RTL8762C Memory User Guide

V1.2

2018/11/07

修订历史（Revision History）

日期	版本	修改	作者	Reviewer
2018/06/11	V1.0	发布第一版	Grace	Lory
2018/09/12	V1.1	修改第 5 节	Grace	Lory
2018/11/07	V1.2	增加第 3.5 小节	Grace	Lory

目录

图目录

表目录

1 概述

本文主要介绍 RTL8762C 的内存系统以及怎样使用各部分内存。RTL8762C 的内存系统主要由 ROM、RAM、External Flash、Flash Cache 和 Efuse 构成，如表 1-1 所示。Cache 具有专用 RAM，并且专用 RAM 也可以通过相关的寄存器将其配置成通用 RAM。这种灵活的内存配置机制使得 RTL8762C 支持的应用更为广泛，对应内存使用完全不同。

表 1-1 内存布局

内存类型	起始地址	结束地址	大小(K bytes)
ROM	0x0	0x00060000	384
Data RAM	0x00200000	0x0021C000	112
Cache (Shared as data RAM)	0x0021C000	0x00220000	16
Buffer RAM	0x00280000	0x00288000	32
SPI Flash (Cacheable)	0x00800000	0x01000000	8192
SPI Flash (Non Cache)	0x01800000	0x02000000	8192

2 ROM

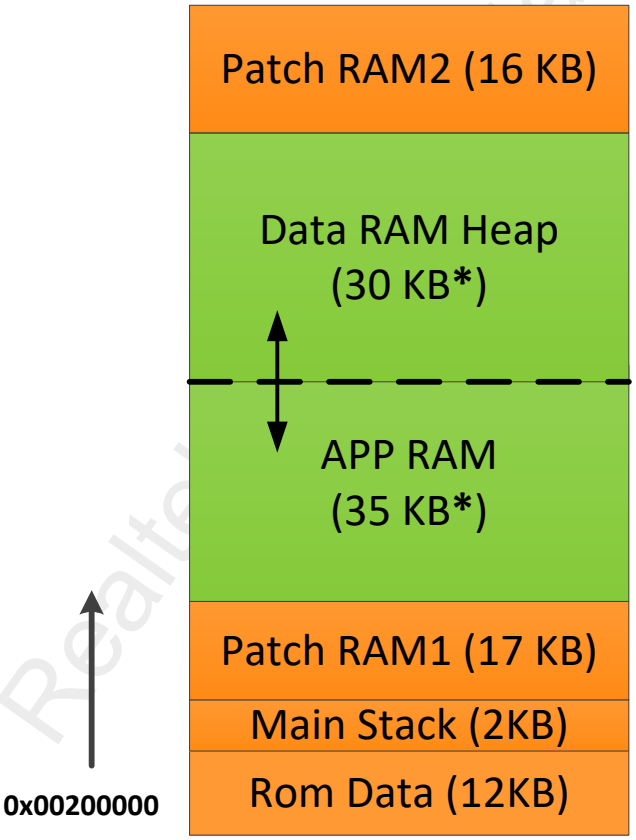
ROM 的地址空间为[0x0, 0x60000)，总大小是 384KB，固化了 OS、BT stack、Flash Driver 及 Platform features 等程序。RTL8762C 为 APP 开放了一些模块，如 RTOS、BT stack。RTL8762C SDK 包含这些 ROM 模块的头文件，用户可以访问内置的 ROM 函数，以减少应用程序代码大小和所需的 RAM 大小。

3 RAM

RTL8762C 的 RAM 空间分为两部分，地址空间为[0x00200000, 0x0021C000) 的 Data RAM 和地址空间为[0x00280000, 0x00288000)的 Buffer RAM。两块 RAM 空间都可以用来存储数据和执行代码。目前，RTL8762C SDK 中默认支持在 Data RAM 上存储数据和执行代码，而 Buffer RAM 留给 APP 可用的是默认用作 heap。

