

在 **CC3120** 和 **CC3220** **SimpleLink™ Wi-Fi®** 和物联网器件中应用串行闪存。

摘要

本应用手册共分两部分。第一部分介绍选择并嵌入与 **CC3120** 和 **CC3220** (**CC3x20**) 器件搭配使用的串行闪存，提供重要指南及最佳实践设计技术。第二部分介绍文件系统，同时为使用 **CC3x20** 器件的系统设计人员提供相关指南及注意事项。

CC3120 和 **CC3220** 器件是 **SimpleLink™** 微控制器 (MCU) 平台的一部分，该平台包含 **Wi-Fi®**、**Bluetooth®** 低功耗、1GHz 以下 MCU 和主机 MCU。所有 MCU 都共用一个通用、简单易用的开发环境，其中包含单核软件开发套件 (SDK) 和丰富的工具集。一次性集成 **SimpleLink** 平台后，用户可以将产品组合中器件的任何组合添加至您的设计中。**SimpleLink** 平台的最终目标是确保设计要求变更时，完全重复使用代码。更多详细信息，请访问 www.ti.com/simplelink。

内容

1	使用串行闪存设计的考量因素	2
1.1	串行闪存供应商和部件编号选择	2
1.2	支持的闪存类型	2
1.3	串行闪存擦/写次数限制	3
1.4	实现系统稳定性的最佳实践设计技术	3
2	使用 CC3x20 文件系统的考量因素	7
2.1	概述	7
2.2	文件系统指南	7
2.3	文件存储器空间的数学关系	7
2.4	系统文件	9

商标

SimpleLink is a trademark of Texas Instruments.
Bluetooth is a registered trademark of Bluetooth SIG.
Wi-Fi is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.
All other trademarks are the property of their respective owners.

1 使用串行闪存设计的考量因素

许多嵌入式系统通过内置串行闪存组件存储微控制器 (MCU) 或处理器使用的固件、配置文件及用户数据。在内容更新过程中，处理器偶尔将数据写入串行闪存。串行闪存的应用赋予系统设计人员前所未有的挑战。

- 典型串行闪存每个扇区的数据耐写次数为 100K 个写入周期，数据保存时间长达 20 年。应用开发人员必须考虑耐擦写次数及数据保存特性。
- 读写操作的串行性质导致访问时间较长，增加了系统电源电压在器件访问过程中保持稳定的挑战。

1.1 串行闪存供应商和部件编号选择

部分供应商提供的串行闪存组件在存储器容量方面可能保持一致，但仔细检查串行闪存数据表可知，组件的某些参数（如工作电压和访问次数）差异显著。由于通过了 TI 系统测试，因此 TI BOM 表格中列出的串行闪存组件适用于 CC3x20 参考设计。表 1 列出了通过 CC3x20 器件测试的不同部件。TI 发现，这些通过一系列系统级测试的部件稳定可靠，能够在不同工作状态下保障稳定性。然而，如本文档后续章节指定的内容所述，无法保证极限工作状态下的数据完整性。

有关详细信息，请参见《[CC3x20 SimpleLink 网络处理器编程人员指南](#)》（请见设计注意事项章节）

表 1. 通过 CC3x20 器件测试的串行闪存部件

供应商	部件编号	容量	电源电压	建议
旺宏电子 (Macronix)	MX25R3235FM1IL0	32Mb	1.65V 至 3.6V	由电池和线路供电的系统
ISSI	IS25LQ016B	16Mb	2.3V 至 3.6V	由电池和线路供电的系统
ISSI	IS25LQ032B	32Mb	2.3V 至 3.6V	由电池和线路供电的系统

1.2 支持的闪存类型

对于与 CC3x20 器件的兼容性，串行闪存器件必须支持以下命令和格式：

- 擦除容量为 4K 的均一扇区。
- 命令 0x9F（读取器件 ID [JEDEC]）。流程：发送 0x9F，读取 3 个字节。
- 命令 0x05（读取 SFLASH 状态）。流程：发送 0x05，读取 1 个字节。位 0 繁忙，位 1 写使能。
- 命令 0x06（设置写使能）流程：发送 0x06，在写使能位置位前处于读取状态。
- 命令 0xC7（芯片擦除）流程：发送 0xC7，在繁忙位清零前处于读取状态。
- 命令 0x03（读取数据）流程：发送 0x03，发送 24 位地址，读取 n 个字节。
- 命令 0x02（写页）流程：发送 0x02，发送 24 位地址，写入 n 个字节 ($0 < n \leq 256$)。
- 命令 0x20（扇区擦除）。流程：发送 0x20，发送 24 位地址，在繁忙位清零前处于读取状态。

