应用支持三种设备角色：

1. Master_Slave 设备
2. 主设备
3. 从设备

20.1 应用角色

Master_Slave 设备角色允许测试多重连接：主从一体的场景。

此举将 Master_Slave 设备配置为中央设备和外设，并允许针对 MasterSlave 设备（收集器）的多重连接场景，该 MasterSlave 设备可作为主设备连接给定数量的对端设备并作为从设备连接给定数量的对端设备。

从设备角色定义了作为从设备连接到 Master_Slave 设备的外设/GATT 服务端设备。

主设备角色定义了作为主设备连接到 Master_Slave 设备的中央/GATT 客户端设备。

20.2 如何运行此应用

MasterSlave 设备自动尝试连接其绑定的一组已知对等设备（节点）。

第 1 步. 为了与新设备进行绑定，按下从设备上的 PUSH1 按钮和 MasterSlave 设备上的 PUSH1 按钮。

在两个设备连接后，即形成绑定：即使是在断开后，MasterSlave 也会尝试连接绑定的设备，并且从设备只允许连接绑定的 MasterSlave。

第 2 步. 为使可连接的 MasterSlave 成为某个主设备（询问者）的从设备，按下 MasterSlave 设备上的 PUSH2 按钮。

第 3 步. 按下主设备上的 PUSH1 按钮检测 MasterSlave 设备并进行连接。

注意： 这种情况下，配对已执行但未形成绑定。

此时，每个从设备均为服务端，定期向充当服务端和客户端的 MasterSlave 发送数据。作为客户端定期向从设备发送数据，而作为服务端定期向主设备发送数据。每个主设备均为客户端，定期向 MasterSlave 发送数据。

第 4 步. 通过相关 COM 端口打开一个串口终端，以便显示应用的日志。

21 BLE 功耗演示应用

BLE 功耗演示应用允许将选定 BLE 设备置于发现模式：您可以从测试菜单中选择要使用的广告间隔（100 ms 或 1000 ms）。要测量 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 电流消耗，必须将直流功率分析仪连接到 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1，或 BlueNRG-LPS STEVAL-IDB012V1 套件平台电源连接器（参见第 2.17 节 电流测量）。之后可与另一台被配置为主设备的设备建立连接，并测量相关功耗。

主设备角色可以由另一个配置了 DTM 固件应用（DTM_UART_WITH_UPDATER.hex）并通过 BlueNRG GUI 或 Script Launcher PC 应用（在 STSW-BNRGUI 软件包中提供）运行特定脚本的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 套件平台来承担。

BLE_Power_Consumption 演示应用项目文件夹中提供了两份脚本，用于配置主设备和创建与接受测试的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 套件平台的连接。

这两份脚本可以建立连接，连接间隔分别为 100 ms 和 1000 ms。

功耗演示支持下列测试指令：

- f：设备处于可发现模式，具有 100 ms 的短时间间隔
- s：设备处于可发现模式，具有 1000 ms 的长时间间隔
- r：复位 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS
- ?：显示帮助菜单

22 BLE 同步演示应用

BLE 同步演示应用面向主设备、从设备之间的时钟同步场景。

22.1 应用角色

该演示需要分别配置两个 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1 开发板或两个 STEVAL-IDB012V1 开发板，采用主、从项目配置。

这些板可通过 USB 或 AAA 电池供电。

使用电池为板供电时，将跳线 JP2 移至 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台上的“BAT”位置。STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件上无需更改跳线。

22.2 运行应用

连接后，主设备与从设备共享其时钟信息（即网络时钟）。

从设备能够在连接时保持网络时钟始终与主设备同步，而无需交换任何其他信息。

NETCLOCK 库用于保持网络时钟同步，并实现启动使用网络时钟的计时器的功能。

该样例展示了通过几乎同时在 PA4 上发射脉冲（精度为 $\pm 30 \mu\text{s}$ ）来实现网络时钟同步。同时，网络时间也定期印在主设备和从设备上，并且可在串行终端上读取。

为了提高准确度，HAL_VTIMER_Tick()在中断(CPU_WKUP_IRQHandler())内调用。

23 BLE 功率控制演示应用

BLE 电源控制演示应用面向以下场景：

- 基于 RSSI 动态调整连接上的 TX 功率电平
- TX 功率报告
- 路径损耗监测

23.1 应用角色

该演示需要分别配置两个 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2/STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 板，采用外设和中央设备项目配置。然后，两台设备自动连接。

23.2 运行应用

每台设备上的蓝牙协议栈使用功率控制程序来调整对方功率，以使信号始终处于黄金范围内。目标 RSSI 和滞后在 main.h 文件中指定。

每次本地或远程设备上发生功率变化时，都会接收 `hci_le_transmit_power_reporting_event` 并打印在 UART 接口上。还启用了路径损耗监测：定义了三个路径损耗区（低、中和高）。LED1 在每个区以不同速率闪烁：

- 低路径损耗区中为高速率（电路板彼此靠近）
- 中等路径损耗区为中等速率
- 高路径损耗区为低速率（电路板彼此远离）

输入新区时，也会通过 UART 打印事件。

24 BLE 测向演示应用

BLE 测向应用展示了如何使用连接 CTE 模式实现低功耗蓝牙测向标签和定位器角色（离去角度选择为 CTE 类型）。

24.1 应用角色

该演示分别需要两个 BlueNRG-LPS STEVAL-IDB012V1 板，采用标签和定位器项目配置。然后，两台设备自动连接。

24.2 运行应用

连接后，定位器设备向对等方发送恒定音调扩展（CTE）请求，以接收带 CTE 字段的数据包，该数据包用于收集 IQ 样本以进行测向。

标签设备配置广播数据。当定位器检测到并连接到标签设备时，对标记和定位器 hci_le_connection_complete_event() event callback 事件回调执行以下操作：

```
/* Tag device */
ret = hci_le_set_connection_cte_transmit_parameters(Connection_Handle,
                                                    CTE_TYPE_SUPPORT,
                                                    TX_SWITCHING_PATTERN_LENGTH,
                                                    antenna_ids);
ret = hci_le_connection_cte_response_enable(Connection_Handle, ENABLE);
/* Locator device */
ret = hci_le_set_connection_cte_receive_parameters(Connection_Handle,
                                                    ENABLE,
                                                    CTE_SLOT_DURATION,
                                                    RX_SWITCHING_PATTERN_LENGTH,
                                                    antenna_ids);
ret = hci_le_connection_cte_request_enable(Connection_Handle,
                                           ENABLE,
                                           CTE_REQ_INTERVAL,
                                           MIN_CTE_LENGTH,
                                           CTE_TYPE);
```

然后触发 hci_le_connection_iq_report_event() 事件回调。控制器使用该回调报告来自接收到的数据包 CTE 的 IQ 样本。

注意： 从接收到的 IQ 样本中实际计算方向超出了该演示应用的范围，并且需要特定的算法。

25 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设驱动器样例

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS DK 软件 (STSW-BNRGLP-DK) 包含一组外围驱动器样例，演示了如何使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备外围驱动器 (ADC、AES、CRC、DMA、GPIO、I2C、IWDG、LPUART、PWR、RCC、RNG、micro、radio、RTC、SPI、SysTick、TIM 和 USART)。

以上样例基于 STSW-BNRGLP-DK 软件包文件夹 Drivers\Peripherals_Drivers 中提供的 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS LL 和 HAL 驱动。

外设驱动框架分为两种：

1. 低层级 (LL) 驱动器
2. 硬件抽象层 (HAL)

下文提供了可用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS LL 外设驱动 (LL 和 HAL) 的基本列表。关于每个演示应用的更多信息，请参考 STSW-BNRGLP-DK 软件包的 Docs/BlueNRG-LP_Periph_LL_Examples 和 Docs/BlueNRG-LP_Periph_HAL_Examples 文件夹中的相关 html 文档。

注意： Projects\Peripheral_Examples\MIX 文件夹中提供了一些 IP 和设备特征 (2.4 GHz 专有无无线电解决方案、节能模式等) 的具体样例。

25.1 ADC 样例

ADC 电池传感器 (LL/HAL)	该样例展示了如何使用 ADC 外设进行供电电压采样。
ADC 温度传感器 (LL)	该样例展示了如何使用内部温度传感器进行温度采样。
ADC 转换序列 (LL/HAL)	该样例展示了如何使用 ADC 外设的定序器从不同来源采集样本。
ADC 模拟麦克风 (LL)	该样例展示了如何使用 ADC 外设连接模拟麦克风。
ADC DMA (HAL)	该样例展示了如何使用 ADC 外设执行从 ADC 引脚 PB3 到 DMA 的连续 ADC 转换。
ADC 看门狗 (LL)	该样例展示了如何在即使信号超出定义的低阈值和高阈值的情况下，使用 ADC 看门狗触发看门狗事件。

25.2 BSP 样例

BSP COM (LL)	该样例展示了基本的 UART 通信。
BSP LEDs, 按钮 (LL)	该样例展示了如何配置 EXTI，以及用户按钮被按下时如何使用 GPIO 点亮/熄灭板上的用户 LED。
BSP 传感器 (LL)	该样例展示了如何配置惯性和压力传感器。

25.3 CRC 样例

CRC 计算检查 (LL)	该样例展示了如何将 CRC 计算单元配置成计算给定数据缓冲区的 CRC 码。
CRC 样例 (LL/HAL)	该样例展示了如何配置 CRC 计算单元，以便基于固定的发生器多项式 (默认值为 0x4C11DB7) 计算给定数据缓冲区的 CRC 码。
CRC 用户定义多项式 (LL/HAL)	这些样例展示了如何配置基于用户定义的生成多项式的 CRC 计算。
CRC 多项式更新 (MIX)	该样例展示了如何通过 BLUENRG_LP CRC HAL 和 LL API (用于性能改善) 使用 CRC 外设。

25.4 DMA 样例

DMA mem 到 mem (LL)

该样例展示了如何使用 DMA 通道，以便将字数据缓冲区从一个嵌入式 SRAM 转移到另一个。使用用于优化用途（性能和大小）的 LL 单一服务功能初始化外设。

DMA RAM 至 RAM (MIX)

该样例展示了如何使用 DMA，以便通过 BLUENRG_LP DMA HAL 和 LL API（用于性能改善）将字数据缓冲区从 RAM 转移到嵌入式 SRAM。

25.5 EXTI 示例

EXTI 用 IT 切换 LED 打开 (LL)

该样例展示了如何配置 EXTI 以及使用 GPIO 点亮/熄灭用户 LED。

25.6 Flash 示例

擦除程序 (HAL)

该样例展示了如何使用基本 Flash 操作，如擦除/写入/读取。

写保护 (HAL)

该样例展示了如何使用基本 Flash 操作，如擦除/写入/读取。

25.7 GPIO 样例

GPIO 无限 LED 切换 (LL)

该样例展示了如何配置和使用 GPIO，以便每隔 250 ms 点亮/熄灭板载用户 LED。

GPIO IO 切换 (HAL)

该样例展示了如何通过 HAL API 配置和使用 GPIO。

GPIO 退出 (HAL)

该样例展示了如何配置外部中断线。

25.8 HAL 样例

HAL 时基 (HAL)

该样例展示了如何使用通用定时器作为时基的主要来源（取代 SysTick）来自定义 HAL。

HAL RTC 报警 (HAL)

该样例展示了如何使用 RTC 报警作为时基的主要来源（取代 SysTick）来自定义 HAL。

HAL 时基 RTC WKUP (HAL)

该样例展示了如何使用 RTC 唤醒作为时基的主要来源（取代 SysTick）来自定义 HAL。

25.9 I²C 样例

I2C_IT_Pressure (LL)

该样例展示了如何在中断模式下，通过 I²C 处理一个数据字节从板载压力传感器到设备的接收。

I2C DMA (LL/HAL)

该样例展示了如何通过 DMA 处理两块板之间的 I2C 数据缓冲发送/接收。

I2C 轮询 (LL/HAL)

该样例展示了如何以轮询模式处理两块板之间的 I2C 数据缓冲发送/接收。

I2C 重启 Adv IT (HAL)

该样例展示了如何用中断模式和重启条件执行两块板之间的多重 I2C 数据缓冲发送/接收。

I2C 重启 IT (LL/HAL)

该样例展示了如何用中断模式和重启条件处理两块板之间的单一 I2C 数据缓冲发送/接收。

I2C Adv IT (HAL)

该样例展示了如何使用中断在第一次通信传输之后开始新的通信传输，处理两块板之间的 I2C 数据缓冲发送/接收。

I2C IT (HAL)

该样例展示了如何使用中断处理两块板之间的 I2C 数据缓冲发送/接收。

25.10 I²S 样例

I2S 音频演示 (HAL)

该样例通过焊接在 X-NUCLEO-CCA01M1 扩展板（连接到 BlueNRG-LP 评估套件）上的 STA350BW 器件，播放了预先录制的音频帧（保存在 MCU Flash 存储器中）。

I2S_Receiver (HAL)

该应用设计用于配置主板上的 I2S 外设，以便经由从板接收数据。

I2S_Transmitter (HAL)

该应用设计用于配置从板上的 I2S 外设，以便向主板发送数据。

25.11 IWDG 样例

IWDG 刷新直至客户事件初始化 (LL)

该样例展示了如何配置 IWDG 外设，以确保定期更新计数器并在按下 PUSH1 按钮时生成 MCU IWDG 复位。

IWDG 窗口模式 (HAL)

该样例展示了如何定期更新 IWDG 重载计数器，以及模拟软件故障，即在预设时间量后生成 MCU IWDG 复位。

IWDG 复位 (HAL)

该样例展示了如何处理 IWDG 重载计数器，以及模拟软件故障，即在预设时间量后生成 IWDG 复位。

25.12 LPUART 示例

LPUART TX, RX (LL)

该样例展示了如何将 GPIO 和 USART 外设配置成在 LPUART RX 上接收字符。该示例基于 LPUART LL API。使用用于优化用途（性能和大小）的 LL 单一服务功能初始化外设。

25.13 Micro MIX 样例

Hello world

这是基本的“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS”应用的样例，包含冲突信息处理和设备削减信息。在将 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 平台连接至 PC USB 端口，并打开特定的 PC 工具/程序（如 Tera Term）时，会显示“Hello World: BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS (x.x) 在这里！”消息。

节能模式测试

该测试为下列 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 节能模式提供了样例：

POWER_SAVE_MODE_S HUTDOWN

该模式可关闭 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 设备。唯一的唤醒源是 RSTN 焊盘上的低脉冲（由于存储器保留不属于此节能级别配置，因此无智能电源管理）。

