参考指南

N32WB452系列蓝牙组件参考指南

简介

此文档的目的在于让使用者能够快速熟悉 N32WB452 系列蓝牙组件的使用，以减少开发前期的准备时间，降低开发难度。

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

目录

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

1. 简介

1.1. 概述

欢迎使用国民技术 N32WB452 系列蓝牙组件参考手册，文档主要介绍 N32WB452 系列 MCU 蓝牙通讯的接口说明及使用指南。

N32WB452 系列芯片支持蓝牙 BLE5.0 规范，支持 Profile 配置，客户可以根据自己的需求通过接口参数修改 Profile 项。

开发者可配合片上相关资源及 SDK 套件开发出自己的蓝牙产品。

本文档将详细描述蓝牙通讯 API 的资源需求、各 API 函数功能说明及参考范例。

1.2. 适用性

- N32WB452 系列中蓝牙 BLE5.0 运行于片内独立的高性能 32 位处理器上；片内应用 ARM Cotex-M4 内核，通过提供的 API 接口对蓝牙 BLE5.0 内核进行控制、及数据收发；因此本文档中的蓝牙组件仅适用于 N32WB452 系列芯片。
- 本文档提供的蓝牙组件屏蔽底层硬件以及复杂协议栈等处理，抽象出简单、易用的用户层接口。为 MCU 平台的开发者提供高集成、方便、蓝牙通讯功能需求。
- SDK 暂只支持 KEIL5 平台，其他编译平台正在完善中…

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

2. SDK 应用架构

API 支持系统或无系统的蓝牙产品。

当有蓝牙相关事件发生时，通过用户层回调函数通知应用层。

图 1 蓝牙组件的应用分层

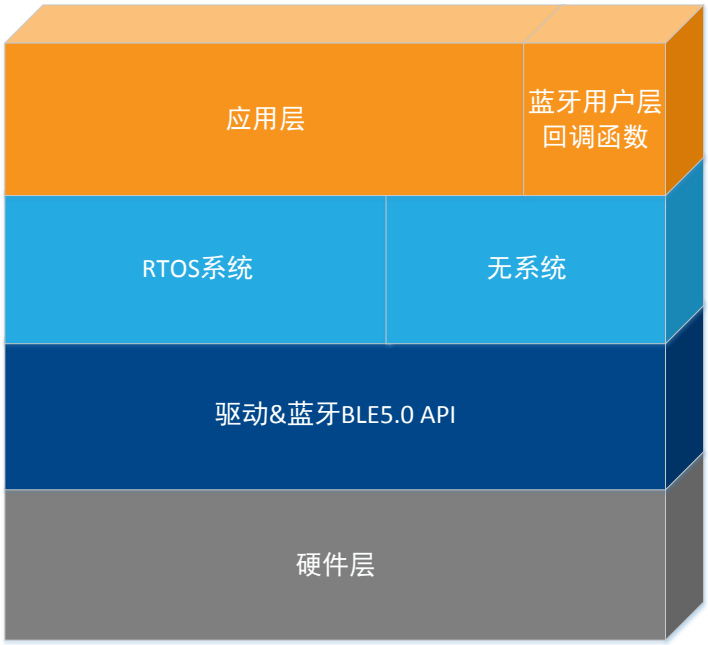
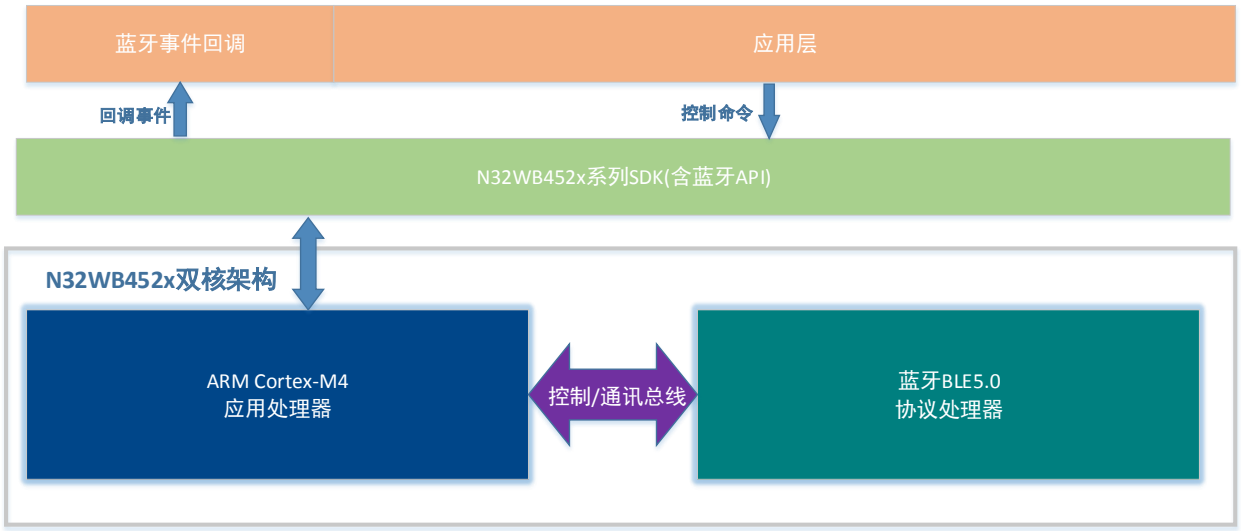


