

增加 **CC2640R2F Bluetooth®** 低耗能无线 **MCU** 的 **RAM** 大小

Marie Hernes

摘要

本应用报告记录了在 **CC2640R2F SimpleLink™** 蓝牙低耗能微控制器上为您的应用增加可用随机存取存储器 (**RAM**) 存储空间的方法。通过将经初始化的数据或经编译的代码从 **SRAM** 移动到存储器的其他部分, 可增加可用的 **SRAM** 空间。此应用报告还重点介绍了 **SimpleLink CC2640R2** 软件开发套件 (**SDK**) 中提供的一些可用于优化堆和堆栈内存所用 **RAM** 的工具。请注意, 对于本文档中介绍的功能, 未从功耗或处理器速度方面加以描述。

内容

1	CC2640R2F 存储器	2
2	什么是 RAM?	3
3	高速缓存和 GPRAM	4
4	使用传感器控制器 AUX RAM.....	4
5	管理堆和堆栈大小.....	4
6	参考.....	5

附图目录

1	CC2640R2 中的存储器空间分配.....	2
2	Simple Peripheral“Memory Allocation”视图。.....	3

附表目录

1	本文档中使用的首字母缩写词	2
2	Simple Peripheral SRAM 使用情况.....	3

商标

SimpleLink, Code Composer Studio are trademarks of Texas Instruments.
Bluetooth is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.
All other trademarks are the property of their respective owners.

1 CC2640R2F 存储器

如图 1 中所示，CC2640R2F MCU 具有 20KB 的 SRAM。此外，还有 128KB 的闪存和 8KB 的高速缓存。还有已经过预编程的 ROM。CC2640R2F 具有一个包含 2KB RAM（称为 AUX RAM）的传感器控制器。图 1 的右侧显示了一个运行来自 BLE-Stack 的 *simple peripheral* 项目的器件。在本例中，已分配和填充所有存储区域。已对闪存进行编程。除 bss 部分和经初始化的数据之外，SRAM 还包含堆、系统堆栈和任务堆栈。AUX RAM 显示为黑色，因为 *simple peripheral* 不使用它。

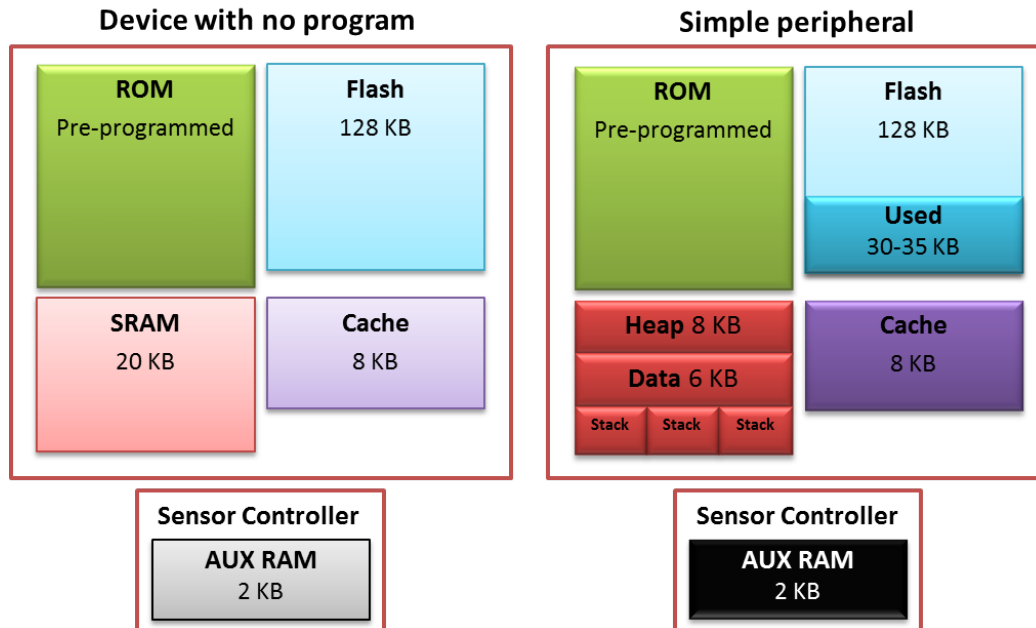


图 1. CC2640R2 中的存储器空间分配

1.1 首字母缩写词

表 1. 本文档中使用的首字母缩写词

首字母缩写词	说明
AUX RAM	辅助 RAM
BLE	蓝牙低功耗
bss	以符号开始的块
GPRAM	通用 RAM
KB	千字节
MCU	微控制器
RAM	随机存取存储器
RF	射频
ROM	只读存储器
ROV	RTOS 对象查看器
RTOS	实时操作系统
SRAM	静态 RAM
ULL	超低漏电

2 什么是 RAM?