POWER_SAVE_LEVEL_ STOP_WITH_TIMER

该模式可令 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 进入深度睡眠，并使定时器时钟源（LSI 或 LSE）保持运行。可通过 GPIO（PA8 至 PA11 和 PB0 至 PB7）、RTC、IWDG、BlueCore 和 HAL Virtual Timer 进行唤醒。

POWER_SAVE_LEVEL_ NOTIMER

该模式可令 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 进入深度睡眠。所有外设和时钟源均关闭。只能通过 GPIO（PA8 至 PA11 和 PB0 至 PB7）进行唤醒。

POWER_SAVE_LEVEL_ CPU_HALT

该模式可令 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 进入 CPU 中止状态。只有 CPU 停止运行。芯片的其余部分仍可继续正常运行。任何中断均可唤醒芯片。

25.14 PDM 演示应用

PDM_DigitalMicrophone (LL)

该样例展示了如何使用 PDM 端口连接数字 MEMS 麦克风。

25.15 公钥加速器（PKA）演示应用

PKA ECC 标志（LL）

BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS PKA 演示应用由 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 开发平台提供支持。它提供了有关如何使用可用的 PKA 驱动器 API 执行基本 PKA 处理并检查结果的基本样例。

公钥加速器（PKA）是一种专用硬件模块，用于计算与椭圆曲线加密（ECC）相关的加密公钥原语。

注意：

在安全配对程序运行期间，BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 低功耗蓝牙协议栈使用该外设，在此期间用户不得使用。

PKA 演示应用执行以下步骤：

- 从 PKS_SetData() 上的 PKA 已知点 PKA_DATA_PCX, PKA_DATA_PCY 和随机生成的 keyA 开始，执行 PKA 处理，这将在椭圆上生成新的点 A。
- 从新生成的随机 key B 重复相同处理，得到椭圆上新的点 B。
- 使用具有点 B 坐标的 key A 开始新的 PKA 处理，同时生成新的点 C，使之仍在同一椭圆上。

25.16 PWR 示例

PVD（LL）

该样例展示了 PVD 如何测量低于比较器的电压，以及如何在 SYSCFG 块中向 CPU 提出中断。

25.17 2.4 GHz 专有无无线电 MIX 示例

2.4 GHz 专有底层无线电驱动提供对 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 器件 2.4 GHz 无线电的访问，用于在不使用蓝牙链路层的情况下发送和接收数据包。

可用的 2.4 GHz 专有无无线电示例：

AutomaticChMgm

TX 示例，其中的 INC_CHAN 动作标签用于自动更改通道。

Beep

TX 示例，其中的器件连续在三个不同的通道中发送数据包。

BeepMultiState

TX 示例，具有多态功能。

Serial port

点对点通信生成双向串口（还提供加密配置）。

RemoteControl

一种基本的远程控制场景；通过按下器件上的 PUSH1 按钮切换接收器件上的 LED1。

睡眠

演示具有睡眠管理功能的点对点通信。

Sniffer

选定通道和指定 Network ID 中的嗅探器应用。

SnifferMultiState

具有多态功能的嗅探器应用。

StarNetwork

星形网络示例，其中的主设备要求网络中的从设备提供数据包。

Tx Rx

点对点通信，具有数据包错误率（PER）计算功能。

Throughput TX, RX

吞吐量测试示例（一个 TX 和一个 RX 设备的单向通信，以及两个 TX 设备和一个 RX 设备的双向通信）

OTA Client, Server

OTA 固件升级框架示例，基于 2.4 GHz 专有底层无线电驱动。

25.18 RCC 样例

RCC HSE 启动测试（MIX）

它展示了如何执行 HSE 启动时间测量。

25.19 RNG 样例

RNG 生成随机数（LL）

该样例展示了如何配置 RNG，以便生成 32 位随机数。使用用于优化用途（性能和大小）的 LL 单一服务功能初始化外设。

RNG Multi RNG (HAL)

该样例展示了如何使用 HAL API 配置 RNG。该样例使用 RNG 生成 32 位长随机数。

25.20 RTC 样例

RTC 唤醒 (LL)

该样例展示了如何配置 GPIO、USART 和 RTC 外设，以便使用定时器设置节能级别停止。

RTC 报警 (LL/HAL)

配置 RTC LL API，以便使用 RTC 外设配置和生成报警。在该样例中，时间被设置为 23:59:50，必须在 00:00:00 生成报警。

RTC 自动校准 (HAL)

该样例展示了如何使用 LSE 时钟源自动校准，以获取精确的 RTC 时钟。

RTC 日历 (LL/HAL)

该样例展示了日历的配置。

通过唤醒定时器使 RTC 退出待机模式 (LL)

该样例展示了如何配置 RTC，以便使用 RTC 唤醒定时器从待机模式唤醒。

RTC 唤醒日历 (LL)

该样例展示了如何配置 LL API，以便设置 RTC 日历。当发生复位时，RTC 配置不会丢失。

25.21 SPI 样例

SPI 半双工 IT (LL)

该样例展示了如何配置 GPIO 和 SPI 外设，以便以中断模式从 SPI 主设备发送字节到 SPI 从设备。

SPI 半双工 DMA (LL)

该样例展示了如何配置 GPIO 和 SPI 外设，以便以 DMA 模式从 SPI 主设备发送字节到 SPI 从设备。

SPI 全双工 IT 主/从设备 (LL/HAL)

该样例展示了如何在两块板之间以中断模式通过 SPI 执行数据缓冲发送和接收。

SPI DMA 主/从设备 (LL/HAL)

该样例展示了如何在两块板之间以 DMA 模式通过 SPI 执行数据缓冲发送和接收。

SPI 全双工轮询主/从设备 (HAL/MIX)

该样例展示了如何在两块板之间以轮询模式通过 SPI 执行数据缓冲发送和接收。

SPI 半双工轮询 IT 主/从设备 (HAL/MIX)

这些样例展示了使用轮询 (LL 驱动器) 和中断模式 (HAL 驱动器)，通过 SPI 在两个板之间进行的数据缓冲发送/接收。

SPI 全双工 IT 主设备 (HAL)

该样例展示了如何在两块板之间以中断模式 (CPOL=1; CPHA=0; NSSP=1) 通过 SPI 执行数据缓冲发送和接收。

SPI 全双工 IT 从设备 (HAL)

该样例展示了如何在两块板之间以中断模式 (CPOL=1; CPHA=0; NSSP=0) 通过 SPI 执行数据缓冲发送和接收。

25.22 TIM 样例

TIM 断线和死区时间 (LL)

该样例展示了如何配置 TIM 外设，以便生成三个中心对齐 PWM 和互补 PWM 信号，插入指定的死区时间值，使用断线特征，并锁定断线和死区时间配置。

TIM_Frequency_Divider (LL/HAL)

将 TIM1 外设配置为以等于所需输入信号的二分之一的频率生成输出信号。

TIM 输入初始化 (LL/HAL/MIX)

该样例展示了如何使用 TIM 外设测量外部信号发生器提供的周期信号频率。

TIM 输出对比初始化 (LL)

该样例展示了如何配置 TIM 外设，以便以不同的输出比较模式生成输出波形。

TIM 时基 (LL)

该样例展示了如何配置 TIM 外设，以便生成时基。

TIM OC 活动 (HAL)

该样例展示了如何在输出比较活动模式下使用 TIM 外设 (当计数器匹配捕获/比较寄存器时，对应的输出引脚置为主动状态)。

TIM OC 非活动 (HAL)

该样例展示了如何在输出比较非活动模式下根据每个通道的对应中断请求使用 TIM 外设。

TIM OC 切换 (HAL)

该样例展示了如何使用 TIM 外设以四种不同频率生成四个不同信号。

TIM PWM 输出 (LL/HAL)	该样例展示了如何在 PWM（脉宽调制）模式下使用 TIM 外设。
TIM PWM 训练 (LL)	配置定时器，以便以输出比较模式生成固定数量的脉冲。
TIM 时基 (HAL)	该样例展示了如何使用 TIM 外设，以便使用对应的中断请求生成一秒的时基。
TIM 单脉冲 (LL/HAL)	该样例展示了如何使用 TIM 外设，以便在定时器输入引脚接收到外部信号上升沿时生成单脉冲。
TIM 单脉冲 TI2 触发 (LL)	配置定时器，从而在输出比较模式下在延迟 tDELAY 后生成长度为 tPULSE 的正脉冲。
TIM PWM 输出 (HAL)	该样例展示了如何使用 TIM 外设测量外部信号的频率和占空比。

25.23 UART 样例

USART TxRx DMA (LL)	该样例展示了如何配置 USART 外设，从而以 DMA 模式向超级终端（PC）异步发送字符。
USART Rx 连续 IT (LL)	该样例展示了如何配置 GPIO 和 USART 外设，从而使用中断模式以异步模式连续接收来自超级终端的字符。
USART Tx (LL)	该样例展示了如何配置 GPIO 和 USART 外设，从而以轮询模式向超级终端异步发送字符。如果无法在指定时间内完成传输，则允许序列中存在超时（具有超时错误码）。
USART Tx IT (LL)	该样例展示了如何配置 GPIO 和 USART 外设，从而以中断模式向超级终端异步发送字符。
USART_SPI_Master (LL)	该样例展示了如何将 USART 外设置成以 DMA 模式向/从 LL SPI_IT_Slave_Init 样例异步发送字符。
USART_SPI_Slave (LL)	该样例展示了如何将 USART 外设置成以 DMA 模式向/从 LL SPI_IT_Master_Init 样例异步发送字符。
USART_TxRx_Inverted (LL)	该样例展示了如何在 Tx Rx 引脚电平反转的情况下，将 GPIO 和 USART 外设置成在 DMA 模式下异步发送字符。
UART DMA (HAL)	该样例展示了如何在板和超级终端应用之间以 DMA 模式执行 UART 发送（发送/接收）。
UART IT (HAL/MIX)	该样例展示了如何在板和超级终端应用之间以中断模式执行 UART 发送（发送/接收）。
UART printf (HAL)	该样例展示了如何将 C 库 printf 函数重新路由到 UART。UART 在超级终端上输出一条消息。
USART 超级终端 TxPollin RxIT (MIX)	使用 UART，在板与超级终端应用之间以轮询和中断模式传输（发送/接收）数据。
USART Tx Rx Hw 流控制 IT (LL/HAL)	该样例展示了如何配置 GPIO 和 USART 外设，以便使用硬件流控制模式向/从超级终端以中断模式异步发送字符。
UART_CircularDMA (HAL)	该样例展示了如何在循环 DMA 模式下使用 HAL UART API 进行接收。

图 33. STEVAL-IDB011V1 电路原理图 (图 1, 共 3 图)

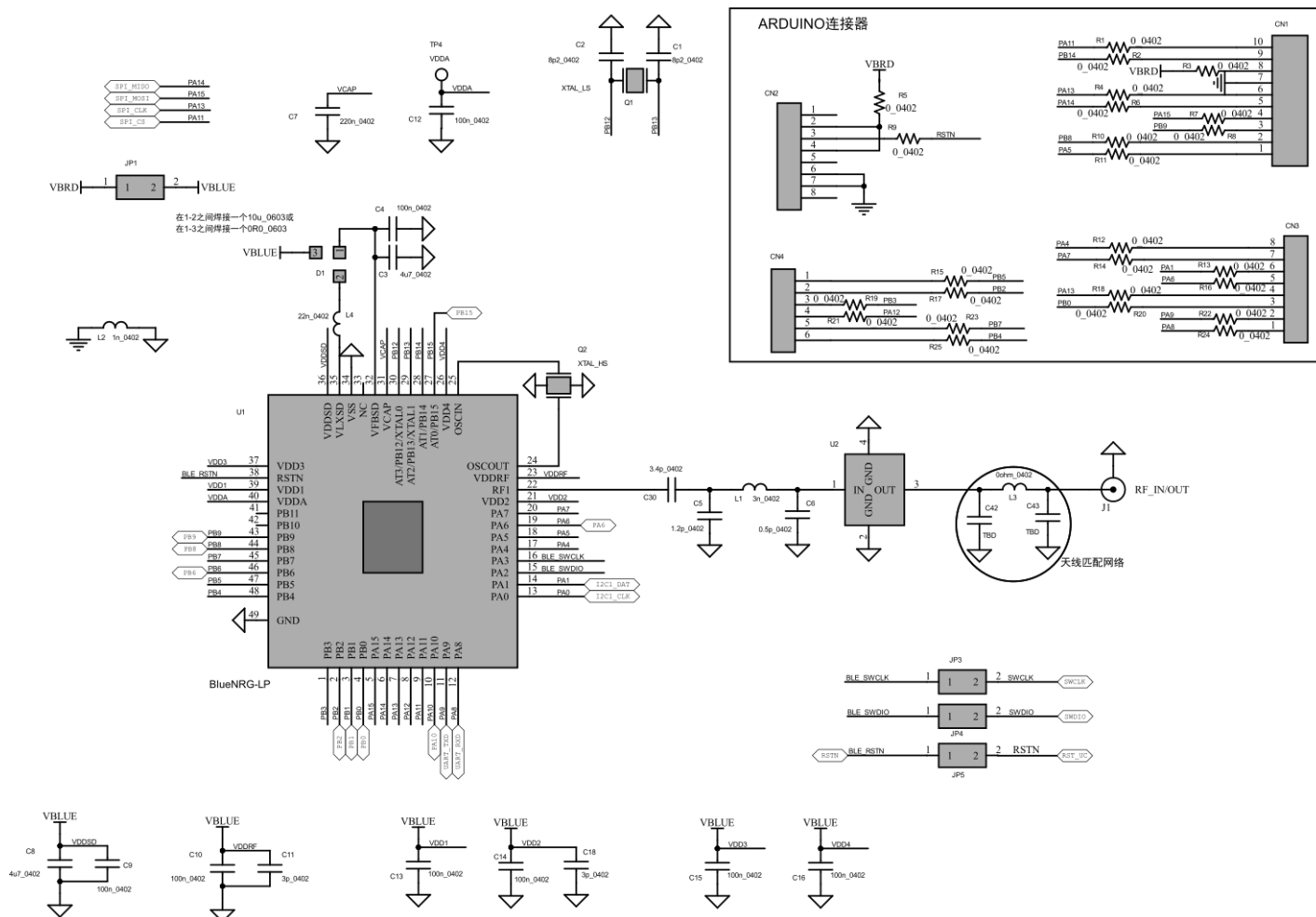
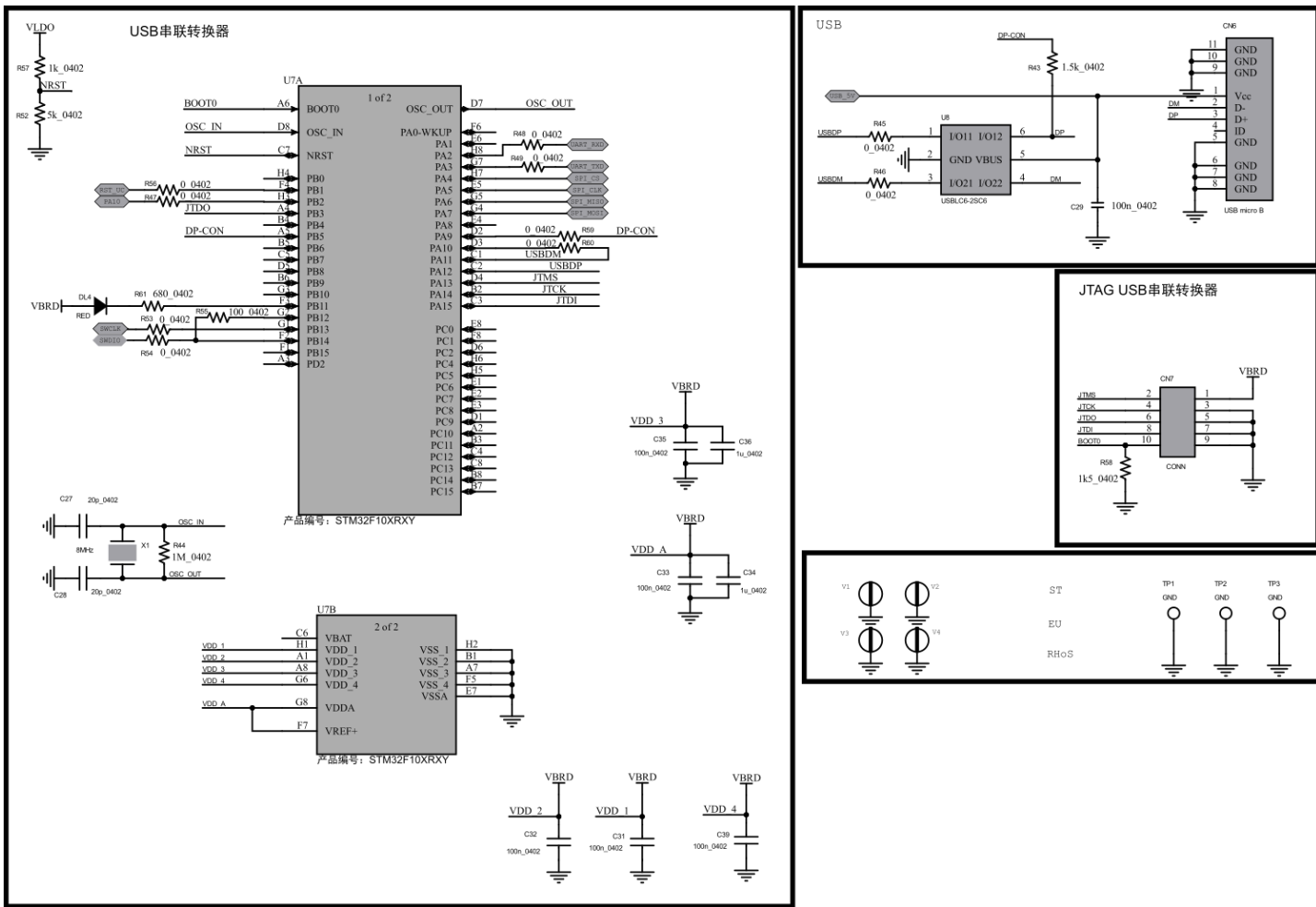