3.1 Data RAM

在 RTL8762C SDK 中，Data RAM 按其作用默认分为 6 部分空间，如图 3-1 所示。



*** 表示大小可调整**

图 3-1 Data RAM 布局

每个部分都有固定的排布顺序和特定的用途，如表 3-1 所示。其中 APP RAM 和 Data RAM Heap 区域的大小可变，但是总大小固定为 65KB。

表 3-1 Data RAM 用途

内存类型	内存用途	内存大小 （大小是否可变）
ROM data	存放 ROM Code 中全局变量和静态变量	否
Main Stack	用作 Cortex-M4 MSP，RTL8762C 的启动和中断服务例程中使用 MSP 作为栈顶指针	否
Patch RAM1	存放 patch 中全局变量和静态变量，以及在 RAM 上执行的 code	否
APP RAM	存放 APP 中全局变量和静态变量，以及在 RAM 上执行的 code	是
Data RAM Heap	供 ROM code、Patch code 和 APP code 动态申请空间，其中总大小 30K 中的 11K 空间已经被 rom code 使用，所以目前剩余 19k 空间给 APP 用户使用。	是
Patch RAM2	存放 patch 中全局变量和静态变量，以及在 RAM 上执行的 code。但是如果整个这块空间未使用到时，可以单独将这个 RAM Block 断电以省功耗。	是

APP RAM 和 data RAM heap 两块空间大小可以通过调整 mem_config.h 中的宏 APP_GLOBAL_SIZE 的大小去，如图 3-2 所示。增加 APP RAM 区的大小就意味着减小 data RAM heap 的大小。

```
/*============================================================================*
 *                        data ram layout configuration
 *============================================================================*/
/* Data RAM layout:                    112K
example:
   1) reserved for rom and patch:      31K (fixed)
   2) app global + ram code:           35K (adjustable, config APP_GLOBAL_SIZE)
   3) Heap ON:                         30K (adjustable, config APP_GLOBAL_SIZE)
   6) patch ram code:                  16K (fixed)
*/

/** @brief data ram size for app global variables and code, could be changed,
but (APP_GLOBAL_SIZE + HEAP_DATA_ON_SIZE) must be 65k */
#define APP_GLOBAL_SIZE                (35 * 1024)

/** @brief data ram size for heap, could be changed, but (APP_GLOBAL_SIZE
+ HEAP_DATA_ON_SIZE) must be 65k */
#define HEAP_DATA_ON_SIZE              (65 * 1024 - APP_GLOBAL_SIZE)
```

图 3-2 调整 Data RAM 布局

3.2 Buffer RAM

Buffer RAM 的地址空间为[0x00280000，0x00288000)，总大小 32KB，其布局如图 3-3 所示。前 2KB 已经用于 ROM Global Data，剩余 30KB 用作 Heap，其中 ROM 中大概使用了 25.5KB 的动态空间，剩余 4.5KB 给 APP 用，如表 3-2 所示。

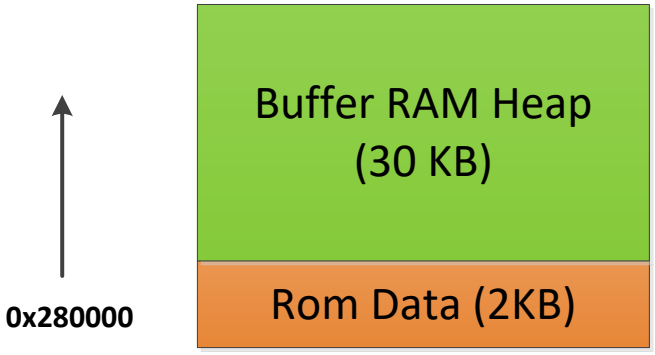


图 3-3 Buffer RAM 布局

表 3-2 Buffer RAM 用途

内存类型	内存用途	内存大小（是否可变）
ROM data	存放 ROM Code 中全局变量和静态变量	否
Buffer RAM Heap	供 ROM code、Patch code 和 APP code 动态申请空间，其中总大小 30K 中的 25.5K 空间已经被 rom code 使用，所以目前剩余 4.5k 空间给 APP 用户使用。	否

3.3 APIs

通过调用 API ——os_mem_alloc 可从 Data RAM Heap 或者 Buffer RAM heap 上动态申请内存，由参数 ramType 指定申请的类型，如表 3-3 所示。

表 3-3 os_mem_alloc

```
typedef enum
{
    RAM_TYPE_DATA_ON                = 0,
    RAM_TYPE_BUFFER_ON              = 1,
} RAM_TYPE;
/**
   * @brief    Allocate memory dynamically from Data RAM Heap or Buffer RAM heap
   * @param    ram_type : specify which heap to allocate memory from
* @param    size: memory size in bytes to be allocated
```

```
    * @retval pointer to the allocated memory
    */
#define os_mem_alloc(ram_type, size)    os_mem_alloc_intern(ram_type, size, __func__, __LINE__)
```