RAM 是应用可用于在运行时存储信息的内存区域。另一方面，闪存存在应用初始化之前通常已进行编程。对于您的程序可能需要在运行时保存的信息，一个示例是来自传感器的数据。除了在运行时存储信息之外，RAM 还用于存储经初始化和未经初始化的数据（.data 和 .bss）。堆也位于 RAM 中。在 CC2640R2 器件中，RAM 分为静态随机存取存储器 (SRAM) 和高速缓存。CC2640R2F 具有 20KB 的超低漏电 (ULL) SRAM 和 8KB 的高速缓存。此外，传感器控制器还具有一个称为 AUX RAM 的 2KB RAM 区域。

表 2 显示了 simple peripheral 示例项目中的 SRAM 使用情况。.data、.bss 和 .stack 是占用 SRAM 的最大部分。请注意，具体数字可能会有所变化，具体取决于应用、BLE Stack 版本和编译器。为 ICall 堆分配的空间未显示为已占用。simple peripheral 使用自动堆大小功能（请参阅 5.2 节），因此堆差不多会占用 SRAM 中的全部剩余空间。图 2 是 Code Composer Studio™(CCS) 中存储器分配视图的屏幕截图。它显示了占用 SRAM 的最大对象。再次申明，具体数字会随应用、编译器和 BLE Stack 版本而变化。

表 2. Simple Peripheral SRAM 使用情况

部分	说明
ICall 堆 (7.5KB)	用于应用中的动态存储器分配并在 BLE 堆栈任务和应用任务之间分配消息的堆。
.vecs (0.2KB)	定义的矢量。
.data (4.3KB)	经初始化的变量。
.bss (3.3KB)	未经初始化的变量，包括任务堆栈和 TI-RTOS 堆。
.stack (1KB)	系统堆栈。由 TI-RTOS 用于 main()、硬件中断和软件中断。

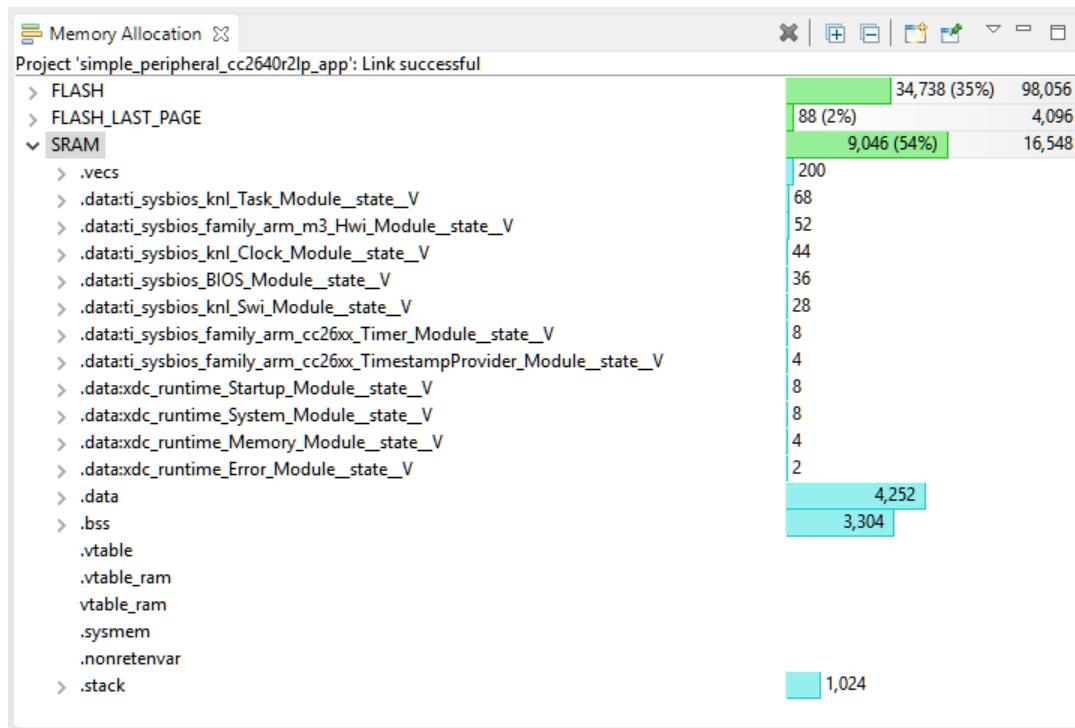


图 2. Simple Peripheral“Memory Allocation”视图。

3 高速缓存和 GPRAM

3.1 什么是高速缓存？

高速缓存是器件的 RAM 中为处理器保留的 8KB 部分。高速缓存模块临时存储已从闪存中读取的数据，从而不必在每次访问经常使用的数据时再从闪存中获取该数据。这可以减少 CPU 等待状态并省电。未使用高速缓存时，它不会通电。这适用于待机和空闲状态（此时未使用高速缓存）。