图 2 蓝牙控制及回调事件框



国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

3. 蓝牙组件资源需求

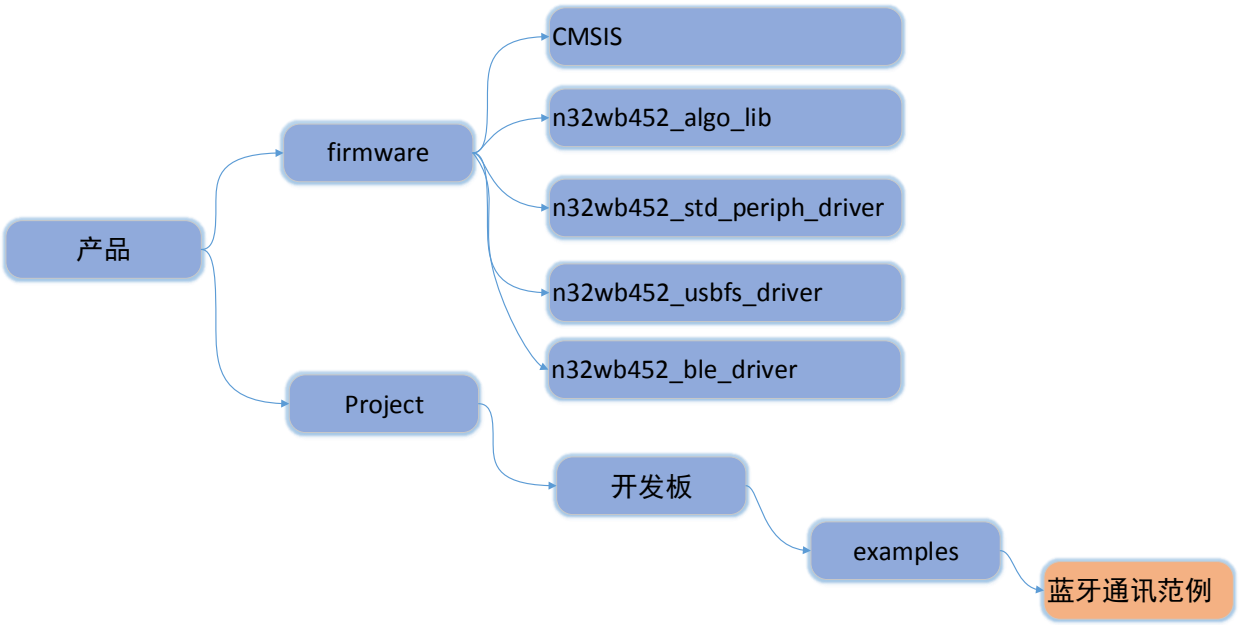
SDK 的使用步骤大致分为：初始化、运行蓝牙主线程、回调(蓝牙事件触发时)。

3.1. 蓝牙组件占用资源

No.	资源	说明	备注
1	FLASH 70KB	约 70KBytes FLASH 空间。	-
2	SRAM	约 6KB	-
3	Stack	约 5KB	-
4	Heap	约 2KB	-
5	外部中断 EXTI6	BLE 状态监控中断	
6	外部中断 EXTI14	BLE 通用中断	
7	定时器 TIM3	BLE 内核超时事件	

3.2. 工程架构

图 3 代码工程目录结构



国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

4. 蓝牙组件参数及接口说明

4.1. 蓝牙初始化函数

初始化函数 bt_attr_parambt_init; //用于定义蓝牙配置信息，如广播名称、地址、UUID、特征子等。详细说明如下：

变量	说明
ctrl_param	控制标志。
device_name[32]	蓝牙广播的名称。 *如为 0 则使用默认蓝牙名称
scan_rsp_data[31]	master 扫描时 slave 的应答数据。 *有效长度不超过 30 字符。
scan_rsp_data_len	应答数据长度
device_addr[20]	蓝牙设备地址 *格式如："FE:11:22:FA:33:44"。如为 0 则自动配为默认地址
service[1]	蓝牙的服务定义，包括特征子，权限等。

4.2. 回调函数

回调函数由用户层实现，主要用于蓝牙事件时，通知上层进行处理。如连接、断开、数据接收等。

注意：在回调函数执行时间应尽可能短，如果时间过长可能会影响收发效率！

回调函数类型定义：

```
typedef void (*bt_event_callback_handler_t)( bt_event_enum event,
                                              const uint8_t * data,
                                              uint32_t size,
                                              uint32_t character_uuid);
```

参数说明：

[IN] bt_event_enum	event	蓝牙组件通知事件。
[IN] const uint8_t	*data	数据地址(有数据事件通知时)。