1.3 串行闪存擦/写次数限制

串行闪存组件使用寿命受制于最大擦/写次数。这是系统应用程序软件设计的考量因素。

增加闪存耐写次数应遵循以下一般准则：

- 最大程度减少应用程序写入闪存的次数，尤其是复位后。例如，确保应用程序配置仅在初始复位时写入闪存并且不在 CC3x20 每次复位时出现。
- 文件的创建和删除需要更新文件分配表 (FAT)。需要更新既有文件时，请勿删除并重新创建文件，原因是应避免针对 FAT 的非必要访问。]
- 有关详细信息，请参见《CC3x20 SimpleLink 网络处理器编程人员指南》（请见设计注意事项部分，位于文件系统章节中）。

典型串行闪存确保每个扇区的数据耐写次数为 100K 个写入周期，数据保存时间长达 20 年。表 2 详细说明了每日写入同一扇区的最大次数，允许器件在给定期限内运行。

表 2. 串行闪存耐写次数

理想产品寿命 [年]	每日最大写入次数 ⁽¹⁾
20	14
15	18
10	27
5	55
2	137

⁽¹⁾ 每日写入次数最大值 = 100000 / (产品年限 × 365)

CC3x20 系统中的串行闪存可能由用户应用程序或 CC3x20 片上固件的周期性活动写入。来自这两种来源的写入总次数不应该超过针对所需产品寿命计算的闪存最大写入次数预算。

1.4 实现系统稳定性的最佳实践设计技术

1.4.1 概述

遵循数据表所述的电源和信号参数运行时，CC3x20 器件是一款稳健耐用的成熟 WLAN 解决方案。该章节介绍了最大限度提升系统稳定性的设计技巧。这些技巧包括针对由电池或混合线路/电池供电的设计，最大限度降低与 CC3x20 器件相连的串行闪存存储器发生意外损坏的可能性。这些技巧集中介绍了确保串行闪存电源完整性，以避免电源电压低于串行闪存制造商指定的最小阈值，导致读取或擦除运行过程中的闪存数据损坏。这种损坏系统的性质决定系统是否继续运行，而在部分情况下，需要恢复针对系统的物理访问。

1.4.2 一般准则

实现系统稳定性需要遵循的一般准则：

- 主要适用于由电池或电池和线路混合方案供电的系统。这包括 CC3x20 器件与电池直接相连的设计以及在电池和 CC3x20 器件之间使用 DC-DC 转换器的系统。
- 如果该应用使用 DC-DC 转换器，设计人员应确保 DC-DC 转换器输出符合 CC3x20 器件和所连串行闪存器件的要求。
- CC3x20 器件应仅在电源电压高于或等于 2.3V 时使能。其最小值通常由串行闪存最低电源电压决定，而非 CC3x20 的最低电源电压，后者在数据表中定义为 2.1V。正如数据表中指定的内容，该电源在不低于 2.3V 的情况下必须耐受 CC3x20 的发送电流或校准电流负载；因此，考虑到电源内阻影响，空载状态下的电源电压可能必须高于 2.3V。
- 施加于 CC3x20 器件的电源电压始终不得超过 3.8V，即数据表指定的绝对最高电源电压。此外，必须遵

循所选串行闪存数据表中相应的绝对最高电压约束条件。

- 为提升闪存耐写次数，应遵循 1.3 节中的准则。
- 为了最大程度提升系统稳定性，可使用 **Macronix MX25R6435** 等串行闪存。该器件支持的电源电压范围较大，有助于提升电源波动的系统抗扰度。
- **CC3x20 WLAN** 传输可能导致电源中的负载突然上升。负载突然上升可能导致电源电压瞬时下降。请参见 **CC3x20** 数据表部分，了解电源欠压的处理方式。

1.4.3 突然掉电

所有使用串行闪存的系统易受电源突然断电的影响。正如多数串行闪存数据表记录的内容，如果在写入或擦除操作中移除电源，可能发生数据损坏。如果在擦除或写入操作完成前，系统工作电压低于串行闪存的 V_{\min} （典型值为 2.3V），可能出现上述情况。图 1 显示了一种典型情况。

