

---

---

## 从外部非易失性存储器（NVM）引导 SAMA5D2 MPU

---

---

### 简介

---

本文档将介绍基于 Arm® Cortex®-A5 的 SAMA5D2 微处理器（MPU）的引导过程。

与 MCU 不同，MPU 没有闪存，因此依赖于不同类型的外部非易失性存储器（Non-Volatile Memory, NVM）实现引导过程。

片上 ROM 包含一个用于启动在系统编程器的初始引导程序，该在系统编程器允许 PC 将用户应用程序装入 NVM 并设置引导过程。Microchip 的 SAM Boot Assistant（SAM-BA®）工具将用户应用程序写入外部 NVM 并设置引导过程，这些工具在 PC 上运行并通过 USB、RS-232 或 JTAG 链路连接到系统中的 SAMA5D2。

安全 SAM-BA 工具可用于使能和配置 SAMA5D2 上的安全引导模式，从而为引导链构建可信根。

最后，本文档将介绍引导支持的外部 NVM 类型，并讨论从外部 NVM 引导 SAMA5D2 MPU 的技术层面问题。

### 参考文档

---

文档类型	文档标题	文档编号	下载
数据手册	SAMA5D2 Series	DS60001476	<a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>

---

## 目录

---

简介.....	1
参考文档.....	1
1. ROM 代码的作用.....	3
1.1. 引导序列.....	4
1.2. SAM Boot Assistant (SAM-BA) 在系统编程器.....	5
1.3. 安全引导模式.....	5
2. 支持的外部非易失性存储器 (NVM) .....	6
2.1. SDCard/e.MMC 引导.....	6
2.2. 并行 NAND 闪存引导.....	7
2.3. SPI NOR 闪存引导.....	7
2.4. QSPI NOR 闪存引导.....	7
3. 版本历史.....	11
3.1. 版本 A——2017 年 12 月.....	11
Microchip 网站.....	12
变更通知客户服务.....	12
客户支持.....	12
Microchip 器件代码保护功能.....	12
法律声明.....	12
商标.....	13
质量管理体系.....	13
全球销售及服务网点.....	14