其他动态申请内存的 APIs 如下（详细信息参考 os_mem.h）：

(1) os_mem_zalloc：申请的内存被初始化为 0；

(2) os_mem_aligned_alloc: 申请的内存按照指定的方式对齐；

(3) os_mem_free: 释放从 data ram heap 或者 buffer ram heap 上申请到的内存；

(4) os_mem_aligned_free：释放按指定方式对齐申请的内存；

(5) os_mem_peek: 统计指定 RAM 类型的未使用的内存大小。

3.4 统计 RAM 使用情况

目前 RTL8762C 的 RAM 空间是两块不连续的空间，为了 APP 使用 RAM 更方便，有对内存管理做以下优化：调用 os_mem_alloc 等 API 不管参数 ram_type 指定为 RAM_TYPE_DATA_ON 还是 RAM_TYPE_BUFFER_ON，都会优先从 Buffer RAM 申请，如果申请不到再从 Data RAM 申请，从而让静态数据和代码集中放到 Data RAM，而不是分散到 Data RAM 和 Buffer RAM。

3.4.1 统计 Data RAM 使用的静态区大小

查找 Build 生成的 app.map 文件来找到 Data RAM 中分配的首地址（固定是 0x00207c00）和结束地址，例如：

APP 使用的 Data RAM 首地址：

enc_signature 0x00207c00 Data 16 system_rtl8762c.o(.encryption.signature)

APP 使用的 Data RAM 尾地址以及 size：

Image$$OVERLAY_A$$ZI$$Base 0x0020fa1c Number 0 anon$$obj.o ABSOLUTE

所以 APP 使用的静态区 Data RAM Size = 0x0020fa1c - 0x00207c00 = 32284 Bytes。

3.4.2 统计 Cache Shared RAM 使用的静态区大小

查找 Build 生成的 app.map 文件来找到 Cache Shared RAM 中分配的首地址（固定是 0x0021c000）和结束地址，例如：

APP 使用的 Cache Shared RAM 首地址：

Image$$CACHE_DATA_ON$$RO$$Base 0x0021c000 Number 0 anon$$obj.o ABSOLUTE

APP 使用的 Cache Shared RAM 尾地址以及 size：

hids_cbs 0x0021f130 Data 12 hids_rmc.o(.constdata)

所以 APP 使用的静态区 Cache Shared RAM Size = 0x0021f130 + 12 - 0x0021c000 = 12604 Bytes。

3.4.3 统计动态区剩余大小

通过 os_mem_peek 函数可以获取指定 RAM 类型的剩余 heap size。

3.5 调整 APP 可使用 RAM 的总大小

默认 config 配置下，对于 APP 开发可使用的 RAM 总大小为 35（Data RAM Global）+ 19 （Data RAM Heap）+ 4.5 （Buffer RAM Heap）+ 16（Cache share ram）= 74.5 KB。如果想进一步增加 APP 可使用的 RAM 的总大小，可通过以下两种方式：

1） 设置蓝牙支持的最大链路数目为 1，以及关闭 AE 和 PSD 功能：通过 MPTool 中 Config Set 选项中的“stack”页面修改如图 3-4 配置可增加 5KB Data RAM Heap 和 1.5KB Buffer RAM Heap。 因此，APP 开发可使用的 RAM 总大小增大到 35（Data RAM Global）+ 24（Data RAM Heap）+ 6（Buffer RAM Heap）+ 16（Cache share ram）= 81KB。