图 35. STEVAL-IDB011V1 电路原理图 (图 3, 共 3 图)



27 STEVAL-IDB011V2 原理图

图 36. STEVAL-IDB011V2 电路原理图 (图 1, 共 3 图)

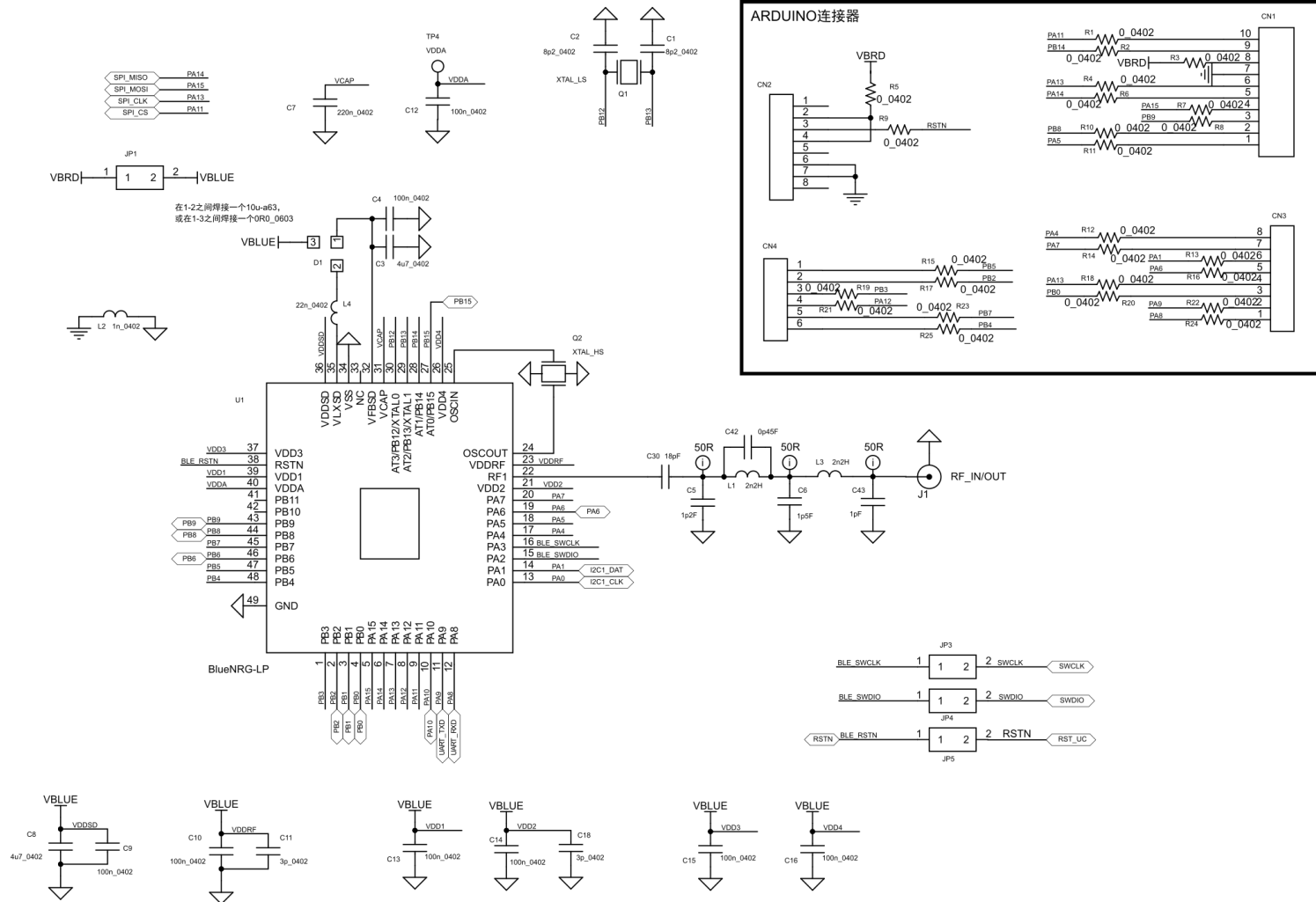


图 37. STEVAL-IDB011V2 电路原理图 (图 2, 共 3 图)

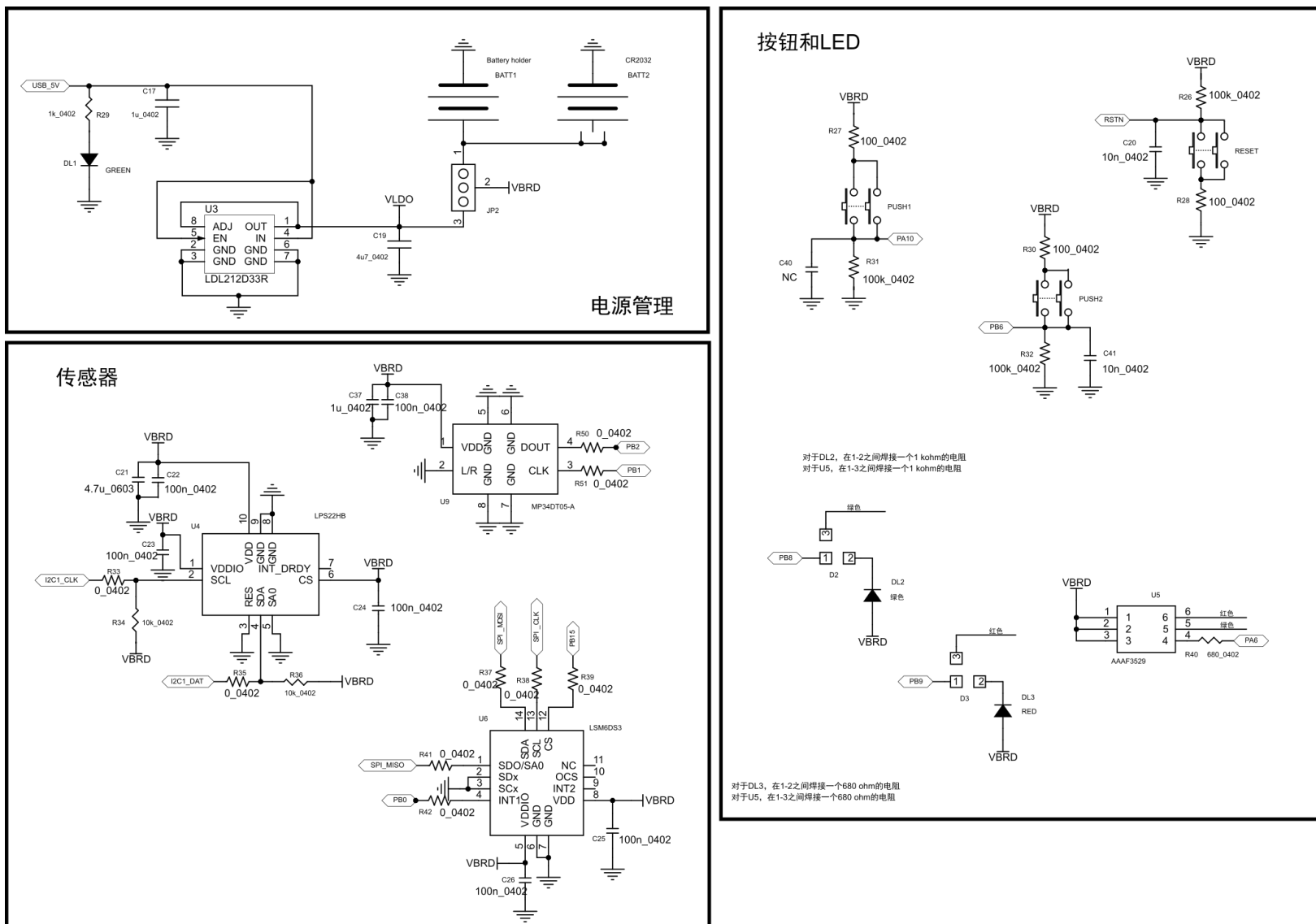
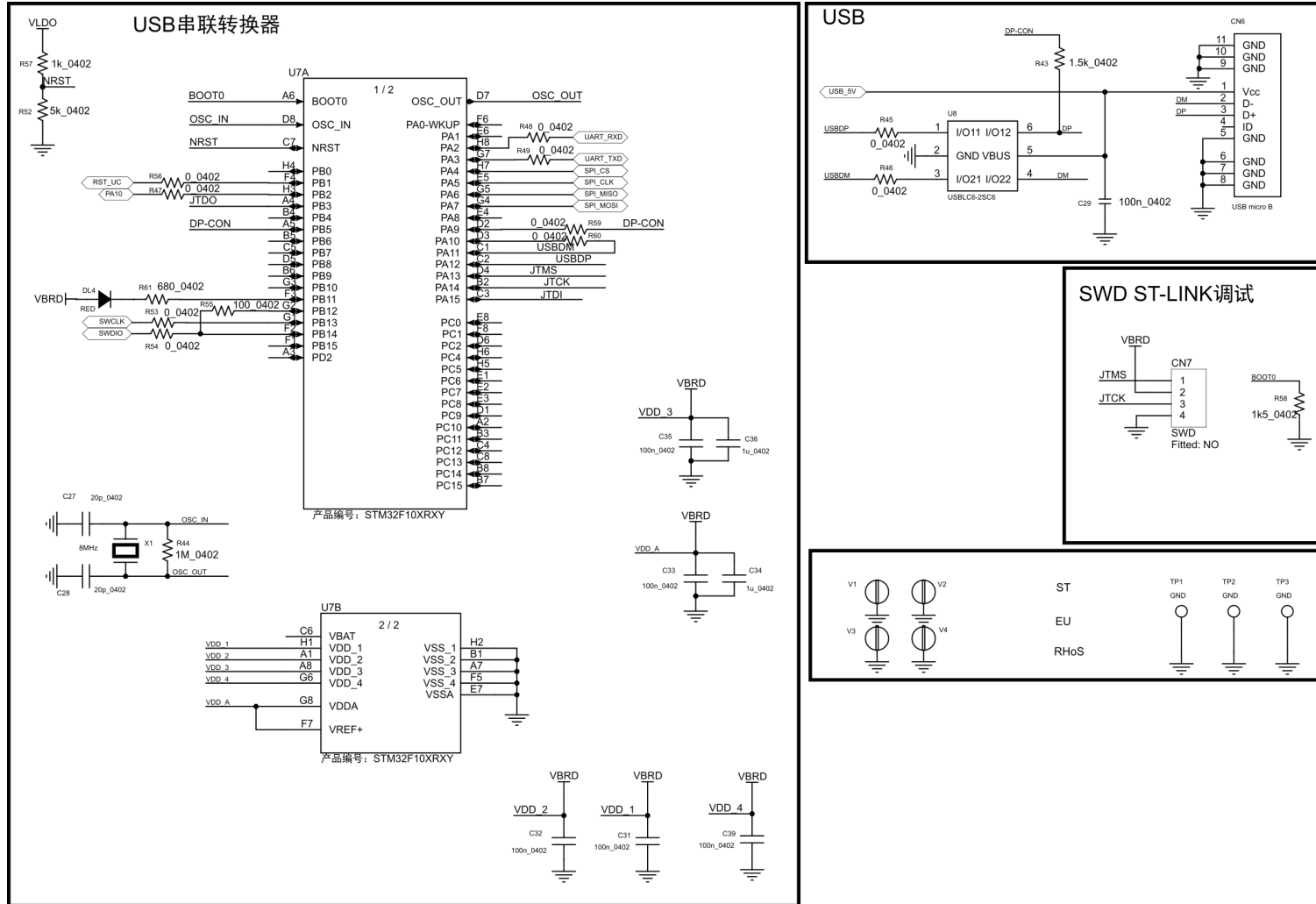
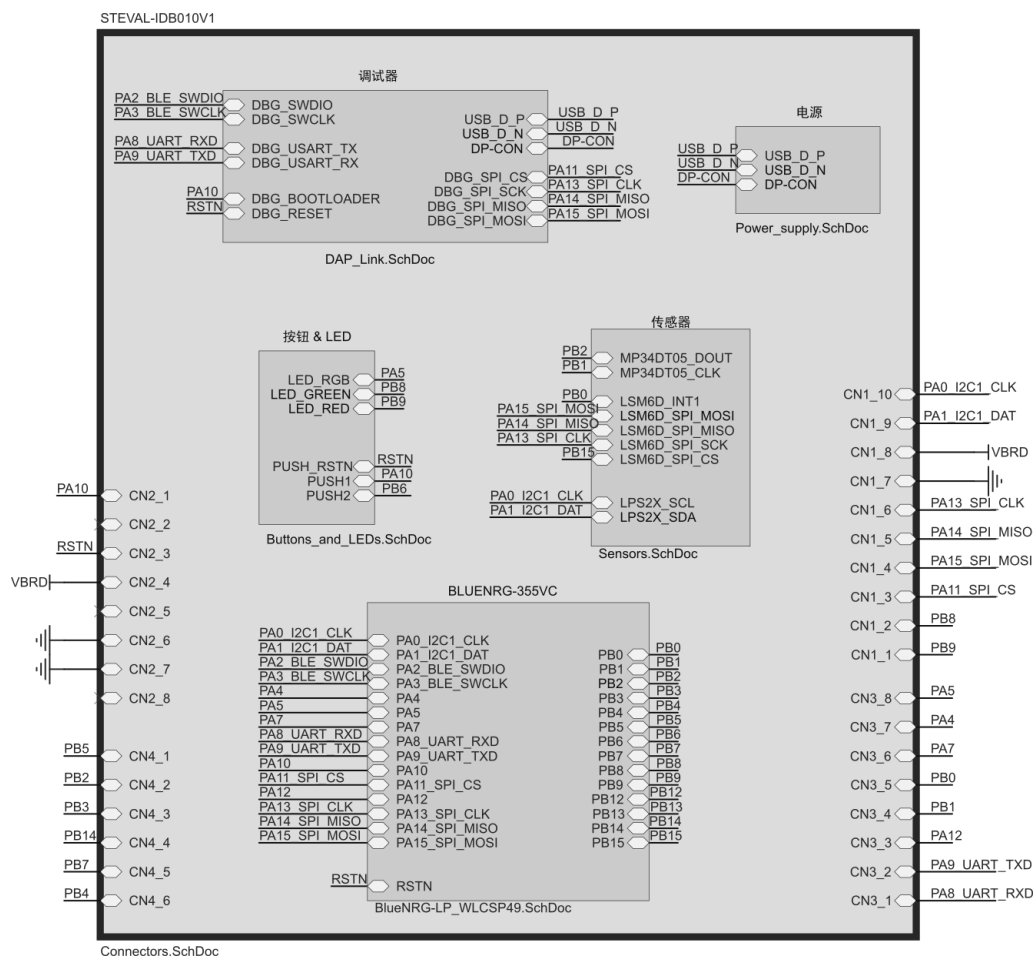