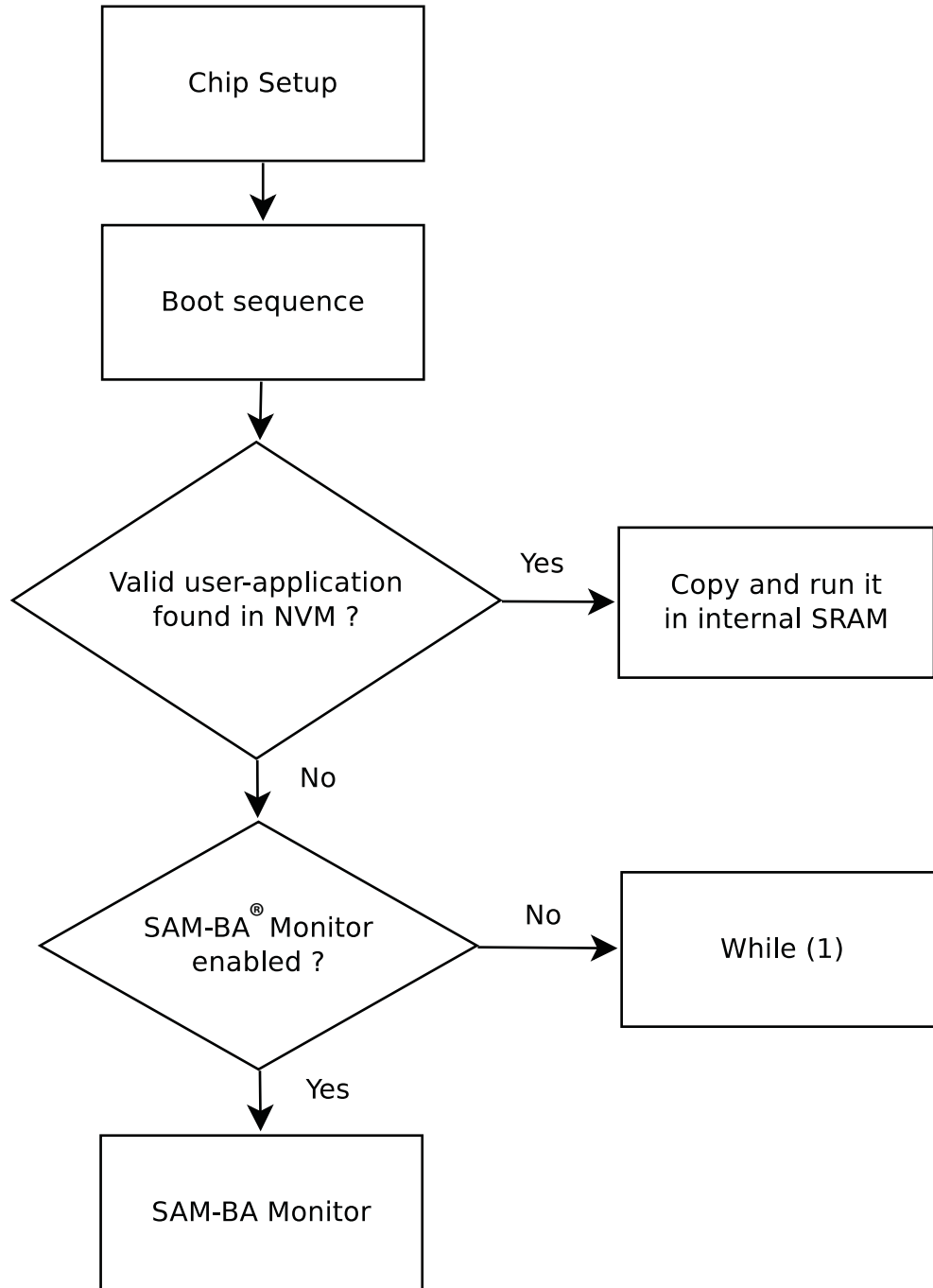
## 1. ROM 代码的作用

ROM 代码（或引导 ROM）是掩模型 ROM 的一小段，在上电或复位时执行，负责将用户应用程序或第二阶段自举程序从外部 NVM 装入内部 SRAM。此用户应用程序的大小受限，例如 SAM9x5 上限制为 24 KB，SAMA5Dx 产品上限制为 64 KB。装入内部 SRAM 中后，ROM 代码就会立即禁止它先前使能的所有外设时钟，将 PIO 复用设置回其复位状态，然后跳转到内部 SRAM 的地址，以便执行用户应用程序。

链接用户应用程序时应使其入口点位于内部 SRAM 的最开头。不过，在跳转到用户应用程序之前，ROM 代码还会在地址 0x0 处重新映射内部 SRAM。因此，内部 SRAM 可以在其常规地址（例如在 SAMA5D2 上的 0x00200000）处进行访问，并且也会在 0x0 处镜像。因此，当用户应用程序将其 Arm 异常向量表置于内部 SRAM 的最开头时，如果 Arm 内核需要访问这些向量，则在 0x0 处也能检测到它们。

Arm9 和 Cortex-A5 内核的第 6 个异常向量保留，ROM 代码使用此 32 位数据来存储用户应用程序。实际上，ROM 代码会尽快获取此值以确切了解应从外部 NVM 传输多少字节，而不是读取用户应用程序允许的最大大小，从而有助于加快引导过程。ROM 代码还会检查其他异常向量值，以确定能否将用户应用程序视为有效，或者是否应将其跳过。然后，ROM 代码会尝试从引导序列中的下一个外部 NVM 进行引导。

图 1-1. ROM 代码流程



## 1.1 引导序列

引导序列是嵌入式存储器控制器的有序列表，ROM 代码将通过该列表尝试进行引导。

对于 SAMA5D2 器件，此引导序列为：

1. SDMMC1
2. SDMMC0
3. SMC（静态存储器控制器）上的 NandFlash

4. SPI0
5. SPI1
6. QSPI0
7. QSPI1

根据产品的不同，可以调整引导序列。对于 SAMA5D2 器件，可以通过为引导配置字设置适当的值来禁止引导序列的每一步。有关详细信息，请参见 SAMA5D2 数据手册中的“Boot Configuration Word”部分。

如果找不到可引导的用户应用程序（例如在用户应用程序尚未写入外部 NVM 的工厂首次引导期间），则 ROM 代码将执行其 SAM Boot Assistant (SAM-BA) 监视器程序，该程序将反过来等待来自 SAM-BA 工具的连接。