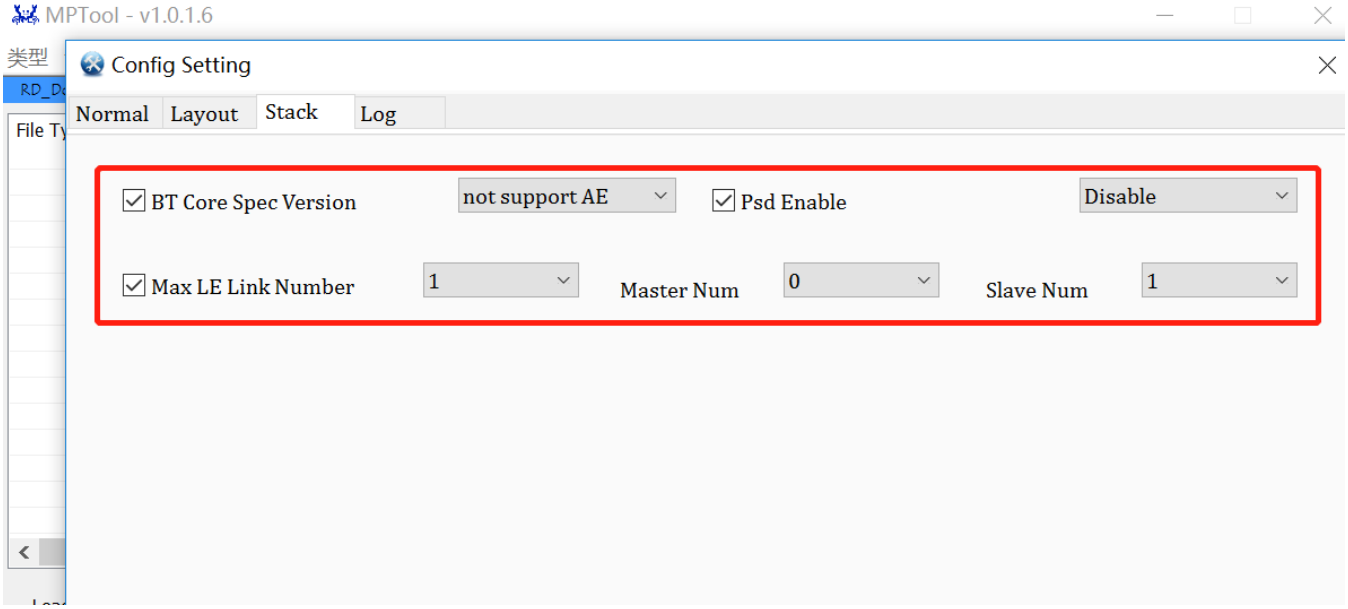


图 3-4 修改 config 参数以增大 APP 可用 RAM 的总大小

2） 关闭 log：在 APP 工程头文件 platform_autoconf.h 中打开宏“RELEASE_VERSION”将会关闭 log 的打印，还可以额外增加 3KB 的 Buffer RAM Heap。

4 Cache

RTL8762C 有一个 16K 大小的 cache，对应地址空间为[0x0021C000, 0x00220000)，配合 SPI Flash 控制器（SPIC）来加速 flash 的读写访问。同时，该部分空间也可以配置成 Data RAM 使用，用于存储数据和执行代码。用户可通过 mem_config.h 中的宏 SHARE_CACHE_RAM_SIZE 来控制 cache 配置成 Data RAM 的大小，如表 4-1 所示。

表 4-1 配置 Cache 用途

SHARE_CACHE_RAM_SIZE	Flash Cache 大小	Data RAM 大小	适用场景
0 KB	16 KB	0 KB	跑大量的 flash code
8 KB	8 KB	8 KB	跑部分 Flash code，且对 flash code 运行效率有要求
16 KB	0 KB	16 KB	基本不需要运行 flash code，或对 flash code 的运行效率无要求。

5 External Flash

RTL8762C 支持外挂的 SPI Flash 并且集成了 SPI Flash 控制器 (SPIC)。 Realtek 提供底层的 Flash driver 接口和 FTL 接口给用户。SPIC 支持最大的地址映射空间为 8M bytes，并且有两组地址空间，对应 cache 地址空间 [0x800000, 0x1000000)和 non-cache 地址空间[0x1800000, 0x2000000)。当使能 cache 时，CPU 访问 cache 地址空间，将提升数据读取效率和代码执行效率。

5.1 Flash Layout

RTL8762C SDK 中，flash layout 是由 7 部分组成，包括“Reserved”，“OEM Header”，“OTA Bank 0”，“OTA Bank 1”，“FTL”，“OTA Tmp”和“APP Defined Section”，如图 5-1 所示。