[IN]uint32_t	size	数据大小(单位字节数)
[IN]uint32_t	character_uuid	特征子 id，不关注。

返回值：

无

4.3. 初始化 bt_ware_init()

定义：int32_t bt_ware_init(bt_attr_param *pinit, bt_event_callback_handler_tpcallback);

蓝牙组件初始化。

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

参数说明：

[IN] bt_attr_param *	pinit	蓝牙初始化参数
[IN] bt_event_callback_handler_tpcallback		用户回调接口。

返回值：

BT_RET_SUCCESS	初始化成功
其他	初始化失败

4.4. 中断处理 bt_handler()

定义：void bt_handler(void)

蓝牙组件中断处理。

参数说明：

void:无。

返回值：

void:无。

4.5. 主线程 bt_run_thread()

定义：void bt_run_thread(void);

蓝牙组件运行的主线程，用于蓝牙接收、发送、广播、通知等事件处理。建议主线程运行时间间隔应小于1ms，如果需要发送或接收大数据量时，可以集中时间调度。

参数说明：

void:无。

返回值：

void:无。

4.6. 接收数据 bt_rcv_data()

定义：uint32_t bt_rcv_data(uint8_t *data, uint32_t size, uint32_t character);

根据 BT_EVENT_RCV_DATA 事件，读取相应服务特征字的数据。

参数说明：

[OUT] uint8_t	*data	数据地址
[IN] uint32_t	size	数据大小
[IN] uint32_t	character	发生数据的特征字，不关注

返回值：

返回实际读取大小(单位:字节数)

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

4.7. 发送数据 bt_snd_data()

uint32_t bt_snd_data(const uint8_t *data, uint32_t size, uint32_t character);

发送数据

参数说明：

[IN] uint8_t *data 发送的数据地址

[IN] uint32_t size 发送数据大小

[IN] uint32_t character 发送的特征字，不关注

返回值：

返回值 0。

4.8. 断开连接 bt_disconnect()

Void bt_disconnect(void)