## 1.2 SAM Boot Assistant (SAM-BA) 在系统编程器

SAM-BA 工具是在采用 Windows®或 Linux®操作系统的 PC 上运行的软件程序，这些工具通过 JTAG、USB 或 RS-232 连接和发送命令到 SAM-BA 监视器。此监视器是 ROM 代码的软件组件，旨在帮助客户将用户应用程序编程到支持的外部 NVM 中。SAM-BA 工具也可用于调整引导序列。常规 SAM-BA 工具是开源的，在 Microchip 网站上免费发布。另一组工具则重新组合为安全 SAM-BA 工具，仅在签署保密协议 (Non-Disclosure Agreement, NDA) 的条件下发布，并在使能 ROM 代码的安全引导模式时使用。

## 1.3 安全引导模式

安全引导模式扩展了 ROM 代码的引导过程，在引导链中增加了安全功能并创建了可信根。实际上，一旦使能安全引导模式，ROM 代码就需要对外部 NVM 中的用户应用程序进行加密和签名。

实际上，用户应用程序使用 AES-256-CBC 算法进行加密以实现机密性，并使用 AES-256-CMAC 或 RSA 算法进行签名以保证其完整性和真实性。

在安全 SAM-BA 工具的帮助下，客户和基于 SAM 的设备之间的共享机密信息（客户密钥）一次性写入熔丝或可一次性编程 (One Time Programmable, OTP) 存储器。

ROM 代码需要此客户密钥来解密用户应用程序。对于 AES-256-CMAC，客户密钥还用于验证签名。

一旦用户应用程序在内部 SRAM 中进行验证和解密，在执行用户程序之前，ROM 代码将驱动相关的熔丝或 OTP 控制器禁止进一步访问客户密钥，直到下一次复位。这样，以后便无法通过 SoC 中运行的软件提取客户密钥。

也可由客户使用安全的 SAM-BA 加密工具对客户密钥进行加密和签名。接下来，加密/签名的用户应用程序和客户密钥都将发送给负责生产基于 SAM 的客户电路板设计的第三方制造商。

然后，客户电路板的编程由第三方制造商在安全 SAM-BA 加载程序工具的帮助下完成。只有 ROM 代码能够解密并验证从安全 SAM-BA 加载程序工具接收的客户密钥。因此，第三方制造商或有权访问加密客户密钥的任何其他方均无法提取安全模型所依赖的明文客户密钥。

## 2. 支持的外部非易失性存储器（NVM）

### 2.1 SDCard/e.MMC 引导

SAMA5D2 器件可以从连接到 SDMMC0 或 SDMMC1 的 SDCard 或 e.MMC 存储器引导。虽然 SDMMC0 支持最高 x8 的总线宽度，SDMMC1 支持最高 x4 的总线宽度，但 ROM 代码仅通过 SDMMC\_DAT0 以 x1 的总线宽度传输数据。

ROM 代码还支持 e.MMC 引导分区。要从两个 e.MMC 引导分区之一引导，扩展 CSD 寄存器的字节 129 中的 BOOT\_PARTITION\_ENABLE 字段（bit[5:3]）必须设置为 0x1（使能引导分区 1 以进行引导）或 0x2（使能引导分区 2 以进行引导），并且 BOOT\_ACK 位（bit[6]）必须设置为 0x1（引导操作期间发送的引导应答）。此外，扩展 CSD 寄存器的字节 127 中的 BOOT\_BUS\_WIDTH 字段（bit[1:0]）应设置为 0x0（引导操作模式下为 x1 的总线宽度）。

ROM 代码首先检查是否已使能某个 e.MMC 引导分区。如果已使能，ROM 代码只读取已使能引导分区的前 64 KB。如果未在 e.MMC 上或在使用 SDCard 的情况下使能引导分区，则引导过程将继续进行标准 SDCard/e.MMC 检测。ROM 代码将在第一个分区的根目录中查找“boot.bin”文件，此文件必须使用 FAT12/16/32 文件系统格式化。