图 38. STEVAL-IDB011V2 电路原理图 (图 3, 共 3 图)



28 STEVAL-IDB010V1 原理图

图 39. STEVAL-IDB010V1 电路原理图 (图 1, 共 7 图)



UM2735

STEVAL-IDB010V1 原理图

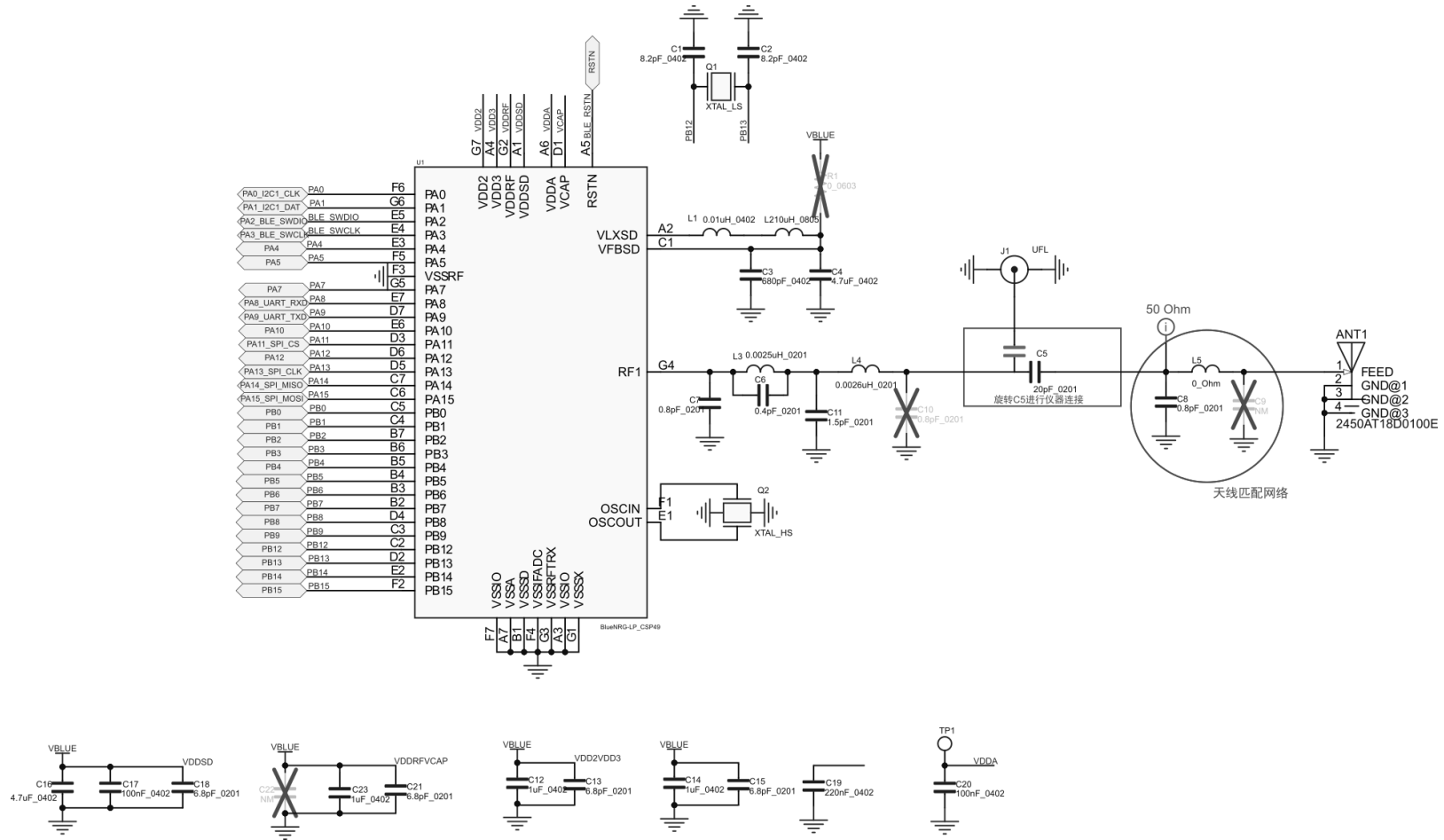


图 41. STEVAL-IDB010V1 电路原理图 (图 3, 共 7 图)

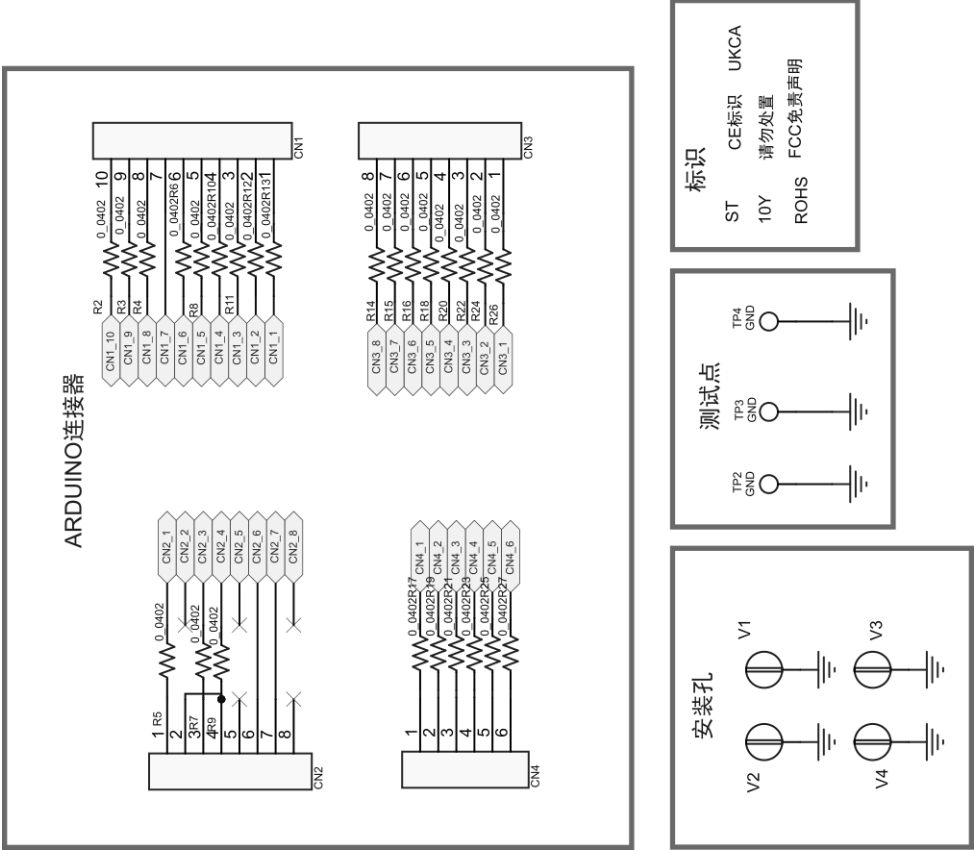


图 42. STEVAL-IDB010V1 电路原理图 (图 4, 共 7 图)

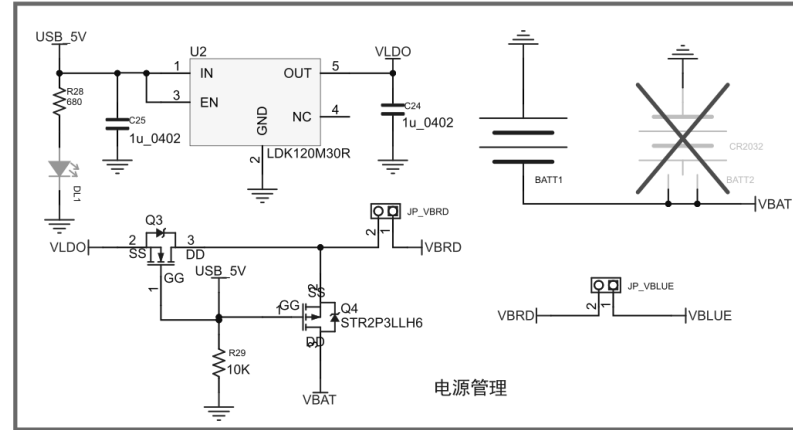
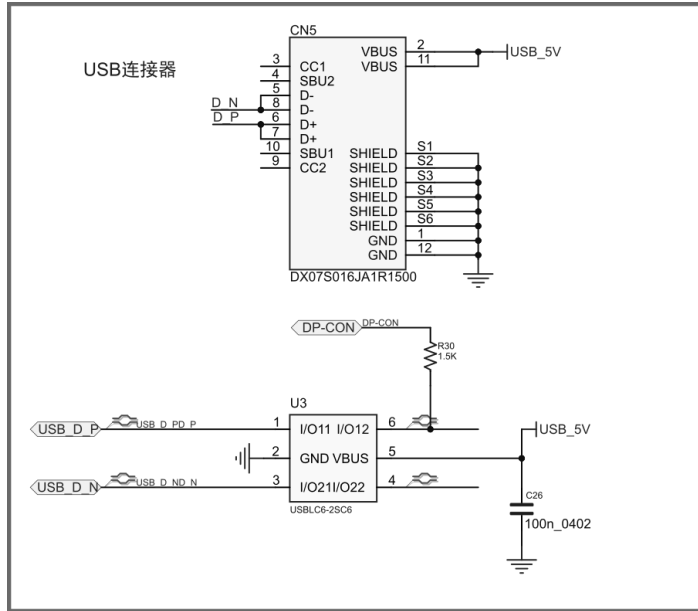


图 43. STEVAL-IDB010V1 电路原理图 (图 5, 共 7 图)