Slave 主动断开蓝牙连接

参数说明：

void:无。

返回值：

void 无。

4.9. 状态监控 ble_status_monitor ()

void ble_status_monitor (void);

蓝牙工作状态实时监控，必要时自动对蓝牙进行复位操作。

参数说明：

void:无。

返回值：

void 无。

4.10. 等待蓝牙状态反馈 ble_monitor_wait ()

uint8_t ble_monitor_wait (uint32_t timeout);

调用状态监控函数 ble_status_monitor 后，需要调用此函数等待蓝牙反馈实时状态。

参数说明：

timeout:等待超时时间(32bit 无符号整数)，通过 while 循环简单计时。

返回值(8bit 无符号整数):

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

0：收到状态反馈，蓝牙工作正常。

1：未收到状态反馈，等待超时。

4.11. 状态监控回调函数 ble_monitor_callback ()

void ble_monitor_callback (void);

蓝牙状态监控回调函数

参数说明：

void:无。

返回值：

void 无。

4.12. 蓝牙协议栈初始化 BT_init()

void BT_init(void)

初始化蓝牙协议栈。

参数说明：

void:无。

返回值：

void:无。

4.13. 蓝牙内核繁忙状态检测 is_bt_busy()

bool is_bt_busy(void)

检测蓝牙内核繁忙状态。当内核繁忙时，不允许进入低功耗状态。

参数说明：

void:无。

返回值：

1: 繁忙

0: 空闲

4.14. 获取当前蓝牙 API 版本 BT_get_version（）

void BT_get_version(uint8_t * version)

获取当前蓝牙 API 版本信息。

参数说明：

version: 版本信息字符串缓存，最大 10byte。

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

返回值：

void:无

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

5. 使用指南

5.1. 操作流程

- **系统时钟：**

请确保系统时钟 SYSCLK_FREQ 为 8 的整数倍，建议取值为 144MHz、96MHz、48MHz。

- **定义回调函数：**

回调类型为:bt_event_callback_handler_t

- **配置参数及初始化：**

填充 bt_ware_init 参数内容，并调用初始化接口。

注：判断接口返回值，如 BT_RET_SUCCESS 成功后继续，否则检查错误类型

- **定义相关中断：**

用于蓝牙组件中断处理 bt_handler()。

- **运行主线程：**

运行 bt_run_thread()主线程。

注:根据用户的实际环境，如在无系统/系统环境下，确保蓝牙组件主线程的运行周期为 1ms。如其他线程调度关系或频繁擦写 FLASH，导致蓝牙主线程得不到执行权限，则会导致那一时刻的数据接收异常或出错。