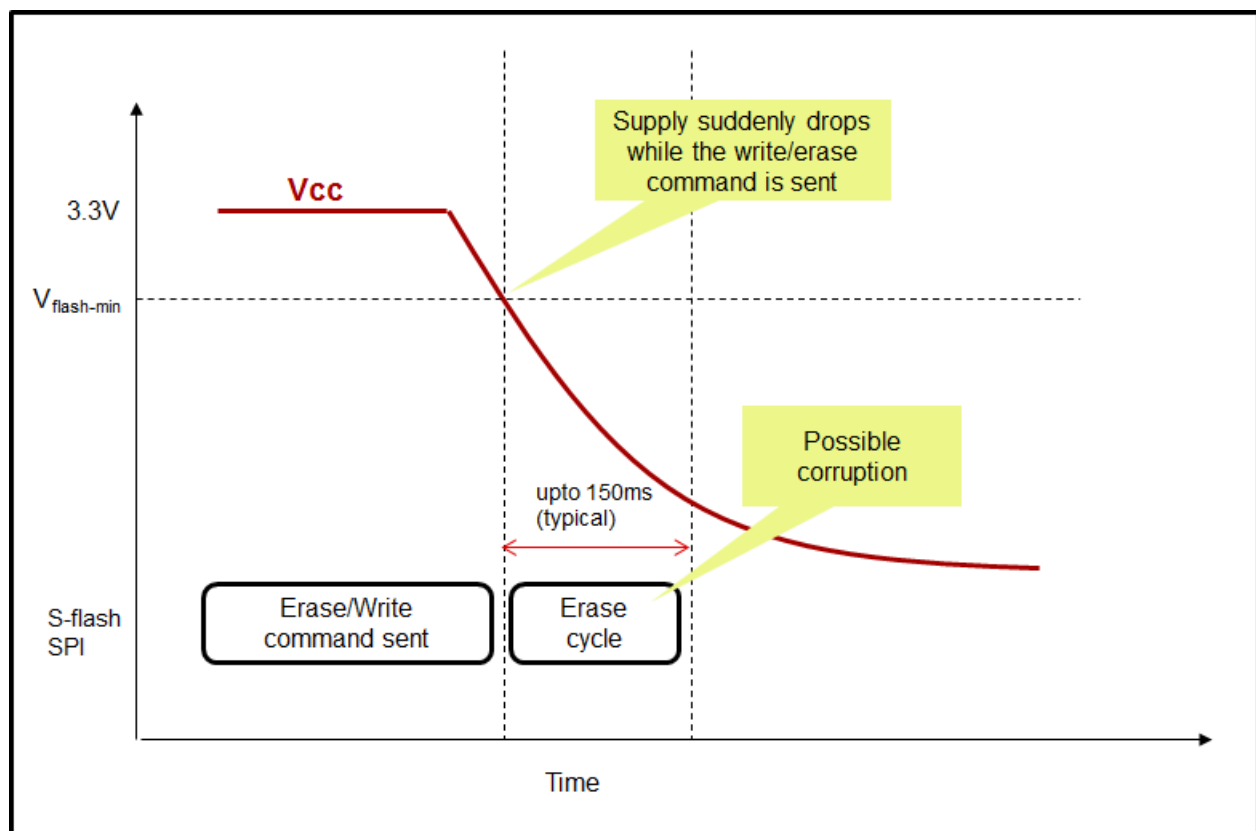


图 1. 在擦除闪存时突然掉电

该情况可能在由电池或线路供电的终端设备中出现：

- 由电池供电的产品：在不经软关断的情况下断开产品的电池
- 由线路供电的产品：电源故障或在不经软关断的情况下突然拔除电源。

以下章节解释了如何最大程度降低这两类终端设备串行闪存受损的可能性。

1.4.3.1 由电池供电的系统

在由电池供电的系统中，突然断电可能与正在进行的串行闪存访问同时发生。通过在产品使用过程中降低断电风险可最大限度抑制上述情况的出现，例如用户在产品使用过程中站立于 Wi-Fi 称重天平之上。此外，产品说明可能不建议用户在使用产品时断电。在系统需要提升保护等级时，映射至系统处理器 GPIO 的软断电按钮可以在用户需要断电时预先发出警告。该系统中的处理器使用一个发光二极管 (LED) 指示软关断是否完成，以及此时能否拆卸电池。

1.4.3.2 由线路供电的系统

在由市电线路供电的系统中，电网故障可能导致 Wi-Fi 子系统电压突然下降。出现电网故障和相应 Wi-Fi 子系统电压突降与串行闪存擦除操作同时产生的小概率时间后，可能发生数据损坏。最大限度降低闪存损坏几率的一种方式是在输入电源断电后确保直流电压缓慢斜降。确保直流电压缓慢斜降需要大容量电容的帮助，后者将在电源断电后保持充电。电容值需要根据 SFLASH 擦除操作的最长时间、电压阈值及系统消耗的电流进行估算。嵌入式系统感测输入电压的突然下降并启动 Wi-Fi 子系统的软关断，从而在电压到达 $V_{flash-min}$ 前安全执行所有串行闪存操作。电容中存储的电荷将在这段时间间隔内使用。图 2 显示了该序列。