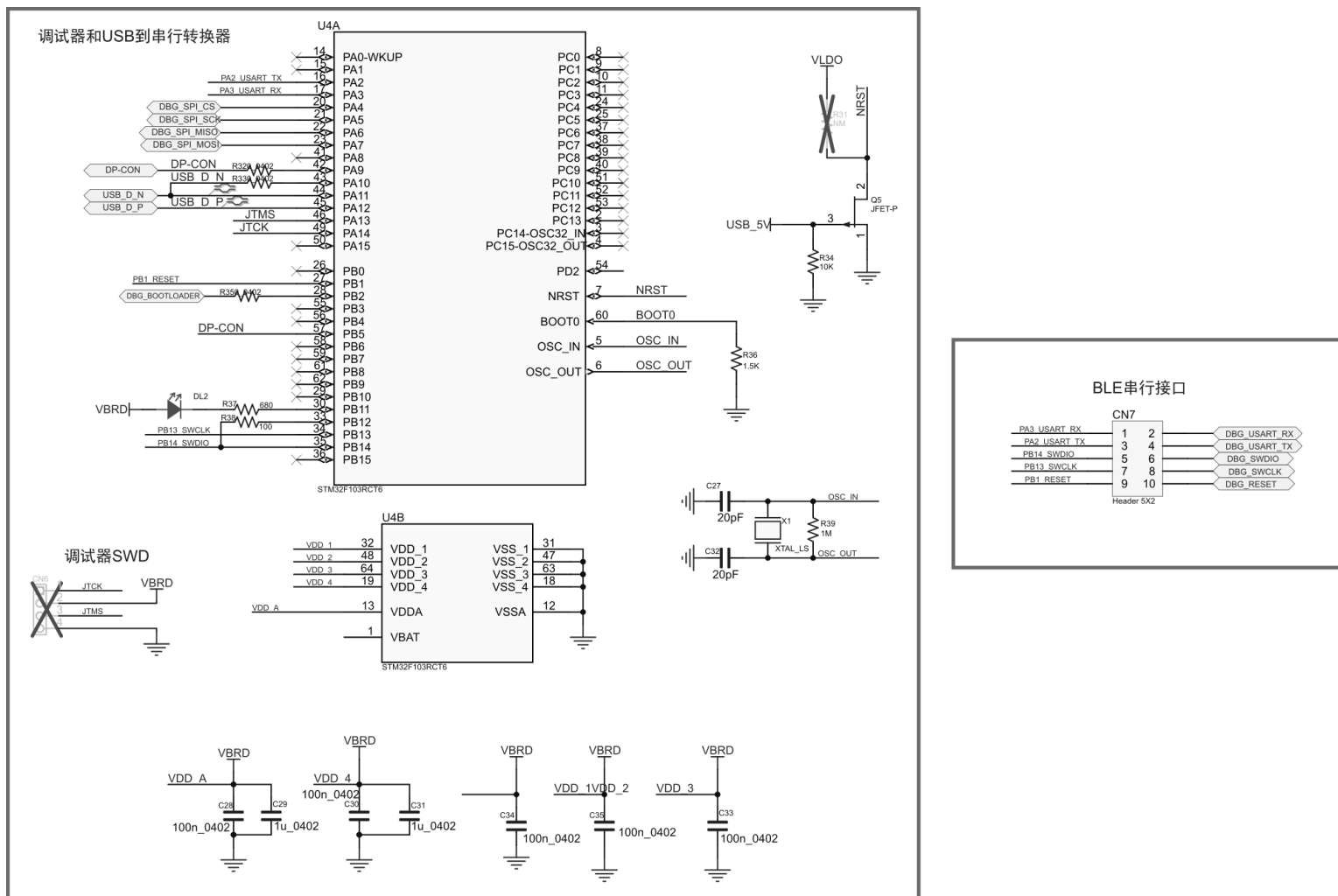


图 44. STEVAL-IDB010V1 电路原理图 (图 6, 共 7 图)

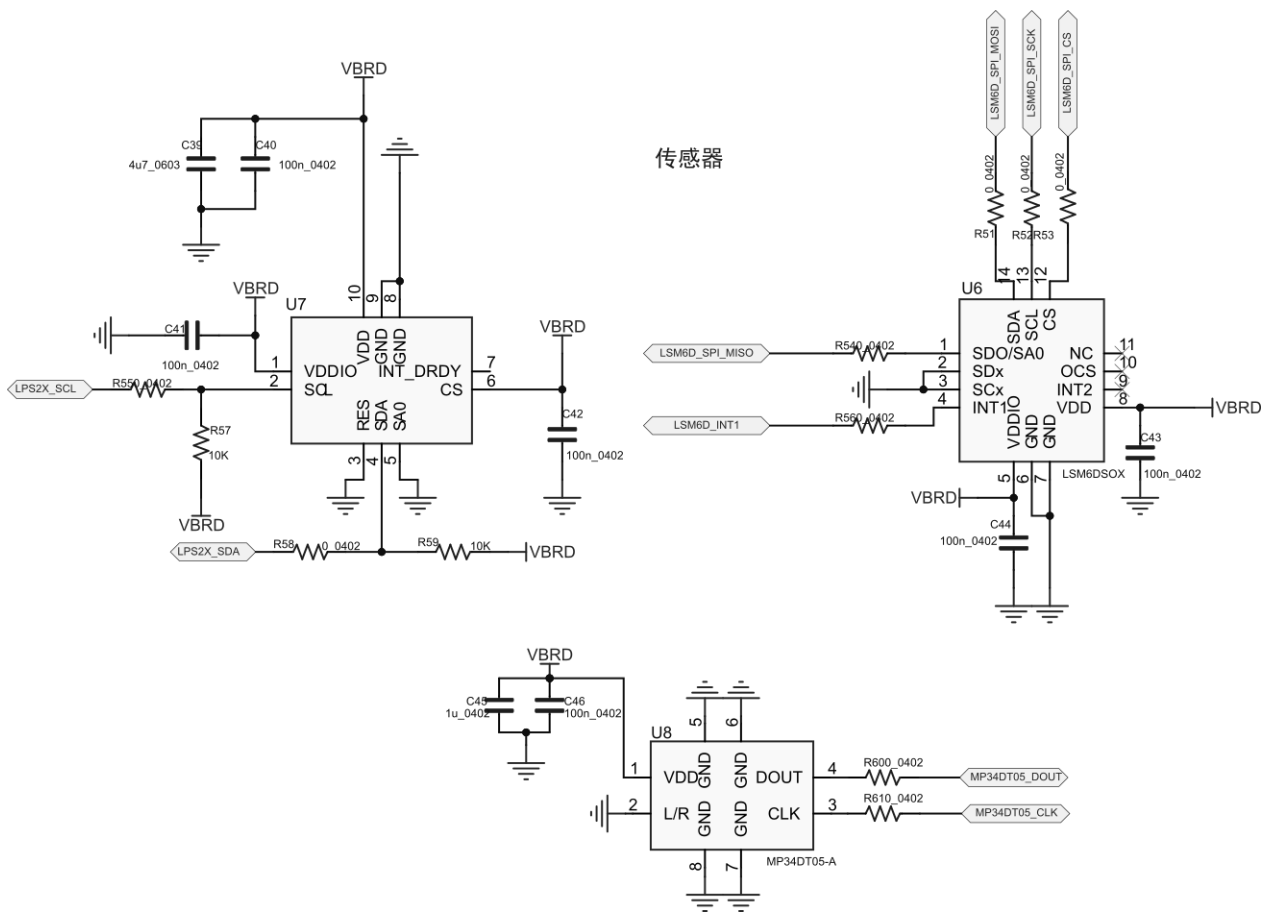
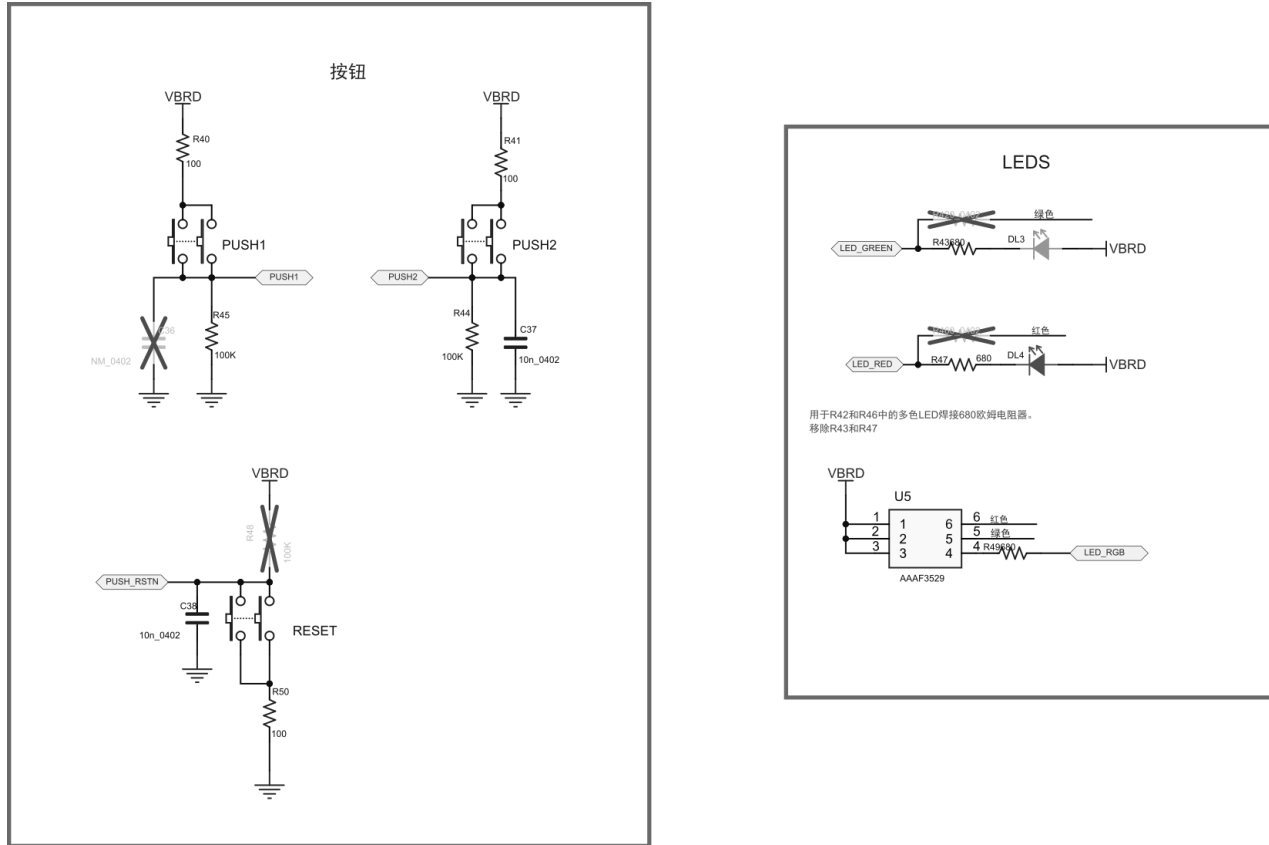


图 45. STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 7，共 7 图）



29 STEVAL-IDB012V1 原理图

图 46. STEVAL-IDB012V1 电路原理图 (图 1, 共 7 图)

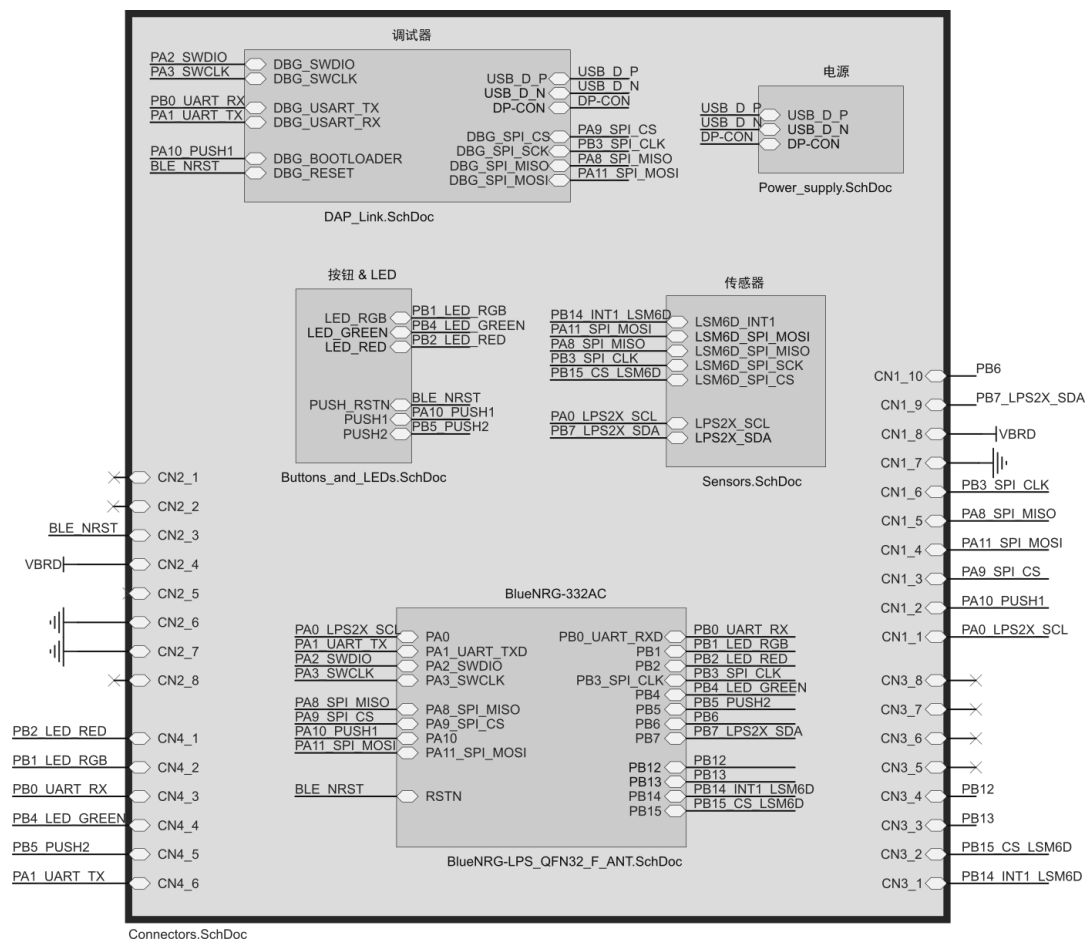


图 47. STEVAL-IDB012V1 电路原理图 (图 2, 共 7 图)