- **状态监控：**

蓝牙状态监控函数用于监控蓝牙控制器及内核状态，用于状态监控与控制、功耗自动管理，要求用户在程序中周期性调用，建议的调用周期为 1 秒钟。

注意:一旦启用了状态监控，则必须在外部中断函数 EXTI9_5_IRQHandler() 中调用状态监控回调函数 ble_monitor_callback()。

- **低功耗机制：**

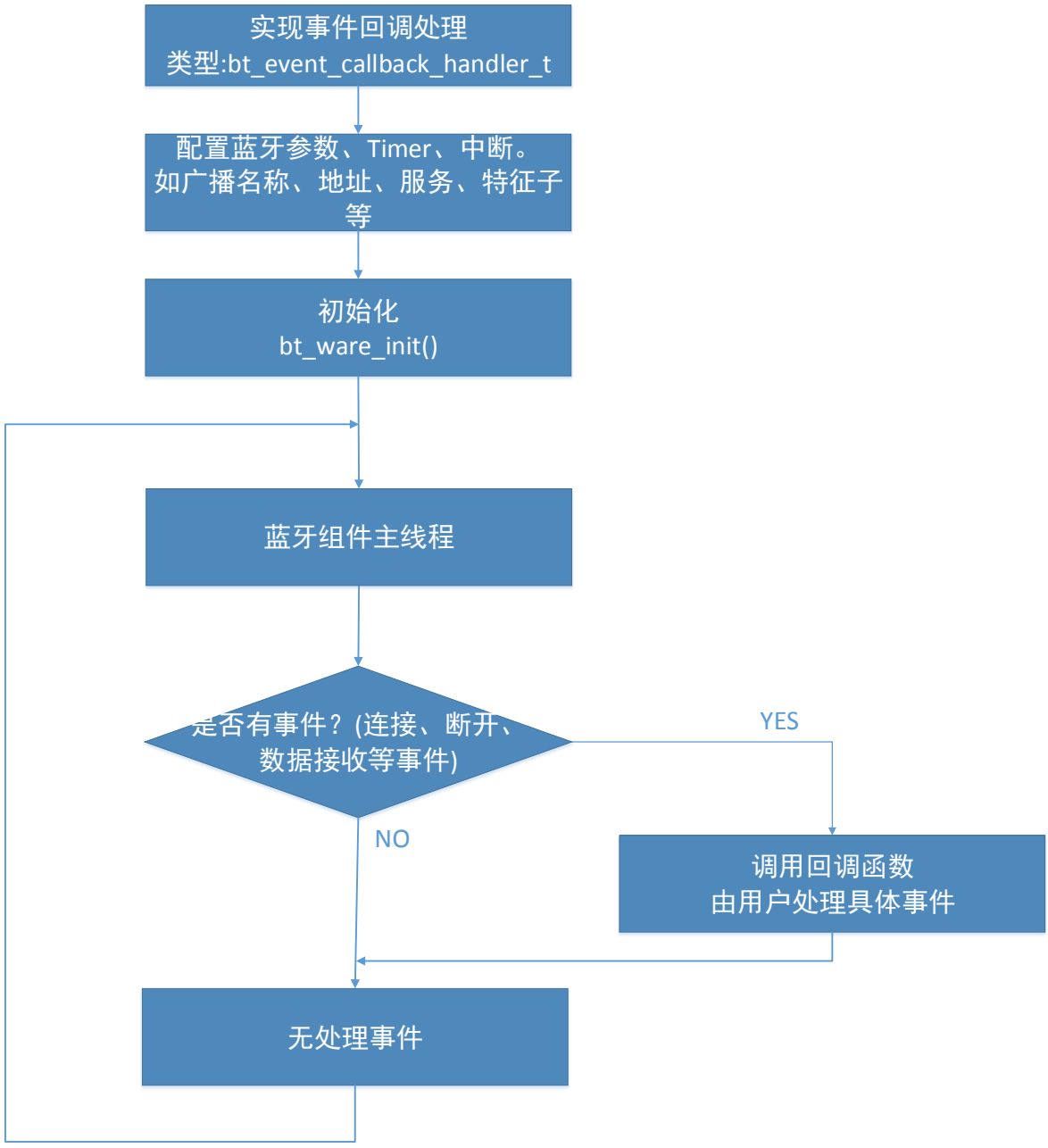
MCU 上电启动 10 秒后会尝试进入 STOP2 模式，此时如果蓝牙在非连接状态，系统会进入 STOP2 模式，节省功耗。当有蓝牙事件或 MCU 其他外部中断时系统会被唤醒，唤醒之后要重新执行初始化流程。

在被唤醒 5 秒后，系统会再次尝试进入低功耗模式。

若在蓝牙非连接状态下，系统需要长时间处理其他应用任务不能进入低功耗模式时，则请执行完所需操作后再进入低功耗模式。

图 4 蓝牙主组件处理流程

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057



5.2. 应用范例

```
uint8_t snd_buf[] = {"0-1234567890."};
bt_attr_parambt_init = {0};

/**
  * @brief    蓝牙中断处理.
  * @param count specifies the delay time length.
  */
void EXTI15_10_IRQHandler(void)
{
        if (EXTI_GetITStatus(EXTI_LINE14) != RESET)
       {
```