#### 2.1.1 SAMA5D2 MRL B

##### 2.1.1.1 已知限制

从任何 SDMMCx 控制器引导均会导致 SAMA5D2 MRL B 上非常不稳定，因此应将相应引导视为不起作用。

此限制是因用于卡检测引脚去抖的硬件延时增加，而导致在 SDMMC 报告引脚电平稳定之前发生超时。之后，ROM 代码可能会错误地认为没有插入卡，进而阻止其通过任何 SDMMCx 控制器引导。这种故障的发生概率与 12 MHz RC 频率的精度变化有关，后者驱动 CPU 时钟频率，进而驱动超时持续时间，而 SDMMC 使用另一个源时钟对去抖延时进行递减计数。

有关解决方法的信息，请参见 SAMA5D2 勘误表中的问题“ROM Code: SDMMC0 and SDMMC1 boot”。

此规避措施建议选择除 SDMMCx 以外的存储器控制器作为引导介质。

#### 2.1.2 SAMA5D2 MRL C

##### 2.1.2.1 管理 SDMMC0 和 SDMMC1 的卡检测引脚

ROM 代码在 GPIO 输入模式下配置卡检测引脚，并在测试卡检测引脚电平之前使能相关的内部上拉电阻，以决定是通过 SDMMC 控制器从 SDCard 还是 e.MMC 引导。与 SAMA5D2 MRL B 不同，ROM 代码忽略 SDMMC 执行的卡检测引脚去抖。

成功引导需要仔细处理卡检测引脚。如果卡检测引脚为低电平，则启动 SDCard/e.MMC 访问（IO 切换）。如果不是低电平，则不执行与 SDCard/e.MMC 的通信（无 IO 切换）。

简而言之：

- 如果 ROM 代码应从有效的 SDCard/e.MMC 引导，则卡检测引脚电平必须驱动为低电平。
- 否则，卡检测引脚电平必须驱动为高电平。

**注：**与 SAMA5D2 MRL B ROM 代码不同，如果对应卡检测引脚为低电平，则 SAMA5D2 MRL C ROM 代码将尝试先从 SDMMC1 再从 SDMMC0 引导，即使引导配置字中的 EXT\_MEM\_BOOT 位置 1 也是如此。

SAMA5D2 MRL C 部件中引入的这种更改允许客户在不使用 SAM-BA 工具的情况下从 SDCard 引导。

通过分别将引导配置字中的 bit[10]和 bit[11]置 1，可以禁止从 SDMMC0 和 SDMMC1 引导。如果通过将引导配置字的相关位置 1 来禁止从 SDMMCx 引导，则 ROM 代码不会尝试测试卡检测引脚的电平并忽略该存储器控制器。

不过，在使用 SAM-BA 将引导配置字的这些位或者其他位或字段置 1 之前，ROM 代码必须首先到达其 SAM-BA 监视器。



只要尚未在引导配置字中禁止从 SDMMCx 引导，下列行为模式便适用：

- 如果卡检测引脚驱动为低电平且找到有效的 SDCard/e.MMC，则 ROM 代码将从此 SDCard/e.MMC 引导，因此无法到达其 SAM-BA 监视器。
- 如果卡检测引脚驱动为低电平且 SDCard/e.MMC 以外的任何外设都连接到 SDMMCx 引脚，则 ROM 代码可能会陷入无限循环，这也会阻止它到达其 SAM-BA 监视器。

在设计基于 SAMA5D2 MRL C 的电路板或将现有设计从 SAMA5D2 MRL B 移植到 SAMA5D2 MRL C 时，必须考虑到这一点。

## 2.2 并行 NAND 闪存引导

ROM 代码仅支持连接到 SMC 的 8 位 NAND 闪存；无法在 16 位 NAND 闪存上引导。

虽然可以从符合 ONFI 标准的存储器的 ONFI 参数中检索某些 NAND 闪存参数和 ECC 要求，但我们还是强烈建议在 NAND 闪存的第一页开头写入特定的报头。此报头由一个 32 位字重复 52 次构成。ROM 代码将选择 52 个值中出现次数最多的 32 位字值。该 32 位字可精确编码存储器几何布局和 PMECC 初始化设置。有关该 32 位字的确切布局，请参见 SAMA5D2 数据手册中的“NAND Flash Boot: NAND Flash Detection”章节。

## 2.3 SPI NOR 闪存引导

如果 SPI NOR 闪存与 AT25、AT26 串行闪存或 AT45 DataFlash 存储器兼容，则 ROM 代码可以从连接到 SPI0 或 SPI1 的 SPI NOR 闪存引导。有关更多详细信息，请参见 SAMA5D2 数据手册中的“SPI Flash Boot”章节。