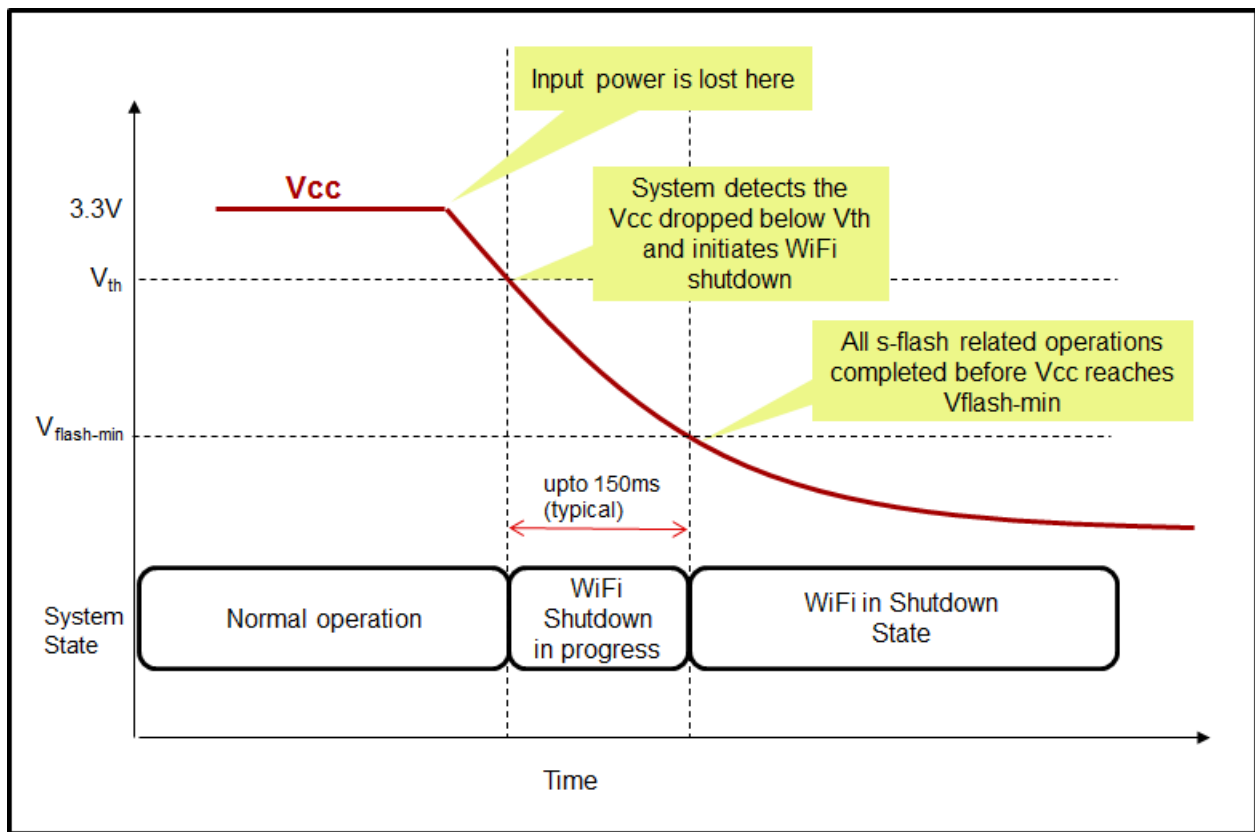


图 2. 由线路供电的器件突然掉电

1.4.4 适用于自托管 CC3220 设计的欠压抑制技术

1.4.4.1 概述

这部分介绍如何缓解自托管 CC3220 系统中电池大幅放电的影响。假设器件为主控制器并且能够控制系统中的高功率组件。

1.4.4.2 问题 说明

对于经过大幅放电的电池，如果其能量足以为 CC3220 处理器供电，但不足以为 Wi-Fi 发送器供电时，可能出现欠压问题。该情况可产生一种循环，CC3220 器件在此期间上电并达到执行高功耗操作的点。该活动导致电池电压降至欠压阈值以下，进而发生复位。该器件在复位后不存在功耗，电压回升至欠压阈值以上，然后再次上电。

1.4.4.3 建议解决方案

作为一种通用方法，CC3220 初始化不开启内部网络处理器功能，因此 CC3220 应用可以在 Wi-Fi 活动前开始运行。

在此情况下，应用程序代码可以使用 CC3200 模数转换器监视电池电压。是否激活 NWP 执行常规操作的所有决策必须将模数转换精度作为考量因素。为避免器件重复复位，使用二次引导加载程序加载用户应用程序并跟踪加载情况（不引起其他欠压事件）。通过保持片上寄存器 (OCR) 中的计数器可跟踪成功的应用程序加载。如果因过度耗电产生压降，该计数器可能处于保持状态。图 3 介绍了上电流程。