国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

```
            bt_handler();
            EXTI_ClrITPendBit(EXTI_LINE14);
        }
}

Void bt_event_callback_func(bt_event_enum event, uint8_t * data, uint32_t size, uint32_t character_uuid)
{
        uint16_t length;

        switch (event)
        {
        case BT_EVENT_VERSION:
            printf("cb version:\r\n");
            break;

        case BT_EVENT_CONNECTED://连接事件
            printf("cb connect:\r\n");
            break;

        case BT_EVENT_DISCONNECTD: //断开连接事件
            printf("cb disconnect:\r\n");
            break;

        case BT_EVENT_RCV_DATA://数据接收事件
            length = bt_rcv_data(bt_data_buf, sizeof(bt_data_buf), character_uuid);
            if (length)
            {
                printf("rcv data [%d] ok,\r\n", length);
                //bt_snd_data(bt_data_buf, length, USER_IDX_WRITE_NOTIFY_CHAR);
            }
            else
            {
                printf("rcv data err,\r\n");
            }
            break;

        default:
            break;
        }
}

int main(void)
{
        const char *name = "WB452_BLE";
```


国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

```
    const char *addr = "10:20:30:a0:b0:c2";
    //const char *response = "bt salve say hello";
    int32_t ret;

    /* System Clocks Configuration */
    RCC_Configuration();

    /* USART ForPrintf */
    USART_Config(256000);
    printf("system start...\r\n");

    memcpy(bt_init.device_name, name, MIN(strlen(name), sizeof(bt_init.device_name)));
    memcpy(bt_init.device_addr, addr, MIN(strlen(addr), sizeof(bt_init.device_addr)));

    bt_init.service[0].svc_uuid                 = SERVICE_UUID;
    bt_init.service[0].character[0].uuid        = USER_IDX_WRITE_NOTIFY_CHAR;
    bt_init.service[0].character[0].permission  = BT_WRITE_PERM | BT_NTF_PERM;

    ret = bt_ware_init(&bt_init, (bt_event_callback_handler_t)bt_event_callback_func);
    if (ret != BT_RET_SUCCESS)
    {
        printf("btinit failed.\r\n");
    }
    else
    {
        printf("btinit ok.\r\n");
    }

   smartlock_touch_tim6_init();//定时周期 5ms

    while(1)
    {
        bt_run_thread();
    }
}
```