## 2.4 QSPI NOR 闪存引导

ROM 代码可以从连接到 QSPI0 或 QSPI1 的 QSPI NOR 闪存引导。



**重要：** 不支持 QSPI NAND 闪存。

### 2.4.1 SAMA5D2 MRL B

QSPI NOR 闪存的引导较早，因此在 MRL B 上受到限制。ROM 代码使用 9Fh SPI 命令读取 JEDEC ID。JEDEC ID 的第一个字节是制造商 ID。此制造商 ID 用作表中的索引，在 ROM 代码中经过硬编码，以检索从 QSPI NOR 闪存读取数据所需的参数。

仅支持三个制造商 ID：

- 01h（Spansion/Cypress）
- 20h（Micron）
- C2h（Macronix）

**注：** 其他制造商 ID 将被忽略。

ROM 代码会跳转到引导序列中的下一个 NVM。有关更多详细信息，请参见 SAMA5D2 数据手册的“MRL B 的 QSPI NOR 闪存引导”部分。

#### 2.4.1.1 已知限制

如果 SAMA5D2 复位时 QSPI NOR 闪存未处于上电复位状态，则 ROM 代码无法从该存储器进行引导。

当 QSPI NOR 闪存进入连续读取模式（XIP）后，会发生这种情况。

当存储器进入有状态的 4 字节地址模式后，也会发生这种情况，而无状态的 4 字节地址指令集则完全相反，后者由 128 Mb 以上的最新 QSPI NOR 闪存提供支持。ROM 代码假定 QSPI NOR 闪存尚未进入其连续读取模式，因此可以执行任何常规 SPI 命令，例如读 JEDEC ID (9Fh) 命令以及后跟一个 3 字节地址的快速读取四 I/O (EBh) 指令。

## 2.4.2 SAMA5D2 MRL C

### 2.4.2.1 QSPI NOR 闪存的软件复位

MRL B 中 ROM 代码的 QSPI 限制由以下因素确定：

1. 在 12 个 QSPI 时钟周期内将 4 个 I/O 线升至高电平
2. 发送软件复位命令序列 (66h 和 99h)

在发送任何其他 SPI 命令之前。

步骤 1 使 QSPI NOR 闪存退出其连续读取 (XIP) 模式 (与其制造商无关)，而步骤 2 恢复上电复位状态，进而退出有状态的 4 字节地址模式。

由于 ROM 代码在尝试复位该存储器时不了解 QSPI NOR 闪存的内部状态 (它是否已进入 SPI 4-4-4 模式)，ROM 代码首先将使用 SPI 4-4-4 协议发送复位命令序列 (66h 和 99h) 以强制退出 SPI 4-4-4 模式 (如果需要)，然后使用 SPI 1-1-1 协议发送相同的复位命令序列。如果 QSPI NOR 闪存尚未进入 SPI 4-4-4 模式，则应忽略第一个复位命令序列，因为它无法正确解码该序列。

图 2-1. SPI 4-4-4 中的复位命令序列

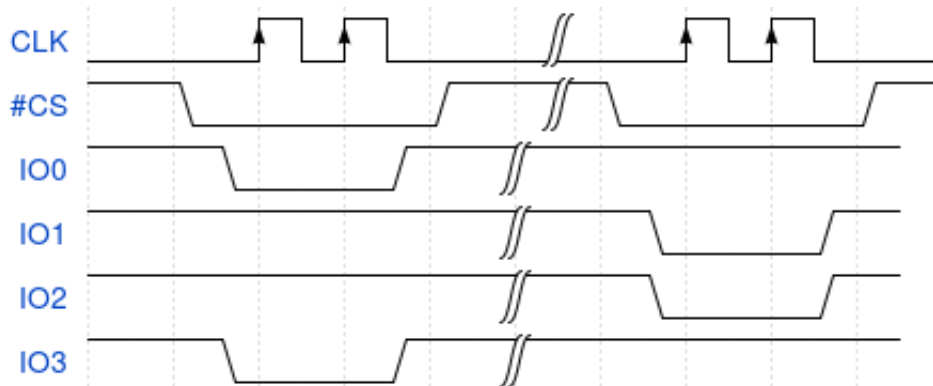


图 2-2. SPI 1-1-1 中的复位命令序列



### 2.4.2.2 探测读取参数

ROM 代码依赖于两种机制来探测连接到其 QSPI 控制器的任何(Q)SPI NOR 闪存。首先，ROM 代码尝试读取串行闪存可发现参数 (Serial Flash Discoverable Parameter, SFDP) 表，这些表在符合 JEDEC JESD216 规范的 QSPI NOR 闪存的 ROM 区域内进行硬编码，以了解从相应存储器读取数据所需的所有参数。

