
针对 SAM L10 / SAM L11 的 UART 自举程序

简介

许多现代化的嵌入式系统需要更新应用程序映像，以修复错误或支持新功能。

本文档介绍了 SAM L10 和 SAM L11 器件 UART 自举程序的设计和操作。

目录

简介.....	1
1. 功能.....	3
2. 硬件配置.....	4
3. 进入方法.....	5
4. 器件配置（仅 SAM L11）.....	6
5. 自举程序命令.....	7
6. 响应代码.....	9
7. 编程算法.....	10
8. 与自举程序搭配使用的 PC 实用程序.....	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.....	13
商标.....	13
DNV 认证的质量管理体系.....	14
全球销售及服务网点.....	15

1. 功能

以下是 UART 自举程序的功能：

- 小尺寸（1 KB）
- 使用 UART Rx 和 Tx 引脚以及自举程序进入（Bootloader Entry）引脚
- 可自行更新
- 使用 CRC32 进行可选映像验证
- 提供可按用户要求定制的源代码

2. 硬件配置

自举程序使用的 UART 引脚取决于器件类型，如下表所示。

表 2-1. 硬件配置

器件	UART Tx	UART Rx	进入引脚
SAM L10	PA16	PA17	PA19
SAM L11	PA16	PA17	PA19

自举程序进入引脚是一个低电平有效的引脚。在自举程序开始运行时，对引脚的值进行采样。虽然在对引脚进行采样之前会使能内部上拉电阻，但建议在外部上拉自举程序进入引脚以提高抗噪声能力。

自举程序使用的 UART 设置为 115200 8,N,1。

3. 进入方法

自举程序可通过多种方式调用：

1. 如果应用程序闪存区没有有效的固件，则自举程序会自动运行。如果第一个字不是 `0xFFFFFFFF`，则会将该固件视为有效固件。通常，该字包含初始堆栈指针值，因此第一个字永远不会是 `0xFFFFFFFF`，除非器件被擦除。
2. 如果自举程序开始运行时，自举程序进入引脚的值较小，则自举程序按外部请求运行。

外部复位优先于任何其他进入方法。

4. 器件配置（仅 SAM L11）

必须在执行自举程序之前清除用户行位 RXN（永不执行 RAM），因为自举程序从 RAM 中运行以便自行更新。

5. 自举程序命令

所有自举程序命令都采用同一通用格式，如下表所示。

表 5-1. 自举程序命令

命令 ID	保护值	数据 0	...	数据 N
1 字节	4 字节	4 字节	...	4 字节

数据字的数量和含义因命令而异。所有数据必须采用小尾数法（LSB 优先）格式发送。

保护值必须是 0x2b620bc3 常数值，以便对虚假命令提供额外保护。

命令帧中所有字节的发送间隔不能大于 100 ms。在 100 ms 的空闲时间之后，将丢弃不完整的命令，自举程序返回并等待接收新的命令 ID。如果存在同步丢失的问题，此行为允许主机重新进行同步。

自举程序可以识别以下命令：

1. Unlock (0xA0)
2. Data (0xA1)
3. Verify (0xA2)
4. Reset (0xA3)

Unlock 命令必须在第一个 Data 命令发出之前发出，包含以下有效载荷：

- 数据 0——起始偏移量
- 数据 1——映像大小

起始偏移量是指从闪存开始算起的偏移量。要升级自举程序，必须将该值设置为零。

应用程序的映像偏移与器件有关，有效值列在下表中。映像偏移必须与擦除单元大小的边界对齐，该边界也与器件有关。映像大小必须以擦除单元字节为增量。

表 5-2. 应用程序映像偏移的有效值

器件	应用程序偏移（字节）	擦除单元大小（字节）
SAM L10	1024	256
SAM L11	1024	256

Data 命令用于发送映像数据，并包含以下有效载荷：

- 数据 0——起始偏移量
- 数据 1 至数据 N——映像数据（擦除单元大小字节）

起始偏移量必须位于之前通过 Unlock 命令解锁的区域。任何尝试在解锁区域之外进行写入的请求都会产生错误，且会丢弃所提供的数据。

该自举程序支持同时写入闪存和接收下一个数据块。一旦第一个数据块的状态码返回，就会发送下一个数据块。

由于会出现此行为，因此将最后一个数据块写入闪存之前，需要发送最后一个数据块的状态码。若要确保写入此数据块，主机必须发送另一个命令并等待响应。因此，必须在最后一个数据块之后发送 Verify 或 Reset 命令。