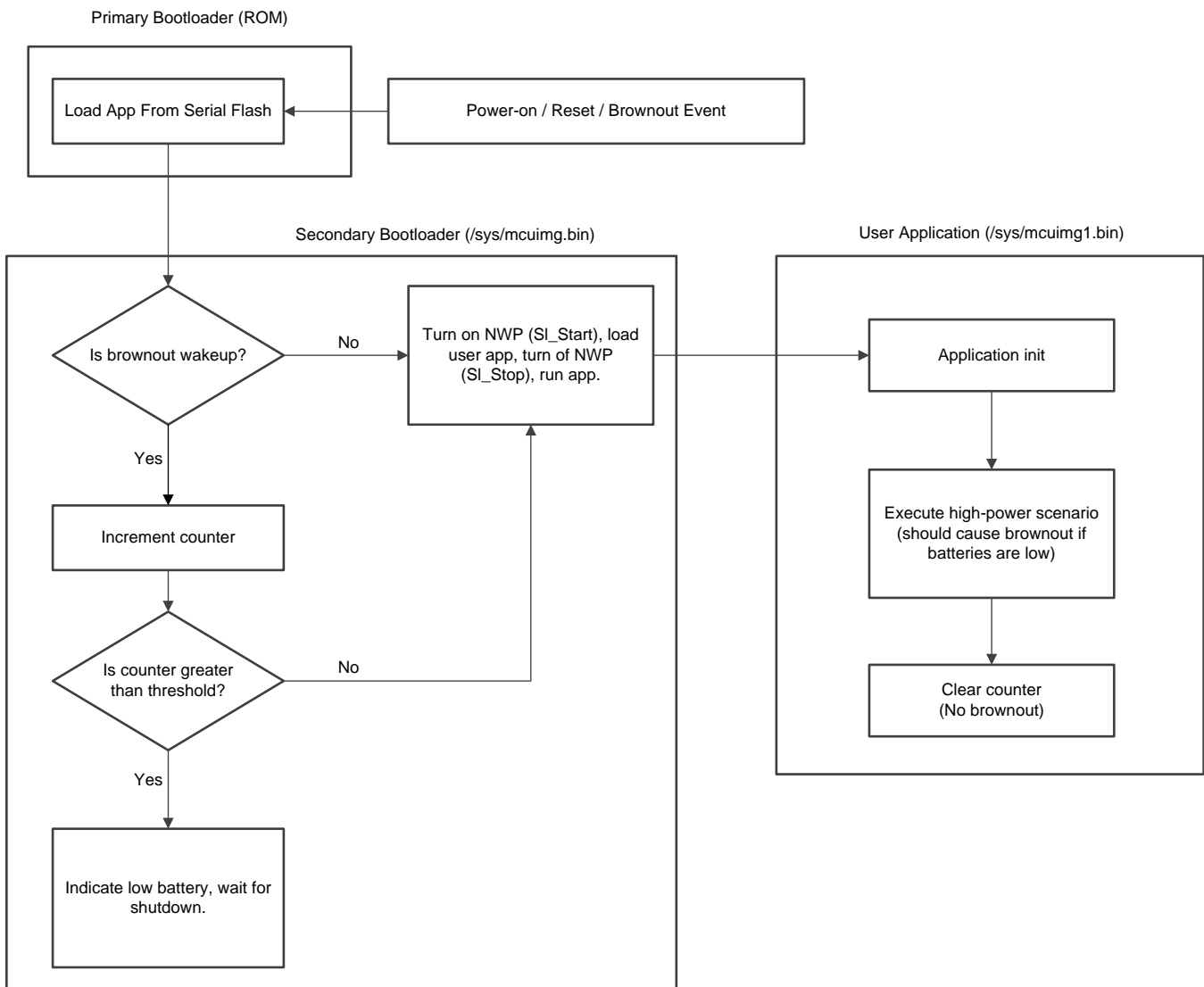


图 3. 建议的欠压流程

2 使用 CC3x20 文件系统的考量因素

2.1 概述

本指南的第二部分论述了串行闪存中实现的 CC3x20 文件系统。与可供系统设计人员选择的串行闪存不同，CC3x20 文件系统通用于所有器件。系统和配置文件仅可使用 CC3x20 文件系统创建和保存。有关详细信息，请参见《[CC3x20 SimpleLink 网络处理器编程人员指南](#)》（请见文件系统章节）。

2.2 文件系统指南

有关多数文件系统指南，请参见《[CC3x20 SimpleLink 网络处理器编程人员指南](#)》（设计注意事项部分，位于文件系统一章）。除上述指南外，系统设计人员还应注意以下事项：

- 文件系统分配表占用五个模块 (20KB)。
- CC3x20 器件支持的串行闪存存储类型具备最小容量为 4096 字节的模块。
- 每个文件至少占用：
 - 一个模块 (4KB) - 不支持故障安全的文件
 - 两个模块 (8KB) - 支持故障安全的文件
- 文件创建后无法扩大尺寸。为在器件生命周期中增加文件内容，应在文件创建后设置最大大小属性（文件系统保留空间）。
- 文件创建后不得更改属性（提交和回滚属性除外）。
- 文件系统无法处理碎片。

2.3 文件存储器空间的数学关系

由于用户可以使用文件系统存储文件，因此精确计算各文件所占存储器空间至关重要。闪存占用总量与文件内容长度（或创建时设置的最大容量属性）、文件属性和文件系统元数据之间存在函数关系。