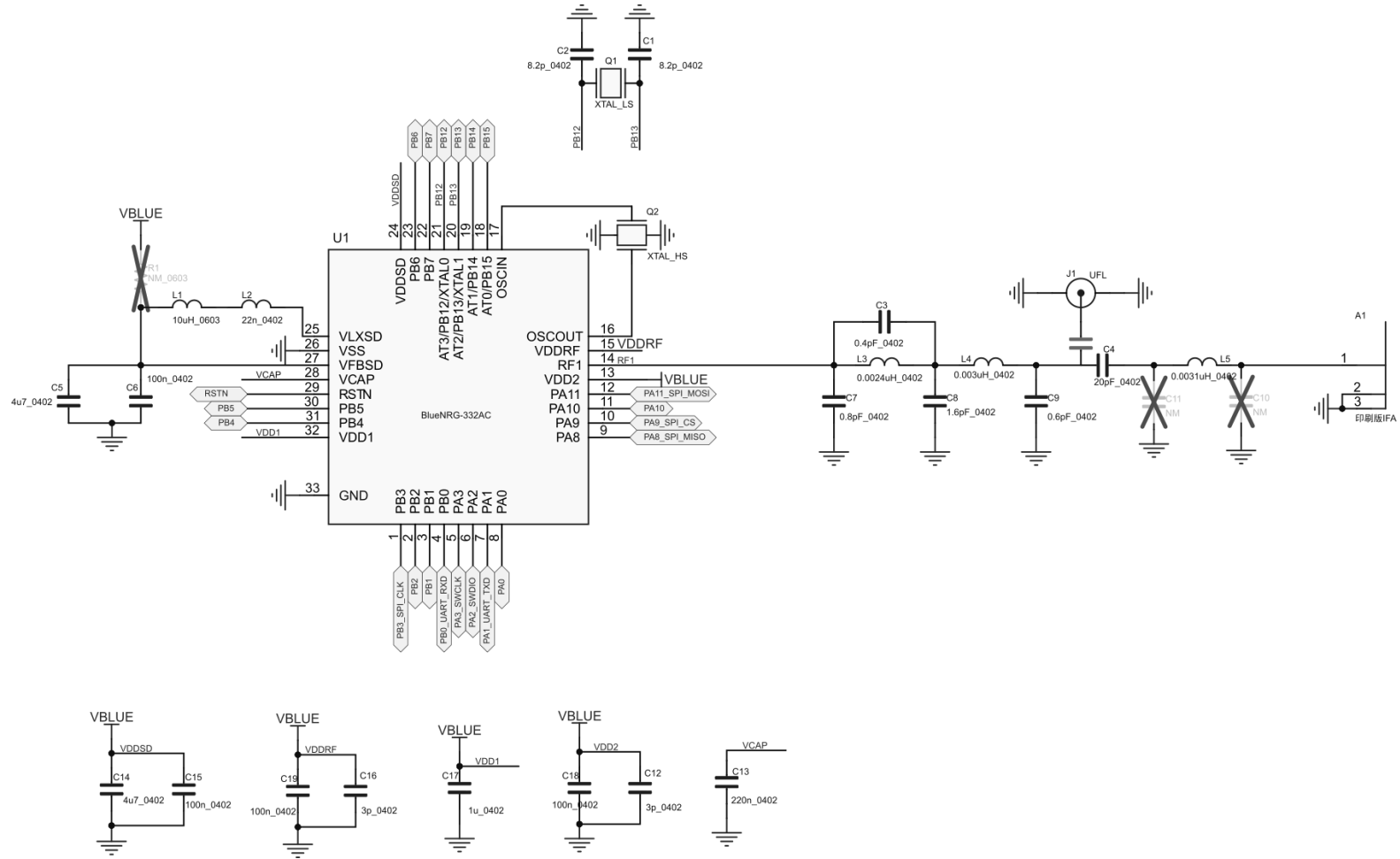
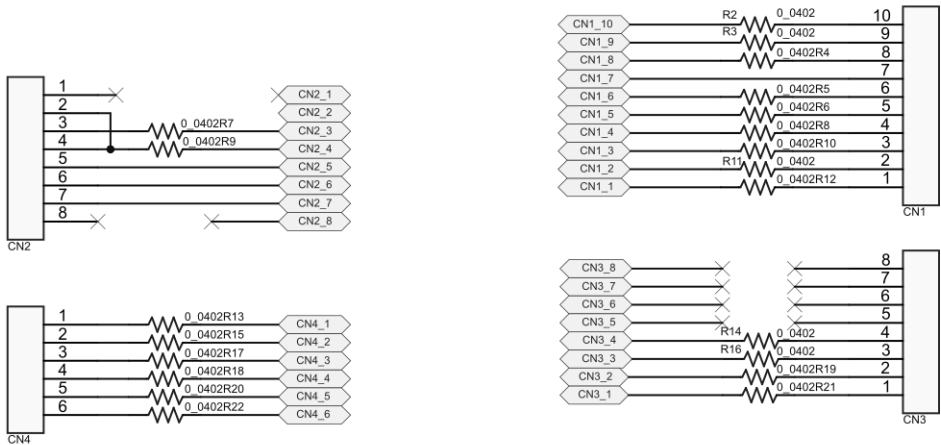
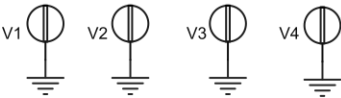


图 48. STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 3，共 7 图）

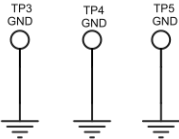
ARDUINO连接器



安装孔



测试点



标识

10Y ST
请勿处置 CE
FCC免责声明 ROHS
UKCA



图 49. STEVAL-IDB012V1 电路原理图 (图 4, 共 7 图)

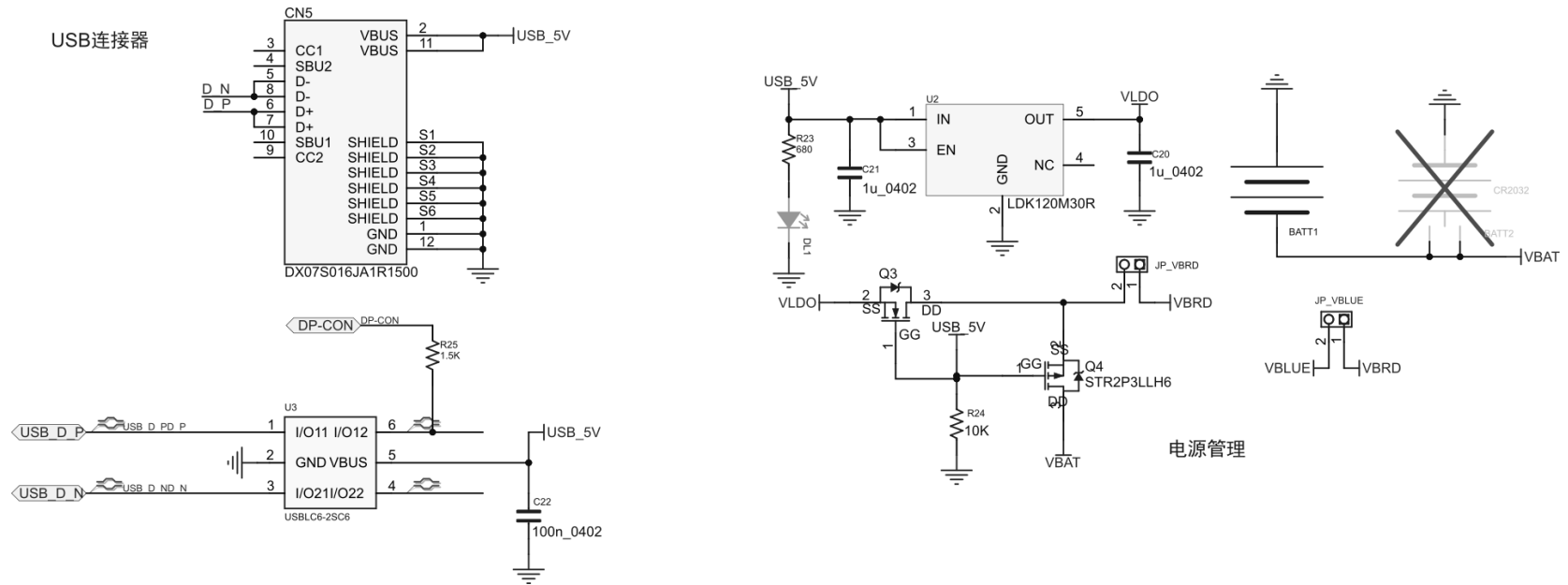


图 50. STEVAL-IDB012V1 电路原理图 (图 5, 共 7 图)

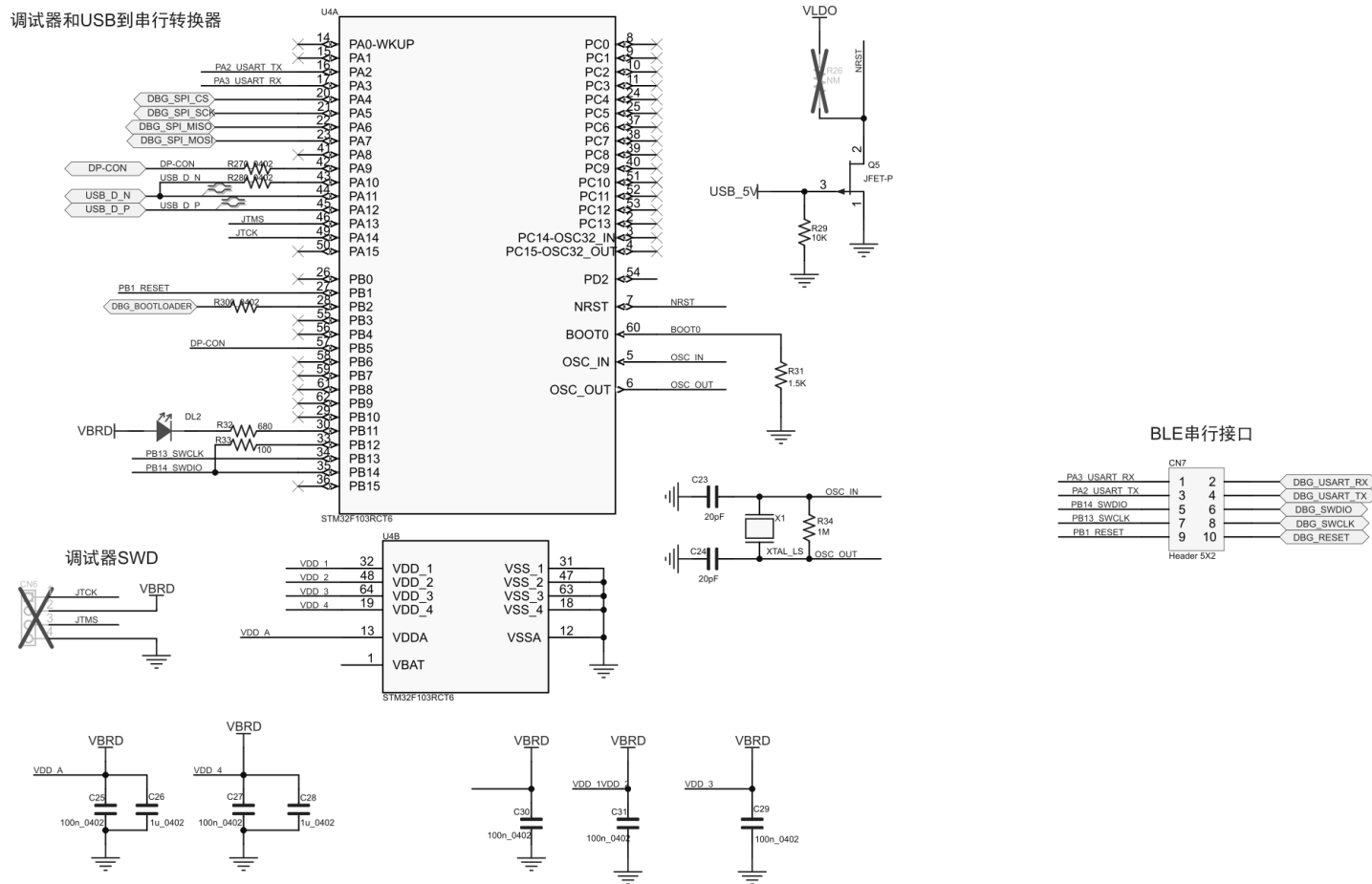


图 51. STEVAL-IDB012V1 电路原理图 (图 6, 共 7 图)

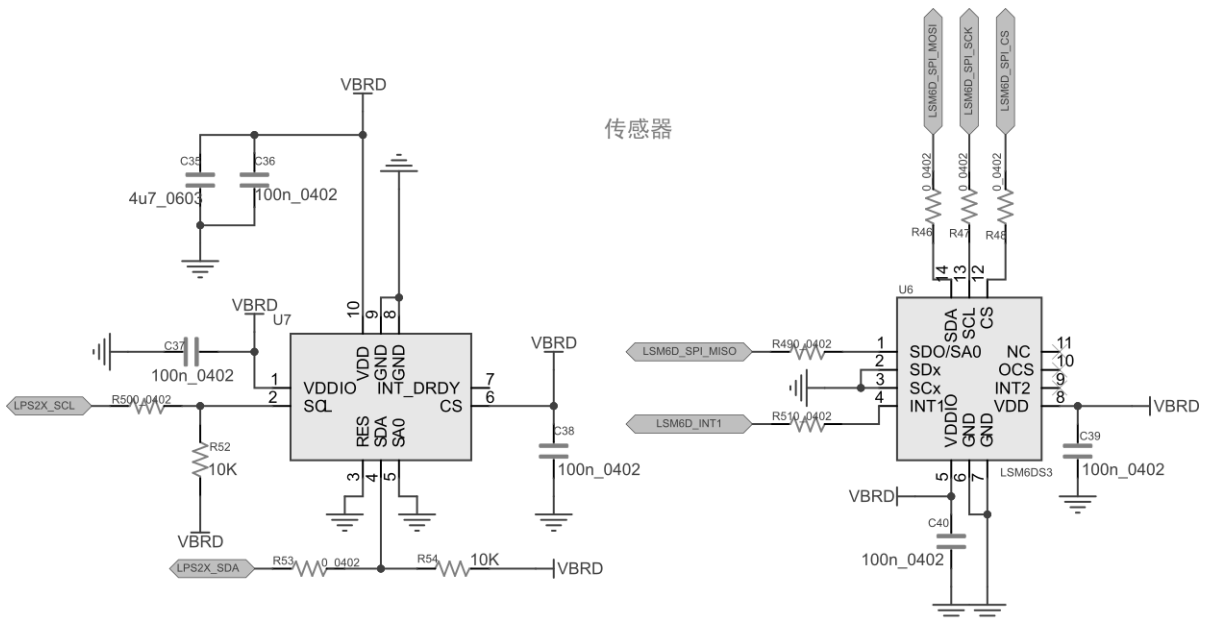
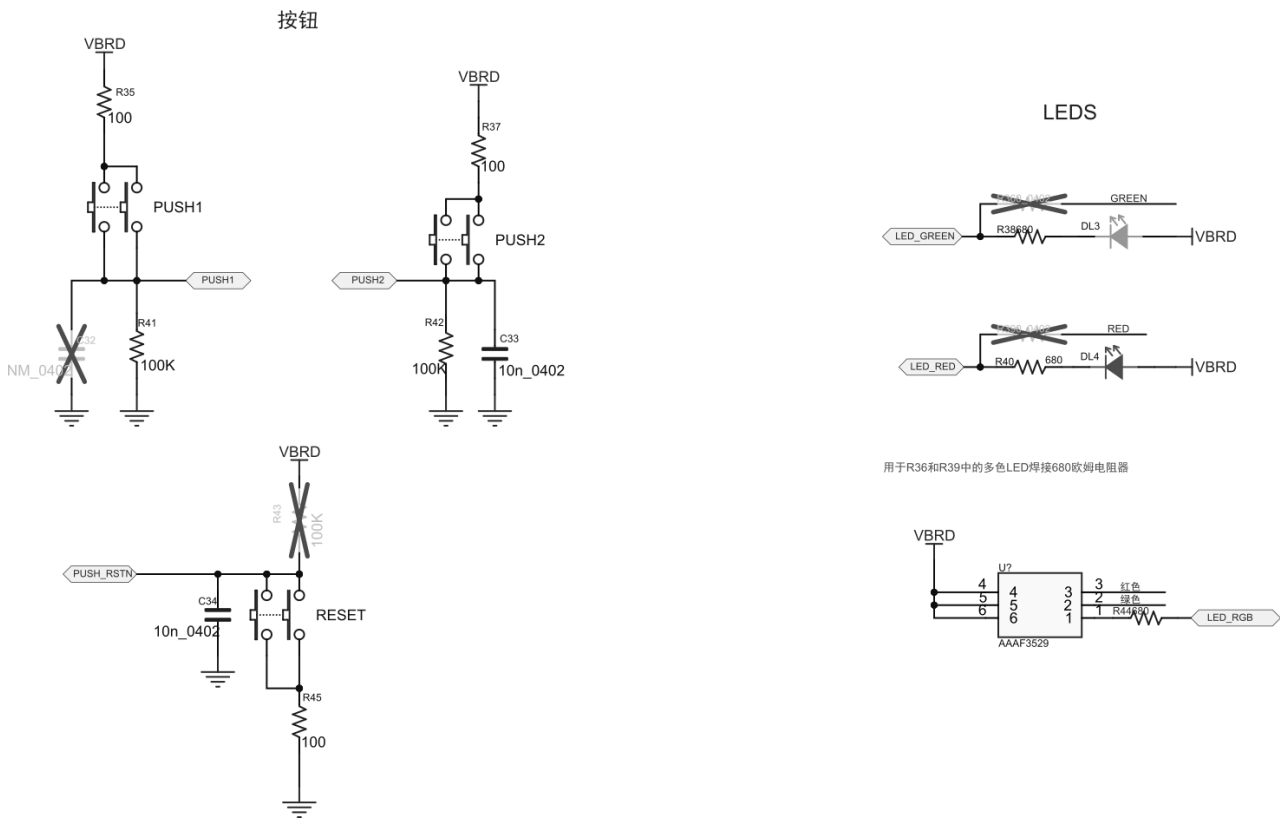