在 CC2640R2F 上，高速缓存单元在物理上与 SRAM 不同。SRAM 针对待机状态下的低电流泄漏进行了高度优化，而高速缓存针对活动状态下的速度和低功耗进行了优化。

3.2 将高速缓存用作 RAM

如果您的应用需要更多存储器空间，或者您需要更多 SRAM 空间，则可以将高速缓存改用作 RAM。这允许连接器⁽¹⁾在该部分 RAM 中存储数据。该部分称为通用 RAM (GPRAM)。这会导致程序以略低的速度运行，并增加器件在睡眠时的功耗。这是因为即使在器件处于睡眠状态时 GPRAM 也必须通电，以在睡眠期间保持存储在 GPRAM 中的数据。《CC2640R2F SimpleLink™ Bluetooth® 低功耗无线 MCU 产品说明书》中列出了保持和不保持高速缓存时待机模式下的电流消耗。

当程序以稍低的速度运行时，器件处于活动状态的时间将更长。这将增大总体功耗。这对器件功耗的影响程度取决于应用。对于某些应用，增加的功耗非常小，但对于处理密集型应用，增加的功耗会稍高。要验证您的应用电流消耗，请使用《测量蓝牙低功耗功耗》应用报告中介绍的方法。

如果您已经准备好将高速缓存用作 RAM，请查看《蓝牙低功耗开发人员指南》的将高速缓存用作 RAM 部分中的分步式说明。

4 使用传感器控制器 AUX RAM

传感器控制器是 CC2640R2 上的自主处理器。传感器控制器专门用于连接外部传感器，还用于在系统其余部分处于睡眠模式的情况下自主收集模拟和数字数据⁽²⁾。不过，如果您的应用不使用传感器控制器，则其 2KB RAM 可用于主应用。请注意，访问传感器控制器 AUX RAM（辅助 RAM）比访问其他存储区域要慢很多。在决定在 AUX RAM 中存储什么内容时，应考虑这一点。

软件开发人员指南的将 AUX RAM 用作 RAM 部分包含 AUX RAM 的使用说明。

5 管理堆和堆栈大小

5.1 使用 ROV 决定存储器使用峰值

在 TI-RTOS 中，每个任务具有其自己的堆栈。此外，还有系统堆栈，由 RTOS 用于 main()、硬件中断和软件中断。在 CC2640R2F 上，系统堆栈的默认大小为 1KB。不过，可以按照《蓝牙低功耗软件开发人员指南》的系统堆栈一章所述对其进行更改。

TI-RTOS 对象查看器 (ROV) 是 CCS 和 IAR 的插件，其中包含各种用于调试的功能。要查看如何使用 ROV 决定堆栈大小峰值，请参阅《蓝牙低功耗软件开发人员指南》的 TI-RTOS 对象查看器一章。请对堆栈大小进行优化，以释放尽可能多的 SRAM 空间。不过，一定要注意避免堆栈溢出。

5.2 管理堆大小

ICall 堆用于在蓝牙低功耗堆栈任务和应用任务之间分配消息。它还可用于在任务中进行动态存储器分配。

ICall 堆是在 BLE Stack 中实现的，因此下面的段落不适用于不是从 BLE Stack 导入的项目（例如从 drivers 文件夹导入的空项目）。

⁽¹⁾ 连接器是用于从编译器获取经编译的碎片化代码，将其组织到一个程序中，并决定应将程序的哪一部分存储在 CC2640R2F 器件上的什么位置的工具有。

⁽²⁾ 您可以在《CC13xx、CC26xx SimpleLink™ 无线 MCU 技术参考手册》中了解有关传感器控制器的更多信息。

BLE Stack 中的大多数示例应用使用堆自动大小功能。您可以通过编译器预定义符号中的 `HEAPMGR_SIZE=0` 定义启用该功能。堆自动大小是一项易于使用的功能，用于基于可用存储器（未静态分配的存储器）空间的大小自动为堆分配存储器空间。自动堆大小功能不决定应用所需的堆的量，但可以使用堆管理器指标功能来决定该量。软件开发人员指南的对 [ICall 堆管理器 \(heapmgr.h\)](#) 进行性能测评下介绍了如何使用堆管理器指标来配置堆大小。

6 参考

1. 《[CC2640R2F SimpleLink™ Bluetooth® 低耗能无线 MCU 产品说明书](#)》
1. 《[测量蓝牙低耗能功耗](#)》
1. 《[蓝牙低耗能软件开发人员指南](#)》
2. 《[CC13xx、CC26xx SimpleLink™ 无线 MCU 技术参考手册](#)》

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司