图 4 显示了串行闪存存储器消耗量的计算过程。

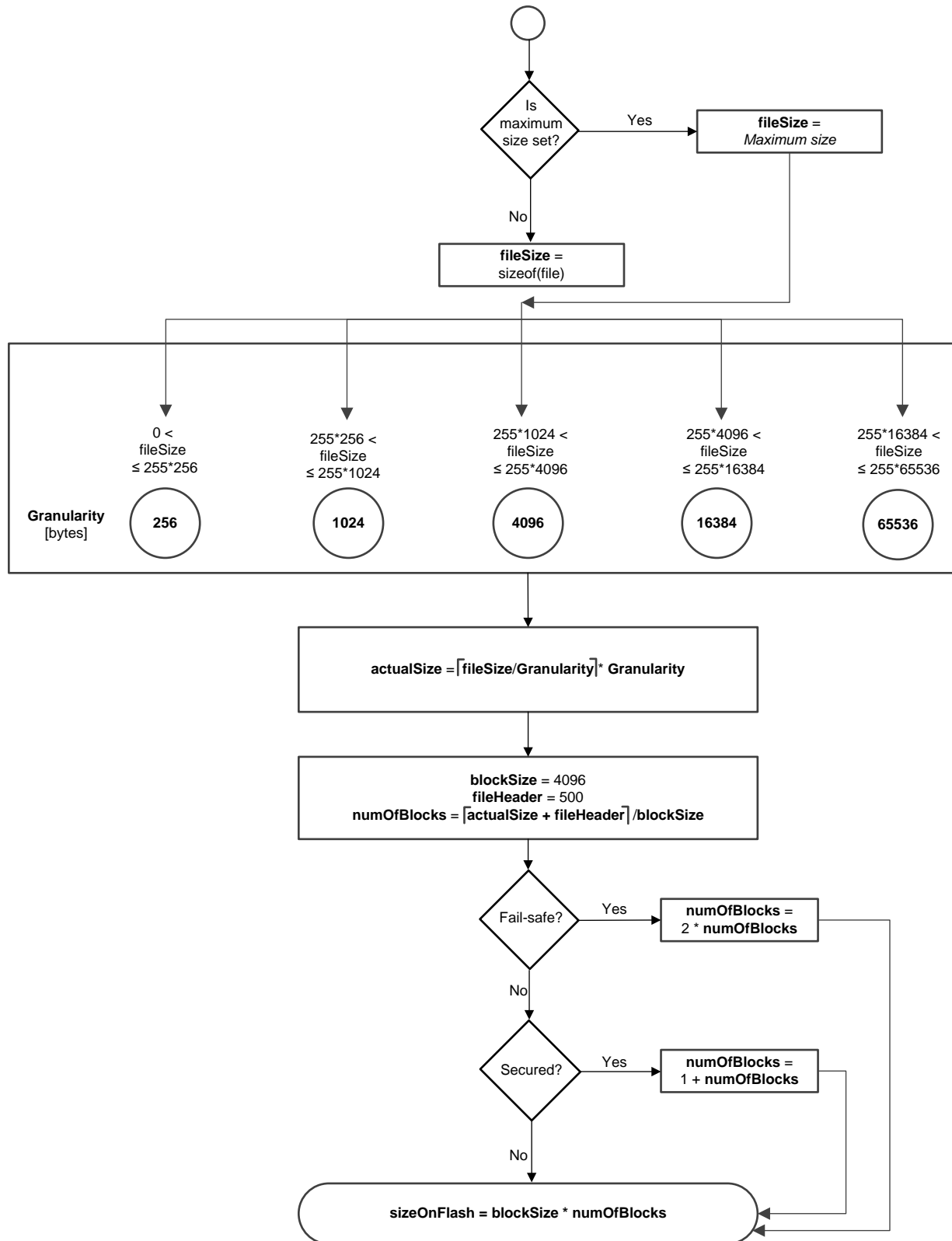


图 4. 闪存中的文件存储器消耗

2.4 系统文件

2.4.1 概述

系统文件包括将器件置为预定义状态的所有配置文件或其子集。系统文件可由用户隐式创建（例如通过调用主机驱动程序应用程序编程接口 (API)）或由器件内部创建。由于这些文件对于器件正确运行不可或缺，系统设计人员必须理解这些文件的创建时间以及监视串行占用的方法。