图 52. STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 7，共 7 图）



30 STEVAL-IDB011V1 版本

表 20. STEVAL-IDB011V1 版本

成品	原理图	材料清单
STEVAL\$IDB011V1A ⁽¹⁾	STEVAL\$IDB011V1A 原理图	STEVAL\$IDB011V1A 材料清单

1. 此代码标识 STEVAL-IDB011V1 评估套件第一版。

31 STEVAL-IDB011V2 版本

表 21. STEVAL-IDB011V2 版本

成品	原理图	材料清单
STEVAL\$IDB011V2A ⁽¹⁾	STEVAL\$IDB011V2A 原理图	STEVAL\$IDB011V2A 材料清单

1. 此代码标识 STEVAL-IDB011V2 评估套件第一版。

32 STEVAL-IDB010V1 版本

表 22. STEVAL-IDB010V1 版本

PCB 版本	原理图	材料清单
STEVAL\$IDB010V1A	STEVAL\$IDB010V1A 原理图	STEVAL\$IDB010V1A 材料清单

1. 此代码标识 STEVAL-IDB010V1 评估套件第一版。印在电路板 PCB 上。

33 STEVAL-IDB012V1 版本

表 23. STEVAL-IDB012V1 版本

PCB 版本	原理图	材料清单
STEVAL\$IDB012V1A	STEVAL\$IDB012V1A 原理图	STEVAL\$IDB012V1A 材料清单

1. 此代码标识 STEVAL-IDB012V1 评估套件第一版。印在电路板 PCB 上。

34 STEVAL-IDB011V2 合规性

美国联邦通信委员会要求的正式声明

FCC 声明:

本套件旨在允许:

- (1) 产品开发人员评估与本套件相关的电子元器件、电路或软件, 以确定是否将这些项目加入成品中, 并且
- (2) 软件开发人员编写用于最终产品的软件应用程序。

本套件不是成品, 组装时不得转售或以其他方式销售, 除非首先获得所有必需的 FCC 设备授权。执行所有操作的前提条件是本产品不会对许可的无线电产品造成有害干扰以及本产品不会受到有害干扰。除非组装的套件旨在根据本章第 15 部分、第 18 部分或第 95 部分操作, 否则套件的操作员必须在 FCC 许可证持有者的授权下操作, 或必须确保获得本 3.1.2 章第 5 部分下的授权。

加拿大工业部创新、科学和经济发展部要求的正式产品声明

加拿大符合性:

仅用于评估目的。该套件产生、使用并且能够辐射射频能量, 尚未根据加拿大工业部 (IC) 条例进行计算设备限值符合性测试。

À des fins d'évaluation uniquement. Ce kit génère, utilise et peut émettre de l'énergie radiofréquence et n'a pas été testé pour sa conformité aux limites des appareils informatiques conformément aux règles d'Industrie Canada (IC).

欧盟要求的正式产品声明

STEVAL-IDB011V2 套件符合 2014/53/EU (RED) 指令和 2015/863/EU (RoHS) 指令的基本要求。欧盟符合性声明中列出了适用的协调标准。

35 STEVAL-IDB010V1 合规性

美国联邦通信委员会要求的正式声明

FCC 声明:

本套件旨在允许:

- (1) 产品开发人员评估与本套件相关的电子元件、电路或软件, 以确定是否将这些项目加入成品中;
- (2) 软件开发人员编写用于最终产品的软件应用程序。

本套件不是成品, 组装时不得转售或以其他方式销售, 除非首先获得所有必需的 FCC 设备授权。执行所有操作的前提条件是本产品不会对许可的无线电产品造成有害干扰以及本产品不会受到有害干扰。除非组装的套件旨在根据本章第 15 部分、第 18 部分或第 95 部分操作, 否则套件的操作员必须在 FCC 许可证持有者的授权下操作, 或必须确保获得本 3.1.2 章第 5 部分下的授权。

加拿大工业部创新、科学和经济发展部要求的正式产品声明

加拿大符合性:

仅用于评估目的。该套件产生、使用并且能够辐射射频能量, 尚未根据加拿大工业部 (IC) 条例进行计算设备限值符合性测试。

À des fins d'évaluation uniquement. Ce kit génère, utilise et peut émettre de l'énergie radiofréquence et n'a pas été testé pour sa conformité aux limites des appareils informatiques conformément aux règles d'Industrie Canada (IC).

欧盟要求的正式产品声明

STEVAL-IDB010V1 套件符合指令 2014/53/EU (RED) 和指令 2015/863/EU (RoHS) 的基本要求。欧盟符合性声明中列出了适用的协调标准。

英国要求的正式产品声明

STEVAL-IDB010V1 套件符合 2017 年英国无线电设备法规。英国符合性声明的全文可在以下互联网地址获得:
www.st.com/en/evaluation-tools/steval-idb010v1.html

36 STEVAL-IDB012V1 合规性

美国联邦通信委员会要求的正式声明

FCC 声明:

本套件旨在允许:

- (1) 产品开发人员评估与本套件相关的电子元器件、电路或软件, 以确定是否将这些项目加入成品中, 并且
- (2) 软件开发人员编写用于最终产品的软件应用程序。

本套件不是成品, 组装时不得转售或以其他方式销售, 除非首先获得所有必需的 FCC 设备授权。执行所有操作的前提条件是本产品不会对许可的无线电产品造成有害干扰以及本产品不会受到有害干扰。除非组装的套件旨在根据本章第 15 部分、第 18 部分或第 95 部分操作, 否则套件的操作员必须在 FCC 许可证持有者的授权下操作, 或必须确保获得本 3.1.2 章第 5 部分下的授权。

加拿大工业部创新、科学和经济发展部要求的正式产品声明

加拿大符合性:

仅用于评估目的。该套件产生、使用并且能够辐射射频能量, 尚未根据加拿大工业部 (IC) 条例进行计算设备限值符合性测试。

À des fins d'évaluation uniquement. Ce kit génère, utilise et peut émettre de l'énergie radiofréquence et n'a pas été testé pour sa conformité aux limites des appareils informatiques conformément aux règles d'Industrie Canada (IC).

欧盟要求的正式产品声明

STEVAL-IDB012V1 套件符合指令 2014/53/EU (RED) 和指令 2015/863/EU (RoHS) 的基本要求。欧盟符合性声明中列出了适用的协调标准。

英国要求的正式产品声明

STEVAL-IDB012V1 套件符合 2017 年英国无线电设备法规。英国符合性声明的全文可在以下互联网地址获得:
www.st.com/en/evaluation-tools/steval-idb012v1.html。

版本历史

表 24. 文档版本历史

日期	版本	变更
2020 年 7 月 17 日	1	初始版本。
2020 年 7 月 29 日	2	更新了图 23. STEVAL-IDB011V1 电路原理图（图 1，共 3 图）。
2020 年 11 月 3 日	3	<p>删除了第 10.1 节“智能手机的 BlueNRG 应用”。</p> <p>更新了第 10.1 节“BLE 传感器配置文件示例：与中央设备连接”、第 10.1.4 节“与中央设备连接”、第 12 节“BLE 传感器配置文件中央设备演示”和第 14.1 节“BLE 吞吐量设置”。</p> <p>增加了第 11 节“ST BLE Sensor APP 的 BLE 传感器”和第 11.1 节“如何运行智能手机的 ST BLE Sensor APP”。</p>
2020 年 11 月 30 日	4	更新了第 22 节“原理图”。
2021 年 5 月 12 日	5	<p>更新了第 1.2 节“系统要求”、第 1.3 节“BlueNRG-LP 开发套件设置”、第 2.9.3 节“USB_CMSISDAP 编程/调试功能”、第 2.10 节“BlueNRG-LP 编程和调试”、第 3 节“BlueNRG-LP Navigator”、第 3.4 节“外设驱动器样例”、第 4.1 节“如何运行无线电初始化向导”、第 6.1 节“软件目录”、第 24.1 节“ADC 样例”、第 24.3 节“CRC 样例”、第 24.4 节“DMA 样例”、第 24.5 节“EXTI 样例”、第 24.6 节“Flash 样例”、第 24.9 节“I2C 样例”、第 24.15 节“公钥加速器（PKA）演示应用”、第 24.17 节“2.4 GHz 无线电专有 MIX 样例”、第 24.18 节“RCC 样例”、第 24.21 节“SPI 样例”、第 24.22 节“TIM 样例”和第 24.23 节“UART 样例”。</p> <p>添加了第 5 节“安全自举程序 GUI”、第 5.1 节“密钥生成选项卡”、第 5.2 节“创建签名映像选项卡”、第 5.3 节“将密钥存储在 OTP 中选项卡”、第 22 节“BLE 同步演示应用”、第 22.1 节“应用角色”、第 22.2 节“运行应用”、第 23 节“BLE 功率控制演示应用”、第 23.1 节“应用角色”、第 23.2 节“运行应用”和第 24.16 节“PWR 样例”。</p> <p>添加了对 WiSE-Studio IDE 的引用。</p>
2021 年 5 月 26 日	6	更新了第 6.1 节“软件目录”、第 16 节“BLE 通知消费者演示应用”、第 17.2 节“中央设备”和第 19.1 节“应用场景”。
2021 年 8 月 2 日	7	<p>更新了第 2.1 节“STEVAL-IDB011V1 板概述”和第 6.1 节“软件目录”。</p> <p>增加了第 6.2 节：如何将演示应用从 BlueNRG-355xy 移动到 BlueNRG-345xy。</p>
2022 年 2 月 1 日	8	<p>更新了“简介”、第 1.2 节“套件内容”、第 2.1 节“STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 板概述”、第 2.1 节“STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 板概述”、第 2.2 节“BlueNRG-LP SoC 连接”、第 2.3 节“电源”、第 2.9 节“扩展连接器”，以及第 6.2 节“如何将演示应用从 BlueNRG-355xy 移至 BlueNRG-345xy”。</p> <p>添加了第 1.1 节“安全建议”、第 1.1.1 节“目标受众”、第 1.1.2 节“如何处理板”、第 2.4 节“电路保护”、第 2.5 节“工作温度”、第 2.6 节“主瞬态电压”、第 26 节“STEVAL-IDB011V2 原理图”、第 27 节“STEVAL-IDB011V1 版本”、第 28 节“STEVAL-IDB012V1 版本和第 29 节“STEVAL-IDB011V2 合规性”。</p> <p>添加了 STEVAL-IDB011V2 兼容性信息。</p>