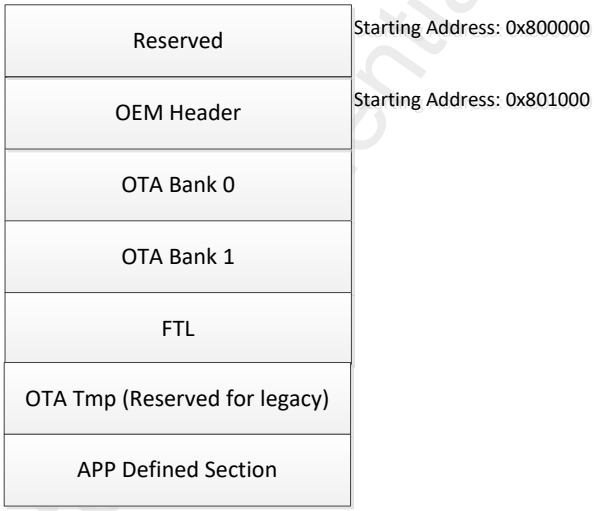


图 5-1 Flash 布局

Flash 布局中各个部分功能介绍如表 5-1 所示。

表 5-1 Flash 段

内存段	起始地址	大小 (字节)	作用
Reserved	0x800000	0x1000	系统保留区域
OEM Header	0x801000	0x1000	config 信息存储区域，包括蓝牙地址，AES Key，和客户可修改的 Flash 布局等
OTA Bank 0	可变的 (由 OEM Header 决定)	可变的 (由 OEM Header 决定)	存储数据和代码运行区，进一步细分为 OTA Header , Secure boot, Patch, APP, APP Data1 和 APP Data2。 如果选择不切换 bank 的 OTA 方案，OTA_TMP

			区用作 Ota 备份区；相反，如果选择切换 bank 的 OTA 方案，OTA bank0 和 OTA bank1 作用相同，互为备份区。
OTA Bank 1	可变的 (由 OEM Header 决定)	可变的 (由 OEM Header 决定)	选择切换 bank 的 OTA 方案时才存在，假设 Ota Bank0 为运行区，则 Ota Bank1 为备份区；相反，如果 Ota Bank1 为运行区，则 Ota Bank0 为备份区。其大小必须和 OTA Bank 0 一致。
FTL	可变的 (由 OEM Header 决定)	可变的 (由 OEM Header 决定)	该区域空间支持以逻辑地址访问 flash，用户可以最小以 4bytes 为单位读写 flash。
OTA TMP	可变的 (由 OEM Header 决定)	可变的 (由 OEM Header 决定)	不切换 bank 方式下， 作为 OTA 备份区使用，大小必须不小于 OTA bank0 最大的 image 大小。
APP Defined Section	可变的 (由 OEM Header 决定)	可变的 (由 OEM Header 决定)	Flash 剩余未划分区域， 客户可以自由使用。但不可以进行 OTA 升级。

OTA Bank 中包括 6 种类型的 image，分别是 OTA Header，Secure boot，Patch，APP，APP Data1 和 APP Data2，其中各个部分的说明如图 5-2 所示，布局中各部分描述说明如表 5-2 所示。OTA Bank 这一级的布局是由其中的 OTA header 决定，通过 MPPack Tool 可以生成不同 OTA Bank 布局的 OTA header。

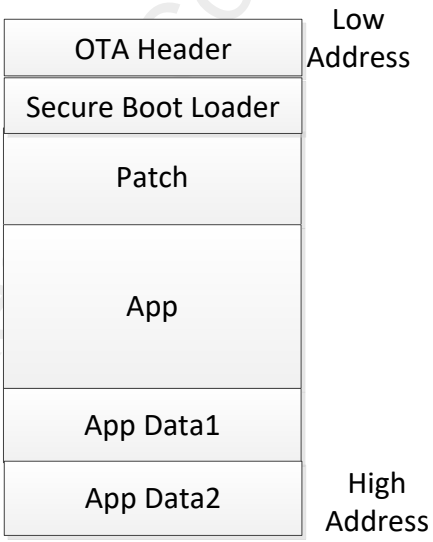


图 5-2 OTA Bank 布局

表 5-2 OTA Bank 各 image 说明

内存段	起始地址	大小	作用
OTA Header	由 OEM header 决定	4KB	存储 OTA Header 的版本信息、Bank 中各 image 的起始地址和大小。

Secure Boot Loader	由 OTA header 决定	可变的	启动过程中对代码安全级别检查的代码。
Patch	由 OTA header 决定	可变的	对 rom 中蓝牙协议栈，系统的优化和扩展代码。
App	由 OTA header 决定	可变的	开发方案的运行代码
App Data0	由 OTA header 决定	可变的	开发方案中需要升级的数据区.
App Data1	由 OTA header 决定	可变的	开发方案中需要升级的数据区.