无法为系统文件保留充足空间可能导致系统执行意外操作。

2.4.2 主机驱动程序映射

在调用主机驱动程序 API 时，用户以隐式方式创建多数系统文件。部分系统文件（如校准文件、ARP 表文件等）在内部通过网络处理器子系统创建，用户无权控制。

有关主机驱动程序 API 以隐式方式连接系统文件的详细信息，请参见《[CC3x20 SimpleLink 网络处理器编程人员指南](#)》（请参见持久性附录）。

2.4.3 如何配置串行闪存内容

设计并监视串行闪存中的内容必须执行，特别是存储器资源有限的嵌入式器件。新一代 SimpleLink 器件为系统设计人员提供有助于设计和监视系统的选项。

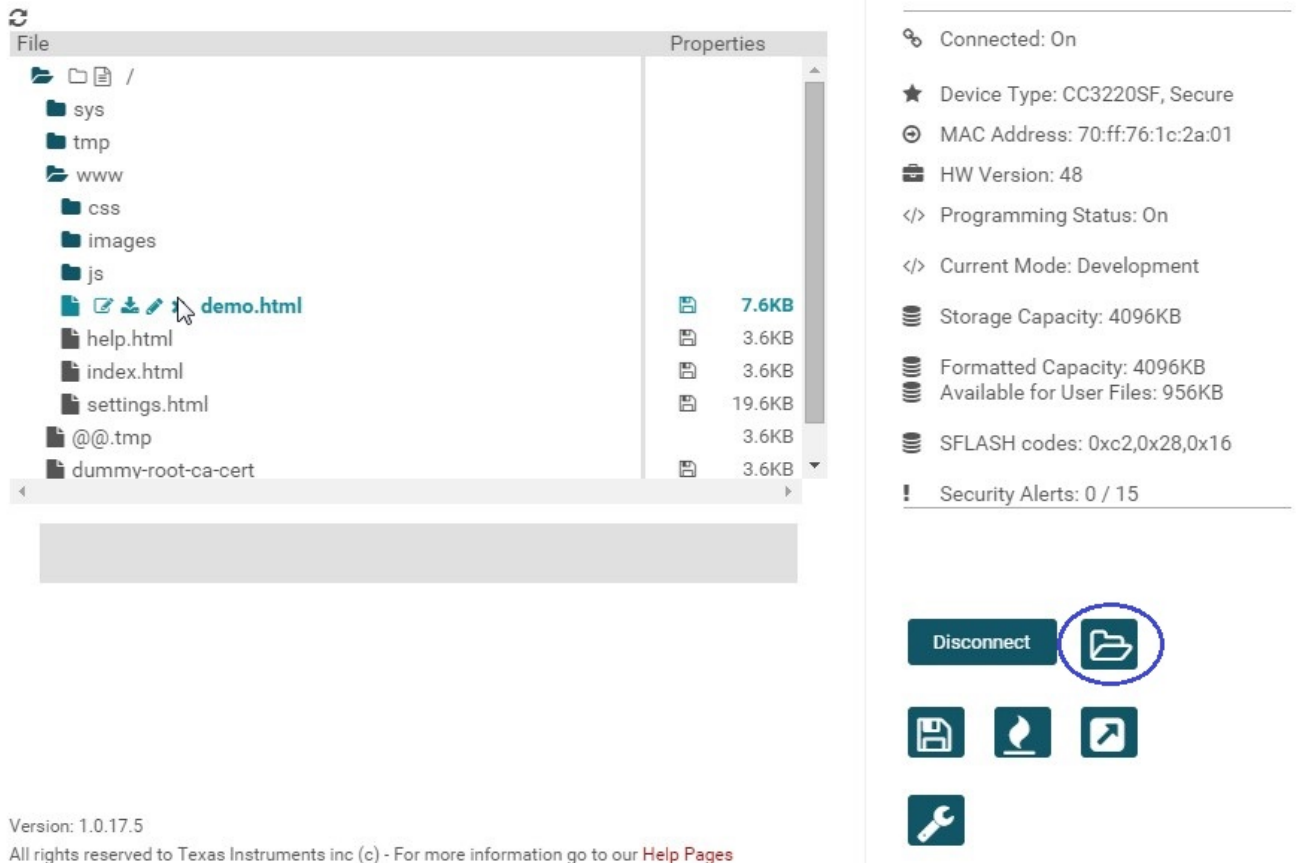
2.4.3.1 使用 UniFlash

2.4.3.1.1 监视存储故障（仅在工作模式下适用）

为使该选项正常运行，器件必须在开发模式下打开。所需操作仅为连接器件并单击文件列表按钮。

图 5 来自“开箱即用”项目并显示了文件列表（文件列表按钮以蓝色圆圈标记）。

Development Mode - Files > Device File Browser



Version: 1.0.17.5
All rights reserved to Texas Instruments inc (c) - For more information go to our [Help Pages](#)

图 5. UniFlash 文件列表

2.4.3.2 使用主机驱动程序 API

存储内容可通过主机驱动程序 API 实时监控。

适用于该用途的 API 共有两个：

- 文件列表界面显示既有文件信息和为每个文件分配的模块数。
- 获取存储信息命令包含有关器件使用情况的信息；它包含器件存储器使用情况、系统安全警报以及 FAT 访问次数等信息。