日期	版本	变更
2022 年 4 月 12 日	9	<p>更新了文档标题、“引言”、第 1.2 节“套件内容”、第 1.3 节“系统要求”、第 1.4 节“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 开发套件设置”、第 2.3 节“BlueNRG-LP SoC 连接”、第 2.5 节“电源”、第 2.9 节“跳线”、第 2.10 节“传感器”、第 2.11 节“扩展连接器”、第 2.12 节“按钮”、第 2.13 节“LED”、第 2.14 节“CMSIS-DAP 和虚拟 COM”、第 2.14.2 节“系统功能检查”、第 2.14.3 节“USB_CMSISDAP 编程/调试功能”、第 2.15 节“BlueNRGLP/BlueNRG-LPS 编程和调试”、第 2.16 节“电流测量”、第 2.17 节“STEVAL-IDB011V1/IDB011V2 套件的硬件设置”、第 3 节“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator”、第 4 节“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 无线电初始化向导”、第 4.1 节“如何运行无线电初始化向导”、第 4.2 节“主用户界面窗口”、第 5 节“安全自举程序 GUI”、第 6 节“使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 片上系统进行编程”、第 6.1 节“软件目录”、第 6.2 节“如何将演示应用从 BlueNRG-355xy 移至 BlueNRG-345xy”、第 7 节“BLE beacon 演示应用”、第 7.2 节“BLE beacon FreeRTOS 样例”、第 8 节“BLE 串口演示应用”、第 9 节“BLE 串口主、从演示应用”、第 10 节“BLE 远程控制演示应用”、第 10.1.4 节“与低功耗蓝牙中央设备的连接”、第 11 节“BLE 传感器配置文件演示”、第 11.1.2 节“添加服务和特征”、第 12 节“用于 STBLESensor 应用的 BLE 传感器”、第 12.1 节“如何为智能手机运行 STBLESensor 应用”、第 13 节“BLE 传感器配置文件中央演示”、第 14 节“BLE HID/HOGP 演示应用”、第 15 节“BLE 吞吐率演示应用”、第 15.1 节“BLE 吞吐率设置”、第 16 节“BLE 通知消费者演示应用”、第 17 节“BLE 安全演示应用”、第 18 节“BLE RC 远程演示应用”、第 21 节“BLE 功耗演示应用”、第 22.1 节“应用角色”、第 23.1 节“应用角色”、第 25 节“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设驱动器样例”、第 25.1 节“ADC 样例”、第 25.9 节“I2C 样例”、第 25.21 节“SPI 样例和第 25.23 节“UART 样例”。</p> <p>添加了第 2.2 节“STEVAL-IDB012V1 板概述”、第 2.4 节“BlueNRG-LPS SoC 连接”、第 2.18 节“STEVAL-IDB012V1 套件的硬件设置”、第 7.1.5 节“周期广播模式”、第 7.1.6 节“AoA 标签模式”、第 24 节“BLE 测向演示应用”、第 24.1 节“应用角色”、第 24.2 节“运行应用”、第 28 节“STEVAL-IDB012V1 原理图”、第 31 节“STEVAL-IDB012V1 版本和第 33 节“STEVAL-IDB012V1 合规性”。</p>
2022 年 5 月 17 日	10	<p>更新了“引言”、第 1.2 节“套件内容”、第 2.4 节“BlueNRG-LP SoC 连接”、第 2.6 节“电源”、第 2.12 节“扩展连接器”、第 2.13 节“按钮”、第 2.14 节“LED”、第 2.15 节“CMSIS-DAP 和虚拟 COM”、第 2.15.2 节“系统功能检查”、第 2.15.3 节“USB_CMSISDAP 编程/调试功能”、第 2.16 节“BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 编程和调试”、第 2.17 节“电流测量”、第 2.19 节“STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件的硬件设置”、第 3.6 节“开发套件”、第 6.1 节“软件目录”、第 7 节“BLE beacon 演示应用”、第 8 节“BLE 串口演示应用”、第 9 节“BLE 串口主、从演示应用”、第 10 节“BLE 远程控制演示应用”、第 11 节“BLE 传感器配置文件演示”、第 12 节“STBLESensor 应用的 BLE 传感器”、第 12.1 节“如何为智能手机运行 STBLESensor 应用”、第 13 节“BLE 传感器配置文件中央演示”、第 15 节“BLE 吞吐率演示应用”、第 16 节“BLE 通知消费者演示应用”、第 17 节“BLE 安全演示应用”、第 18 节“BLE RC 远程演示应用”、第 21 节“BLE 功耗演示应用”、第 22.1 节“应用角色”和第 23.1 节“应用角色”。</p> <p>添加了第 2.2 节“STEVAL-IDB010V1 板概述”、第 28 节“STEVAL-IDB010V1 原理图”、第 32 节“STEVAL-IDB010V1 版本”和第 35 节“STEVAL-IDB010V1 合规性”。</p>
2022 年 6 月 17 日	11	<p>更新了“引言”、第 1.2 节“套件内容”、第 2.4 节“BlueNRG-LP SoC 连接”和第 2.6 节“电源”。</p>

目录

1	入门指南	4
1.1	安全建议	4
1.1.1	目标受众	4
1.1.2	如何处理电路板	4
1.2	套件内容	4
1.3	系统要求	4
1.4	BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 发套件设置	4
2	硬件说明	6
2.1	STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 板概述	6
2.2	STEVAL-IDB010V1 板概述	8
2.3	STEVAL-IDB012V1 板概述	9
2.4	BlueNRG-LP SoC 连接	11
2.5	BlueNRG-LPS SoC 连接	13
2.6	电源	14
2.7	电路保护	14
2.8	工作温度	14
2.9	主要瞬态电压	15
2.10	跳线	15
2.11	传感器	15
2.12	扩展连接	15
2.13	按键	16
2.14	LED	16
2.15	CMSIS-DAP 和虚拟 COM	16
2.15.1	Windows 操作系统的虚拟 COM 端口驱动设置	16
2.15.2	系统功能检查	16
2.15.3	USB_CMSISDAP 编程/调试功能	17
2.15.4	USB_CMSISDAP 固件更新	19
2.16	BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 编程和调试	19
2.17	电流测量	20
2.18	STEVAL-IDB011V1/IDB011V2 套件的硬件设置	21
2.19	STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件的硬件设置	21
3	BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS Navigator	22
3.1	演示应用	23
3.2	基础样例	24
3.3	BLE 示例和测试应用	25

3.4	外设驱动样例	26
3.5	2.4 GHz 专有无线电示例	27
3.6	开发套件	28
3.7	版本说明和许可证	29
3.8	文档索引	30
4	BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 无线电初始化向导	31
4.1	如何运行无线电初始化向导	31
4.2	主要的用户界面窗口	32
5	安全自举程序 GUI	33
5.1	密钥生成选项卡	33
5.2	“创建签名映像”选项卡	34
5.3	“将密钥存储在 OTP 中”选项卡	34
6	使用 BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 片上系统编程	35
6.1	软件目录	35
6.2	如何将演示应用程序从 BlueNRG-355xy 移动到 BlueNRG-345xy	36
7	BLE beacon 演示应用	38
7.1	BLE Beacon 应用设置	38
7.1.1	初始化	38
7.1.2	生产数据	38
7.1.3	不可连接模式	38
7.1.4	扩展广播模式	40
7.1.5	周期广播模式	40
7.1.6	AoA 标签模式	40
7.2	BLE Beacon FreeRTOS 样例	41
8	BLE 串口演示应用	42
8.1	外设和中央设备设置	42
8.1.1	初始化	42
8.1.2	添加服务和特性	43
8.1.3	进入可连接模式	43
8.1.4	与中央设备连接	43
9	BLE 串口主从演示应用	45
9.1	BLE 串口主从角色	45
9.1.1	初始化	45
9.1.2	添加服务和特性	45
9.1.3	开始发现过程	45
9.1.4	进入可连接模式	46
9.1.5	与串口主、从客户端设备连接	46

10 BLE 远程控制示例应用	47
10.1 BLE 远程控制应用设置	47
10.1.1 初始化	47
10.1.2 定义广播数据	47
10.1.3 添加服务和特性	48
10.1.4 与低功耗蓝牙中央设备连接	48
11 BLE 传感器配置文件示例	49
11.1 BLE 传感器配置文件示例：与中央设备连接	49
11.1.1 初始化	50
11.1.2 添加服务和特性	50
11.1.3 进入可连接模式	50
11.1.4 与中央设备连接	50
12 BLE 传感器用于 STBLESensor 应用	52
12.1 如何运行智能手机的 STBLESensor 应用	52
13 BLE 传感器配置文件中央设备演示	55
14 BLE HID/HOGP 示例应用	56
14.1 BLE HID/HOGP 键盘示例应用	56
14.2 BLE HID/HOGP 鼠标示例应用	56
15 BLE 吞吐率示例应用	57
15.1 BLE 吞吐率设置	57
15.2 BLE 吞吐率服务端命令	58
15.3 BLE 吞吐率客户端命令	58
16 BLE 通知消费者示例应用	59
17 BLE 安全演示应用	60
17.1 外设	60
17.2 中央设备	61
18 BLE RC 远程演示应用	62
18.1 客户端和服务端演示应用行为	62
19 BLE 控制器私有演示应用	63
19.1 应用场景	63
20 BLE 多重连接演示应用	64
20.1 应用角色	64
20.2 如何运行此应用	64
21 BLE 功耗演示应用	65
22 BLE 同步演示应用	66
22.1 应用角色	66

22.2	运行应用	66
23	BLE 功率控制演示应用	67
23.1	应用角色	67
23.2	运行应用	67
24	BLE 测向演示应用	68
24.1	应用角色	68
24.2	运行应用	68
25	BlueNRG-LP/BlueNRG-LPS 外设驱动器样例	69
25.1	ADC 样例	69
25.2	BSP 样例	69
25.3	CRC 样例	69
25.4	DMA 样例	70
25.5	EXTI 示例	70
25.6	Flash 示例	70
25.7	GPIO 样例	70
25.8	HAL 样例	70
25.9	I2C 样例	70
25.10	I2S 样例	71
25.11	IWDG 样例	71
25.12	LPUART 示例	71
25.13	Micro MIX 样例	71
25.14	PDM 演示应用	71
25.15	公钥加速器 (PKA) 演示应用	72
25.16	PWR 示例	72
25.17	2.4 GHz 专有无无线电 MIX 示例	72
25.18	RCC 样例	72
25.19	RNG 样例	72
25.20	RTC 样例	73
25.21	SPI 样例	73
25.22	TIM 样例	73
25.23	UART 样例	74
26	STEVAL-IDB011V1 原理图	75
27	STEVAL-IDB011V2 原理图	78
28	STEVAL-IDB010V1 原理图	81
29	STEVAL-IDB012V1 原理图	88

30	STEVAL-IDB011V1 版本.....	95
31	STEVAL-IDB011V2 版本.....	96
32	STEVAL-IDB010V1 版本.....	97
33	STEVAL-IDB012V1 版本.....	98
34	STEVAL-IDB011V2 合规性	99
35	STEVAL-IDB010V1 合规性	100
36	STEVAL-IDB012V1 合规性	101
	版本历史	102
	图片目录	109
	表格索引	110

图片目录

图 1.	基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB011V1 开发平台	1
图 2.	基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB011V2 开发平台	2
图 3.	基于 BlueNRG-LPS 的 STEVAL-IDB012V1 开发平台	2
图 4.	基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB010V1 开发平台（俯视图）	2
图 5.	基于 BlueNRG-LP 的 STEVAL-IDB010V1 开发平台（仰视图）	3
图 6.	STEVAL-IDB011V1 电路板元器件	6
图 7.	STEVAL-IDB011V2 电路板元器件	7
图 8.	STEVAL-IDB010V1 电路板元器件	8
图 9.	STEVAL-IDB012V1 电路板元器件	10
图 10.	Windows 设备管理器 - CMSIS-DAP	16
图 11.	ST IDB011VX 大容量存储设备	17
图 12.	IAR EWARM 项目 - 调试器选项	17
图 13.	Keil® µVision 项目 - 调试器选项	18
图 14.	WiSE-Studio 项目 - 调试器选项	18
图 15.	USB_CMSISDAP 固件 - “维护”大容量存储设备	19
图 16.	BlueNRG-LP Navigator	22
图 17.	BlueNRG-LP Navigator - BLE Beacon 应用	23
图 18.	BlueNRG-LP Navigator - BLE Beacon Flash 编程	24
图 19.	BLE Beacon 文档	24
图 20.	BlueNRG-LP Navigator - BlueNRG-LP 基本样例	25
图 21.	BlueNRG-LP Navigator - BLE 示例和测试应用	26
图 22.	BlueNRG-LP 外设驱动样例	27
图 23.	BlueNRG-LP Navigator - 2.4 GHz 专有无无线电示例	28
图 24.	BlueNRG-LP Navigator - 开发套件元器件	29
图 25.	BlueNRG-LP Navigator - 开发套件三维视图	29
图 26.	无线电初始化向导 - 通用配置	31
图 27.	安全自举程序 GUI	33
图 28.	低功耗蓝牙串口客户端	44
图 29.	低功耗蓝牙串口服务端	44
图 30.	BLE 传感器示例 GATT 数据库	49
图 31.	STBLESensor 应用环境特征通知	53
图 32.	STBLESensor 应用加速通知图	54
图 33.	STEVAL-IDB011V1 电路原理图（图 1，共 3 图）	75
图 34.	STEVAL-IDB011V1 电路原理图（图 2，共 3 图）	76
图 35.	STEVAL-IDB011V1 电路原理图（图 3，共 3 图）	77
图 36.	STEVAL-IDB011V2 电路原理图（图 1，共 3 图）	78
图 37.	STEVAL-IDB011V2 电路原理图（图 2，共 3 图）	79
图 38.	STEVAL-IDB011V2 电路原理图（图 3，共 3 图）	80
图 39.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 1，共 7 图）	81
图 40.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 2，共 7 图）	82
图 41.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 3，共 7 图）	83
图 42.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 4，共 7 图）	84
图 43.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 5，共 7 图）	85
图 44.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 6，共 7 图）	86
图 45.	STEVAL-IDB010V1 电路原理图（图 7，共 7 图）	87
图 46.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 1，共 7 图）	88
图 47.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 2，共 7 图）	89
图 48.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 3，共 7 图）	90
图 49.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 4，共 7 图）	91
图 50.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 5，共 7 图）	92
图 51.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 6，共 7 图）	93
图 52.	STEVAL-IDB012V1 电路原理图（图 7，共 7 图）	94

表格索引

表 1.	STEVAL-IDB011V1 和 STEVAL-IDB011V2 电路板元器件说明	7
表 2.	STEVAL-IDB010V1 电路板元器件说明	9
表 3.	STEVAL-IDB012V1 电路板元器件说明	10
表 4.	STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 上 BlueNRG-LP 引脚说明及功能	11
表 5.	STEVAL-IDB010V1 上 BlueNRG-LP 引脚说明及功能	12
表 6.	STEVAL-IDB012V1 上 BlueNRG-LPS 引脚说明及功能	13
表 7.	STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台供电模式	14
表 8.	STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台供电模式	14
表 9.	STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台跳线	15
表 10.	STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台跳线	15
表 11.	外部 SWD 和 STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 引脚连接	19
表 12.	外部 SWD 和 STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 引脚连接	19
表 13.	STEVAL-IDB011V1/STEVAL-IDB011V2 套件平台和用户板引脚连接	20
表 14.	STEVAL-IDB010V1/STEVAL-IDB012V1 套件平台和用户板引脚连接	20
表 15.	BLE beacon 应用 - 生产数据广播	38
表 16.	串口配置	42
表 17.	低功耗蓝牙远程广播数据	47
表 18.	BLE 安全演示应用安全配置组合	60
表 19.	外设广告本地名称参数值	60
表 20.	STEVAL-IDB011V1 版本	95
表 21.	STEVAL-IDB011V2 版本	96
表 22.	STEVAL-IDB010V1 版本	97
表 23.	STEVAL-IDB012V1 版本	98
表 24.	文档版本历史	102

重要通知 - 请仔细阅读

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

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

意法半导体不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的意法半导体产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致意法半导体针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 标志是意法半导体的商标。关于意法半导体商标的其他信息，请访问 www.st.com/trademarks。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2023 STMicroelectronics - 保留所有权利