RTL8762C 支持根据不同的应用场景灵活配置 Flash 布局，用户可通过 MP tool 中“config set”选项配置自定义的 flash 布局。为了方便用户使用，Realtek 还提供了 FlashMapGenerateTool 用于生成 flash_map.ini 和 flash_map.h 文件。flash_map.ini 文件可以导入到 MPTool 和 MPPack Tool，分别用于生成 config file 和 OTA header。而 flash_map.h 文件则需要拷贝到 APP 的工程目录下，编译出正确可运行的 APP image。

但与此同时，必须遵从以下的原则来调整 flash 布局。

(1) 如果选择支持 bank 切换的 OTA 方案，保证 OTA bank0 的大小等于 OTA bank1 的大小，并且将 OTA tmp 区域的大小设置为 0。

(2) 如果选择支持 bank 切换的 OTA 方案，可以使用不同的 OTA bank 布局来生成 OTA header0 和 OTA header1，但是 OTA bank0 和 OTA bank1 的大小不可变，并且不小于 OTA bank 内各个 image 大小的总和。

(3) 如果选择不支持 bank 切换的 OTA 方案，将 OTA bank1 的大小设置为 0，OTA tmp 区域的大小不小于 OTA bank0 中最大的 image 的大小。

(4) 如果选择不支持 bank 切换的 OTA 方案，除 OTA Header、patch、app 外，还必须烧录 secure boot image，secure boot image 的烧录地址固定为 0x80D0000，大小至少为 4KB。secure boot image 是由 Realtek 发布。

(5) 当生成 OTA Header 时，如果 App Data 1 或 App Data 2 的大小不为 0，必须烧录对应的 image，否则 RTL8762C boot 阶段的认证会失败，导致 APP code 跑不起来。原始的 APP DATA bin 文件需要经过 RTL8762C SDK 中提供的 App Data tool 处理，添加一个满足特定格式的 1KB 的 image header。注意，OTA bank 内的 App Data1 或 App Data2 区域是存储需要进行 OTA 的 App Data，如果数据无需升级，应当放在“APP Defined Section”区域。

(6) 尽可能地将 OTA bank1 结束地址相对于 flash 起始地址（0x800000）的偏移对齐到实际所选用的 flash 所支持的某个保护级别对应的范围，如 64KB、128KB、256KB、512KB 等。目的是将所有的 code 区域都上锁，以防止非预期的 flash 写入和擦除操作。

针对上述原则中的第（6）点，以下简述其原因。RTL8762C 支持一种名为 Flash 软件块保护的机制来锁定 Flash，以防止非预期的写入和擦除操作。Flash 软件块保护机制的原理是根据 Flash 状态寄存器中的

一些 BP 位来选择级别（范围）来保护，如图 5-3 所示。

STATUS REGISTER(1)					W25Q16DV (16M-BIT) MEMORY PROTECTION(3)			
SEC	TB	BP2	BP1	BP0	PROTECTED BLOCK(S)	PROTECTED ADDRESSES	PROTECTED DENSITY	PROTECTED PORTION(2)
X	X	0	0	0	NONE	NONE	NONE	NONE
0	0	0	0	1	31	1F0000h – 1FFFFFh	64KB	Upper 1/32
0	0	0	1	0	30 and 31	1E0000h – 1FFFFFh	128KB	Upper 1/16
0	0	0	1	1	28 thru 31	1C0000h – 1FFFFFh	256KB	Upper 1/8
0	0	1	0	0	24 thru 31	180000h – 1FFFFFh	512KB	Upper 1/4
0	0	1	0	1	16 thru 31	100000h – 1FFFFFh	1MB	Upper 1/2
0	1	0	0	1	0	000000h – 00FFFFh	64KB	Lower 1/32
0	1	0	1	0	0 and 1	000000h – 01FFFFh	128KB	Lower 1/16
0	1	0	1	1	0 thru 3	000000h – 03FFFFh	256KB	Lower 1/8
0	1	1	0	0	0 thru 7	000000h – 07FFFFh	512KB	Lower 1/4
0	1	1	0	1	0 thru 15	000000h – 0FFFFFh	1MB	Lower 1/2
X	X	1	1	X	0 thru 31	000000h – 1FFFFFh	2MB	ALL