当且仅当 ROM 代码无法读取有效的 SFDP 表时，它才会自行回退到存储在 ROM 代码内的另一个硬编码表中。为限制此表在 ROM 代码中的大小，以下每个 JEDEC 制造商 ID 只有一组读取参数：

- 01h (Spansion/Cypress)
- 20h (Micron)
- C2h (Macronix)
- EFh (Winbond)
- 其他

**注：**与 MRL B 不同，SAMA5D2 MRL C 的 ROM 代码不再将 SPI 4-4-4 协议用于 Micron QSPI NOR 闪存；只有 SPI 1-yz 协议适用于所有存储器制造商。

有关读取参数的更多详细信息，请参见 SAMA5D2 数据手册中的“QSPI NOR Flash Boot for MRL C”章节。



### 2.4.2.3 将四路使能（QE）位置 1

对于几乎所有存储器制造商而言，QE 位是非易失性的，必须在执行任何需要 4 路 I/O 线的 SPI 命令之前置 1。这是 ROM 代码可在 QSPI NOR 闪存的内部寄存器中更改的惟一持久性设置。所有其他设置保持不变。

将此 QE 位置 1 的过程是制造商特定的，同一制造商的不同存储器型号之间也可能有所不同。

此外，ROM 代码首先检查 SFDP 表以找出正确的过程。如果没有找到 SFDP 表，则 ROM 代码将在其自己的硬编码表中查找以获得要执行的过程。

更准确地说，ROM 代码从基本闪存参数表（见 JEDEC JESD216B 规范）中读取 DWORD15 中的 bit[22:20]，然后选择并执行相关过程（如果有）以将 QE 位置 1。

### 2.4.2.4 已知限制

ROM 代码 SAMA5D2 MRL C 不能正确支持基本闪存参数表的 DWORD15 中 bit[22:20] 的值 001b 和 100b。因此，使用 SFDP 表中的上述值之一从存储器引导很可能失败。



此问题会阻止 ROM 代码使用已在 Microchip 中测试的所有 Winbond 存储器进行引导。

有关存储器制造商在 SFDP 表中编程的值的的信息，请参见存储器数据手册。

### 2.4.2.5 制造商（MRL C）支持的 QSPI 存储器

表 2-1. SAMA5D2 MRL C 测试和支持的 QSPI NOR 闪存（未完全列出）

制造商	存储器
Microchip (SST)	SST26VF080B
	SST26VF016B
	SST26VF032B
	SST26VF032BA
	SST26VF064B
Micron	N25Q128A13
	N25Q256A13
	N25Q512A13
	MT25QL01G

..... (续)	
制造商	存储器
Macronix	MX25V4035FM2I
	MX25V8035FM2I
	MX25V1635FM2I
	MX25L3233FM2I-08G
	MX25L3273FM2I-08G
	MX25L6433FM2I-08G
	MX25L6473FM2I-08G
	MX25L12835FM2I-10G
	MX25L12845GMI-08G
	MX25L12873GM2I-08G
	MX25L25635MZ2I-10G
	MX25L25645GMI-08G
	MX25L25673GMI-08G
	MX25L51245GMI-08G
	MX25L51245GMI-10G
MX66L1G45GMI-08G	
Spansion/Cypress	S25FL127 (仅限正常引导; XIP 失败)
	S25FL164
	S25FL512

### 3. 版本历史

#### 3.1 版本 A——2017 年 12 月

第一版。

---

## Microchip 网站

---

Microchip 网站 <http://www.microchip.com/> 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题（FAQ）、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

---

## 变更通知客户服务

---

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 <http://www.microchip.com/>。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

---

## 客户支持

---

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师（FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师（FAE）寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过以下网站获得技术支持：<http://www.microchip.com/support>

---

## Microchip 器件代码保护功能

---

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿意与关心代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

---

## 法律声明

---

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，否则在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