5.3. BLE 低功耗配置

5.3.1. 蓝牙广播参数设置

在 BLE 开发过程，可以根据应用场景和对功耗的要求，配置蓝牙广播时间间隔；

app_env.adv_para.adv_int_min = 0x320; //广播间隔时间最小值：0.5S = 0x320*0.625 ms

app_env.adv_para.adv_int_max = 0x640; //广播间隔时间最大值：0.5S = 0x320*0.625 ms

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

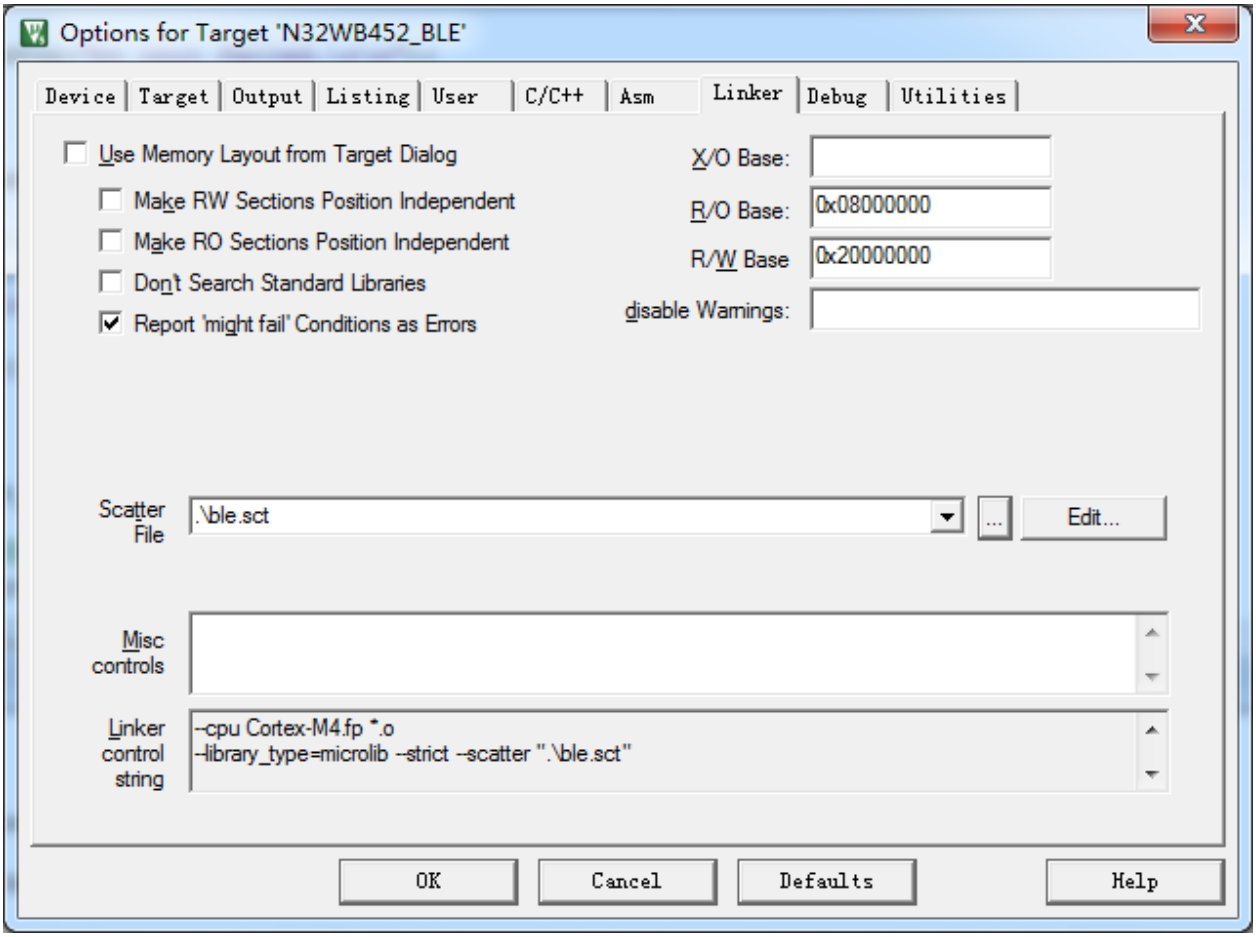
5.3.2. 蓝牙低功耗配置

MCU 在进入低功耗 STOP2 模式时，需要把蓝牙相关资源放到 0x20000~0x24000 地址段的 SRAM 中，以便从蓝牙唤醒时，快速获取蓝牙协议栈资源，如下图所示：

```
RW_IRAM2 0x20020000 0x00004000  {; powerdown variables
 n32wb452_ble_api.o (+RW +ZI)
 user_task.o ;(+RW +ZI)
 main.o (+RW +ZI)
 n32wb452_data_fifo.o (+RW +ZI)
 app_sec.o (+RW +ZI)
 app_task.o (+RW +ZI)
 interface.o (+RW +ZI)
 gapc.o (+RW +ZI)
 gattc.o (+RW +ZI)
 gapc_task.o (+RW +ZI)
 gattc_task.o (+RW +ZI)
 gattm_task.o (+RW +ZI)
 l2cc_task.o (+RW +ZI)
 gapm_task.o (+RW +ZI)
 l2cc.o (+RW +ZI)
 app.o (+RW +ZI)
 app_user.o (+RW +ZI)
 prf.o (+RW +ZI)
 ke_task.o (+RW +ZI)
 eif_spi.o (+RW +ZI)
 ke.o (+RW +ZI)
 ke_event.o (+RW +ZI)
 gattm.o (+RW +ZI)
 rwip.o (+RW +ZI)
 gapm.o (+RW +ZI)
 h4tl.o (+RW +ZI)
 hci.o (+RW +ZI)
 hci_tl.o (+RW +ZI)
 l2cm.o (+RW +ZI)
 stdout.o (+RW +ZI)
 rand.o (+RW +ZI)
 startup_n32wb452.o (+RW +ZI)
}
```