图 5-3 flash 软件块保护

Flash 使用状态寄存器中的 BP(X)位来识别要锁定的块的数量，以及 TB 位来决定锁定的方向。但是，RTL8762C 的 flash 布局是从地址开始存放配置的数据和执行代码，因此 RTL8762C 上只支持了从低地址锁定 Flash。为了更好地支持这一特性，RTL8762C 同步 release 一个合格的供应商列表（AVL），以保证外接的 flash 支持软件块保护的特性。AVL 中的大多数 flash 都支持按级别保护 Flash，如包含前 64KB、128KB、256KB、512KB 等不同大小的区域。

因此，当划分 Flash 布局时，需要确保尽可能地将 OTA bank1 结束地址偏移对齐到实际所选用的 flash 所支持的某个保护级别对应的范围。这样做的目的是，将重要数据区和代码区完全上锁，且不影响紧随其后的存放需要改写的数据区，如“FTL”、“OTA Tmp”区。一旦 Flash 布局确定之后，RTL8762C 将自动解析 Flash 布局配置参数并查询所选 Flash 信息设置 BP 保护级别。

被保护的区域无法直接执行写和擦的操作。如果需要，先做解锁 flash，再执行写或者擦除访问，最后将 flash 锁回原来的级别。但是，这样的操作并不推荐，因为 flash 的状态寄存器是 NVRAM 方式访问时，具有 100K 的编程次数限制，频繁解锁将有可能导致 flash 不可用。

为了最大限度地利用 BP，表 5-3，5-4,5-5 提供了一些 Flash 布局示例。但是必须注意的是，AVL 中有两种特殊的 Flash，它们不支持通过按级别来保护 Flash，更多关于 flash BP 的详情请参阅 Realtek 提供的 RTL8762C 所支持的 AVL。

表 5-3 flash 总大小为 256KB 的示例布局

flash 总大小为 256KB 的示例布局	大小（字节）	起始地址	BP 保护的大小
1) Reserved	4K	0x800000	从 flash 低地址开始的前 128KB（OTA
2) OEM Header	4K	0x801000	

3) OTA Bank0	140K	0x802000	Bank1 结束地址的偏移为 148KB，因此在这种布局下依然有部分 OTA Bank1 区域未被上锁）
a) OTA Header	4K	0x802000	
b) Secure boot loader	4K	0x80D000	
c) Patch code	40K	0x803000	
d) APP code	92K	0x80E000	
e) APP data1	0K	0x825000	
f) APP data2	0K	0x825000	
4) OTA Bank1	0K	0x825000	
5) FTL	16K	0x825000	
6) OTA Temp	92K	0x829000	
7) APP Defined Section	0K	0x840000	

表 5-4 flash 总大小为 1MB 的示例布局

flash 总大小为 1MB 的示例布局	大小（字节）	起始地址	BP 保护的大小
1) Reserved	4K	0x800000	从 flash 低地址开始的前 512KB（OTA Bank1 结束地址的偏移对齐在 512KB）
2) OEM Header	4K	0x801000	
3) OTA Bank0	252K	0x802000	
a) OTA Header	4K	0x802000	
b) Secure boot loader	0K	0x803000	
c) Patch code	40K	0x803000	
d) APP code	208K	0x80D000	
e) APP data1	0K	0x841000	
f) APP data2	0K	0x841000	
4) OTA Bank1 (大小必须和 OTA Bank0 相同)	252K	0x841000	
a) OTA Header	4K	0x841000	
b) Secure boot loader	0K	0x842000	
c) Patch code	40K	0x842000	
d) APP code	208K	0x84C000	
e) APP data1	0K	0x880000	
f) APP data2	0K	0x880000	
5) FTL	16K	0x880000	
6) OTA Temp	0K	0x884000	
7) APP Defined Section	200K	0x884000	

表 5-5 flash 总大小为 2MB 的示例布局

flash 总大小为 1MB 的示例布局	大小（字节）	起始地址	BP 保护的大小
1) Reserved	4K	0x800000	从 flash 低地址开始的前 1MB（OTA Bank1 结束地址的偏移对齐在 1MB）
2) OEM Header	4K	0x801000	
3) OTA Bank0	508K	0x802000	
a) OTA Header	4K	0x802000	
b) Secure boot loader	0K	0x803000	
c) Patch code	40K	0x803000	
d) APP code	464K	0x80D000	
e) APP data1	0K	0x881000	
f) APP data2	0K	0x881000	
4) OTA Bank1 (大小必须和 OTA Bank0 相同)	508K	0x881000	
a) OTA Header	4K	0x881000	
b) Secure boot loader	0K	0x882000	
c) Patch code	40K	0x882000	
d) APP code	464K	0x88C000	
e) APP data1	0K	0x900000	
f) APP data2	0K	0x900000	
5) FTL	16K	0x900000	
6) OTA Temp	0K	0x904000	
7) APP Defined Section	200K	0x904000	