## 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、PrecisionEdge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Inc.在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 为 Microchip Technology Inc.在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc.的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2019, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4682-8

AMBA、Arm、Arm7、Arm7TDMI、Arm9、Arm11、Artisan、big.LITTLE、Cordio、CoreLink、CoreSight、Cortex、DesignStart、DynamiQ、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision 和 Versatile 是 Arm Limited（或其子公司）在美国和/或其他国家/地区的商标或注册商标。

## 质量管理体系

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
<b>公司总部</b> 2355 West Chandler Blvd. 钱德勒, 亚利桑那州 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: <a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a> 网址: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	<b>澳大利亚 - 悉尼</b> 电话: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> 电话: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> 电话: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重庆</b> 电话: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 东莞</b> 电话: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 广州</b> 电话: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> 电话: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特别行政区</b> 电话: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> 电话: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青岛</b> 电话: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> 电话: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 沈阳</b> 电话: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> 电话: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 苏州</b> 电话: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武汉</b> 电话: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> 电话: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 厦门</b> 电话: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> 电话: 86-756-3210040	<b>印度 - 班加罗尔</b> 电话: 91-80-3090-4444 <b>印度 - 新德里</b> 电话: 91-11-4160-8631 <b>印度 - 浦那</b> 电话: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> 电话: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 东京</b> 电话: 81-3-6880-3770 <b>韩国 - 大邱</b> 电话: 82-53-744-4301 <b>韩国 - 首尔</b> 电话: 82-2-554-7200 <b>马来西亚 - 吉隆坡</b> 电话: 60-3-7651-7906 <b>马来西亚 - 槟榔屿</b> 电话: 60-4-227-8870 <b>菲律宾 - 马尼拉</b> 电话: 63-2-634-9065 <b>新加坡</b> 电话: 65-6334-8870 <b>台湾地区 - 新竹</b> 电话: 886-3-577-8366 <b>台湾地区 - 高雄</b> 电话: 886-7-213-7830 <b>台湾地区 - 台北</b> 电话: 886-2-2508-8600 <b>泰国 - 曼谷</b> 电话: 66-2-694-1351 <b>越南 - 胡志明市</b> 电话: 84-28-5448-2100	<b>奥地利 - 韦尔斯</b> 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 <b>丹麦 - 哥本哈根</b> 电话: 45-4450-2828 传真: 45-4485-2829 <b>芬兰 - 埃斯波</b> 电话: 358-9-4520-820 <b>法国 - 巴黎</b> 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 <b>德国 - 加兴</b> 电话: 49-8931-9700 <b>德国 - 哈恩</b> 电话: 49-2129-3766400 <b>德国 - 海尔布隆</b> 电话: 49-7131-72400 <b>德国 - 卡尔斯鲁厄</b> 电话: 49-721-625370 <b>德国 - 慕尼黑</b> 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 <b>德国 - 罗森海姆</b> 电话: 49-8031-354-560 <b>以色列 - 若那那市</b> 电话: 972-9-744-7705 <b>意大利 - 米兰</b> 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 <b>意大利 - 帕多瓦</b> 电话: 39-049-7625286 <b>荷兰 - 德卢内市</b> 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 <b>挪威 - 特隆赫姆</b> 电话: 47-72884388 <b>波兰 - 华沙</b> 电话: 48-22-3325737 <b>罗马尼亚 - 布加勒斯特</b> 电话: 40-21-407-87-50 <b>西班牙 - 马德里</b> 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 <b>瑞典 - 哥德堡</b> 电话: 46-31-704-60-40 <b>瑞典 - 斯德哥尔摩</b> 电话: 46-8-5090-4654 <b>英国 - 沃金厄姆</b> 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
<b>亚特兰大</b> 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 <b>奥斯汀, 德克萨斯州</b> 电话: 512-257-3370 <b>波士顿</b> 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 <b>芝加哥</b> 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 <b>达拉斯</b> 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 <b>底特律</b> 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 <b>休斯顿, 德克萨斯州</b> 电话: 281-894-5983 <b>印第安纳波利斯</b> 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 <b>洛杉矶</b> 米镇维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 <b>罗利, 北卡罗来纳州</b> 电话: 919-844-7510 <b>纽约, 纽约州</b> 电话: 631-435-6000 <b>圣何塞, 加利福尼亚州</b> 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 <b>加拿大 - 多伦多</b> 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			