在工程配置中，加入加载文件：

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057



5.3.3. 低功耗唤醒

蓝牙从低功耗唤醒时，最先进入 IRQ 中断服务函数 EXTI15_10_IRQHandler()，蓝牙唤醒后，需要马上配置蓝牙驱动相关资源，Cortex-M4 内核才能与蓝牙协处理器正常通信。

```
/**
 * @brief  Inserts a delay time.
 * @param count specifies the delay time length.
 */
void EXTI15_10_IRQHandler(void)
{
    if (EXTI_GetITStatus(EXTI_LINE14) != RESET)
    {
        //When the MCU is in STOP2 mode, it is woken up by Bluetooth, and the peripherals used need to be reconfigured
        if (flag_bt_enter_sleep == 1)
        {
            flag_bt_enter_sleep = 0;
            mainboard_exit_stop2();
        }
        //log_debug("exti 14 irq %d.\r\n", flag_bt_enter_sleep);
        bt_handler();
        /* Clears the SEL Button EXTI line pending bits. */
        EXTI_ClrITPendBit(EXTI_LINE14);
    }
}
```


国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

```c
//After exiting from STOP2 mode, all MCU resources used need to be reconfigured
void mainboard_exit_stop2(void)
{
    SystemInit();
    SetSysClock_HSE_PLL(RCC_PLL_MUL_18);
    RCC_Configuration();
    log_init();
    log_debug("system restart...\r\n");
    led_gpio_init();
    LED3_ON();
    ble_hardware_reinit();
    TIM6_init();
    flag_bt_enter_sleep = 0;
    system_10s_flag = 0;
}
```


国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

6. 版本历史

版本	日期	备注
V1.0	2020-05-29	创建文档
V1.1.5	2021-3-23	删除心跳守护机制及相关 API，增加蓝牙状态监控机制及状态监控、回调函数说明
V1.2	2022-3-29	删除未使用的计时函数，增加等待蓝牙状态反馈函数说明
V1.3	2023-6-20	蓝牙组件资源需求增加 EXTI6/14 与定时器 TIM3

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

7. 声明

国民技术股份有限公司（下称“国民技术”）对此文档拥有专属产权。依据中华人民共和国的法律、条约以及世界其他法域相适用的管辖，此文档及其中描述的国民技术产品（下称“产品”）为公司所有。

国民技术在此并未授予专利权、著作权、商标权或其他任何知识产权许可。所提到或引用的第三方名称或品牌（如有）仅用作区别之目的。

国民技术保留随时变更、订正、增强、修改和改良此文档的权利，恕不另行通知。请使用人在下单购买前联系国民技术获取此文档的最新版本。

国民技术竭力提供准确可信的资讯，但即便如此，并不推定国民技术对此文档准确性和可靠性承担责任。

使用此文档信息以及生成产品时，使用者应当进行合理的设计、编程并测试其功能性和安全性，国民技术不对任何因使用此文档或本产品而产生的任何直接、间接、意外、特殊、惩罚性或衍生性损害结果承担责任。

国民技术对于产品在系统或设备中的应用效果没有任何故意或保证，如有任何应用在其发生操作不当或故障情况下，有可能致使人员伤亡、人身伤害或严重财产损失，则此类应用被视为“不安全使用”。

不安全使用包括但不限于：外科手术设备、原子能控制仪器、飞机或宇宙飞船仪器、所有类型的安全装置以及其他旨在支持或维持生命的应用。

所有不安全使用的风险应由使用人承担，同时使用人应使国民技术免于因为这类不安全使用而导致被诉、支付费用、发生损害或承担责任时的赔偿。

对于此文档和产品的任何明示、默示之保证，包括但不限于适销性、特定用途适用性和不侵权的保证责任，国民技术可在法律允许范围内进行免责。

未经明确许可，任何人不得以任何理由对此文档的全部或部分进行使用、复制、修改、抄录和传播。

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057