5.2 Flash APIs

操作 flash 的 APIs 如下，其中带有“auto”字样的表示以 auto mode 访问 flash，其他则是通过 user mode 访问 flash。详细信息可以参考 Bee2-SDK.chm。

1. 基本操作

bool flash_auto_read_locked(uint32_t addr, uint32_t *data);

bool flash_read_locked(uint32_t start_addr, uint32_t data_len, uint8_t *data);

bool flash_auto_write_locked(uint32_t start_addr, uint32_t data);

bool flash_auto_write_buffer_locked(uint32_t start_addr, uint32_t *data, uint32_t len);

bool flash_write_locked(uint32_t start_addr, uint32_t data_len, uint8_t *data);

bool flash_erase_locked(T_ERASE_TYPE type, uint32_t addr);

2. Flash 高速读取的 APIs

bool flash_auto_dma_read_locked(T_FLASH_DMA_TYPE dma_type, FlashCB flash_cb,

uint32_t src_addr, uint32_t dst_addr, uint32_t data_len);

bool flash_auto_seq_trans_dma_read_locked(T_FLASH_DMA_TYPE dma_type, FlashCB flash_cb,

uint32_t src_addr, uint32_t dst_addr, uint32_t data_len);

bool flash_split_read_locked(uint32_t start_addr, uint32_t data_len, uint8_t *data, uint32_t *counter);

如果需要使用以上三个高速读取 flash 的接口函数，需要将 sdk\src\flash\flash_hs_read.c 文件添加到工程中，并包含头文件“flash_device.h”。

5.3 FTL

FTL 是提供给 bt stack 和 APP 用户读写 flash 上数据的抽象层，通过 FTL 接口可以通过逻辑地址直接读写 flash 上分配出 FTL 空间的数据，操作更为简便。目前，FTL 空间按照其功能划分为以下两块存储空间。

1. BT 存储空间
   (1) 逻辑地址范围[0x0000, 0x0C00)，但是这部分空间的大小可通过 otp 参数调整；
   (2) 用于存储 BT 相关的信息，如蓝牙设备地址、配对密钥等；
   (3) 更多的详细信息可以参考 RTL8762C BLE Stack User Manual。
2. APP 存储空间
   (1) 逻辑地址范围[0x0C00, 0x17F0)；
   (2) APP 可以使用这部分空间存储自定义的信息；
   (3) 调用以下两个 API（参考 ftl.h）可以读写这部分空间的数据，更多详细信息参考 Bee2-SDK.chm。
   注意，在调用 ftl_save 或者 ftl_load 时，底层已经封装了一个 offset，默认是 0x0C00。

```
uint32_t ftl_save(void * p_data, uint16_t offset, uint16_t size)

uint32_t ftl_load(void * p_data, uint16_t offset, uint16_t size)
```

6 设置代码执行位置

代码可以放在 Flash 上运行，也可以放在 RAM 上运行。本节将介绍如何把代码放到特定的内存位置运行。

1. 修改宏 FEATURE_RAM_CODE 定义：
   (1) 1 表示默认不加任何 section 的代码是放到 RAM 运行；
   (2) 0 表示默认不加任何 section 的代码是放到 Flash 运行。
2. 如果想要特别指定某个函数是放到特定的内存位置上，使用 app_section.h 中的 section 宏定义。例如：
   (1) APP_FLASH_TEXT_SECTION 表示把函数放到 Flash 运行；
   (2) DATA_RAM_FUNCTION 表示把函数放到 RAM 运行。

7 eFuse

eFuse 是一个一次性存储程序块，用于存储重要的和固定的信息，如 UUID、安全密钥和其他一次性编程配置。eFuse 的单个位不能从 0 变为 1，并且没有擦除操作，所以要小心更新 eFuse。RealTek 提供 MP Tool 工具来更新某些 eFuse 部分。