图 6 显示了通过文件系统 API 调用并在终端设备打印输出的开箱即用文件列表特性。列出了可通过执行 `sl_FsGetFileList()` API 调用的文件。

```

user@CC3220: fslist -lh
ca.der                               I           3K      0x020
/sys/mcubootinfo.bin                 3K      0x2d0
/www/demo.html                       7K      0x000
/www/help.html                       3K      0x000
/www/index.html                      3K      0x000
/sys/ipcfg.ini                       3K      0x040
/www/ota.html                        11K     0x000
/sys/stacfg.ini                      3K      0x040
/sys/pref.net                        7K      0x050
/sys/ap.cfg                          3K      0x040
/sys/mdns.cfg                        3K      0x040
/sys/dhcpsrv.cfg                    3K      0x040
/sys/mode.cfg                        3K      0x040
/sys/devname.cfg                    3K      0x040
/tmp/phy.cal                         11K     0x040
/www/settings.html                  19K     0x000
/sys/certstore.lst                   7K      0x2d0
/sys/servicepack.ucf                 131K    0x2d0
/sys/mcuflashing.bin                 179K    0x2d0
/sys/mcuflashinghash.bin             3K      0x070
/sys/factory.img                     1347K   0x070
/sys/ucf_signatures.bin              3K      0x060
/www/info.html                       15K     0x000
/www/css/style.css                   31K     0x000
/www/images/rotate360.jpg            1011K   0x020
/www/images/tilogo.gif               7K      0x000
/www/images/icons/help.png           3K      0x000
/www/images/icons/menu.png           3K      0x000
/www/images/icons/wireless.png       3K      0x000
/www/images/icons/wirelessfull.      3K      0x000
/www/js/jquery.min.js                83K     0x000
/www/js/scripts.js                   3K      0x000
/tmp/crashminidump.bin                27K     0x020

File properties flags description:
0x001 - Open file commit
0x002 - Open bundle commit
0x004 - Pending file commit
0x008 - Pending bundle commit
0x010 - Secure file
0x020 - No file safe
0x040 - System file
0x080 - System with user access
0x100 - No valid copy
0x200 - Public write
0x400 - Public read
    
```

图 6. 通过主机 API 列出文件

图 7 显示了通过文件系统 API 调用并在终端设备打印输出的开箱即用存储信息特性。存储信息可通过使用 SL_FS_CTL_GET_STORAGE_INFO 命令执行 sl_FsCtl() API 进行调用。

```

user@CC3220: fsdu
Total space: 4096K

Filesystem      Size      Used      Avail
User            4044K    3588K    456K
System          0K
Reserved        52K

Max number of files           : 240
Max number of system files    : 51
Number of user files          : 17
Number of system files       : 16
Number of alert               : 0
Number Alert threshold       : 3
FAT write counter            : 38
Bundle state                  : Stopped
    
```

图 7. 通过主机 API 获取存储信息

2.4.4 建议闪存容量

串行闪存的推荐大小由所有系统文件占用的存储空间以及启用恢复到出厂后的编程映像决定。

系统设计人员可选择保留整个存储空间或自定义仅保留所需空间。在后一种情况下，请特别注意，系统可能因无法保留充足空间而产生意外行为。

表 3 列出了在以下假设条件下所需的最低存储器占用空间：

- 使用的系统文件占用 64 个模块 (256KB)。
- 供应商文件不考虑在内
- MCU 代码作为 CC3220（启用故障安全功能）可能的最大容量，以便在未来进行更新（例如通过 OTA）。
- Gang 映像：
 - Gang 映像的存储四舍五入为 32 个块（即 128KB 分辨率）。
 - Gang 映像大小取决于所有组件的实际内容大小。服务包、系统文件和 32 块分辨率假设占用 256KB。
- 所有计算均视为启用恢复默认设置。

表 3. 建议闪存容量

元素	CC3120 [KB]	CC3220 [KB]	CC3220SF [KB]
文件系统分配表	20	20	20
系统和配置文件	256	256	256
服务包	264	264	264
MCU 代码	不适用	512 ⁽¹⁾	2048 ⁽¹⁾
Gang 映像大小	256	256 + MCU	256 + MCU
总计	796	1308 + MCU	2844 + MCU
最低闪存容量 ⁽²⁾	8Mb	16Mb	32Mb
建议闪存容量 ⁽²⁾	16Mb	16Mb	32Mb

⁽¹⁾ 包括故障安全。

⁽²⁾ 针对最大 MCU 容量。

修订历史记录

注：之前版本的页码可能与当前版本有所不同。

Changes from February 8, 2017 to February 27, 2017**Page**

-
- 已添加 列出了可通过执行 `sL_FsGetFileList()` API 调用的文件。 11
 - 已添加 存储信息可通过使用 `SL_FS_CTL_GET_STORAGE_INFO` 命令执行 `sL_FsCtl()` API 进行调用。 12
-

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