如果使用 `Verify` 命令并且不需要实际验证，必须将 `Verify` 命令的字段设置为至少包含一个擦除单元大小字节块，可以将映像 CRC 设置为 0。在这种情况下，将报告 `CRC Fail` 状态，可能会忽略此安全状态。

`Verify` 命令用于验证映像数据，并包含以下有效载荷：

- 数据 0——CRC32 期望值

映像 CRC 是标准 IEEE CRC32，其多项式为 0xEDB88320。

编程后，会根据从闪存中读取的值计算内部 CRC，因此该命令会进行全面验证。映像 CRC 计算会在之前解锁的区域上进行。

`Reset` 命令用于退出自举程序并运行应用程序，除了使用自举程序进入引脚进入自举程序的情况。在这种情况下，完成编程后，必须将进入引脚值设置为高电平，且必须进行硬件复位才能运行应用程序。

`Reset` 命令包含以下有效载荷：

- 数据 0 — 任意值 0
- 数据 1 — 任意值 1
- 数据 2 — 任意值 2
- 数据 3 — 任意值 3

提供的任意值将传递到 SRAM 前四个存储单元处的应用程序。

6. 响应代码

自举程序会发送单字符响应代码以响应每个命令。在收到上一个命令的响应代码之后或者若超过 100 ms 未响应，可发送后续命令。

以下是可能采用的响应代码：

- OK (0x50) — 已成功接收和处理命令
- Error (0x51) — 处理命令期间出错
- Invalid (0x52) — 收到无效命令
- CRC OK (0x53) — CRC 校验成功
- CRC Fail (0x54) — CRC 校验失败

7. 编程算法

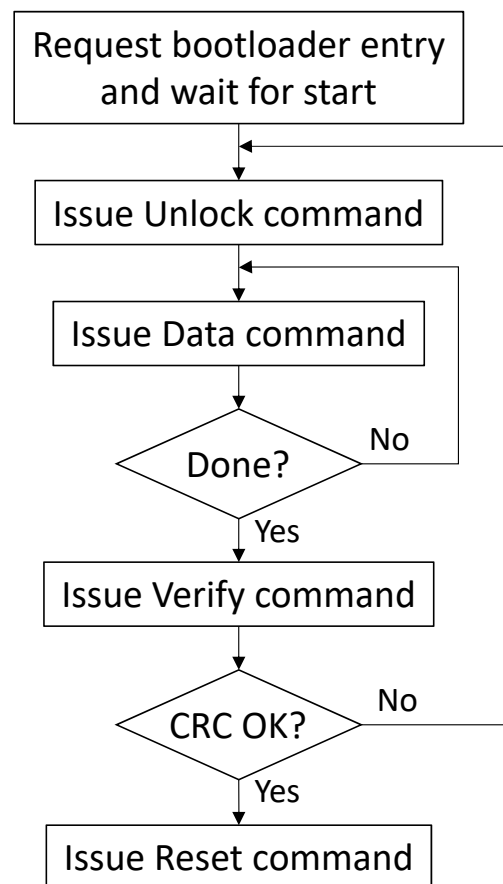
发出每个命令后，主机至少等待 100 ms 才能收到响应代码。如果在此期间没有收到响应代码，则该命令可视为丢失并且可能再次重复执行该命令。

主机控制器必须执行以下操作才能更新固件：

1. 请求自举程序进入。
2. 等待至少 5 ms 以启动自举程序。
3. 使用所需的映像参数发出 Unlock 命令。
4. 使用应用程序数据发送 Data 命令。
5. 重复第 4 步，直到传输完整映像。
6. 发出 Verify 命令，并检查响应代码。
7. 如果 Verify 命令中提供了有效 CRC，但响应代码不是 CRC OK，请从第 3 步开始进行重复更新。
8. 发出 Reset 命令。

下图中对该算法进行了说明。

图 7-1. 编程算法



8. 与自举程序搭配使用的 PC 实用程序

作为更新实用程序，`boot.py` 用于获取映像并通过串行端口上传，其语法如下：

选项：

```
-h, --help          显示此帮助消息并退出
-v, --verbose       使能详细输出
-i PATH, --interface=PATH  通信接口
-f FILE, --file=FILE    要编程的二进制文件
-o OFFS, --offset=OFFS   目标偏移（默认值为 0x400）
--boot              使能对自举程序区域的写操作
```

示例调用：

```
python boot.py -v -i COM12 -f test_app_l10.bin -o 0x400
```

如果映像的偏移量小于自举程序大小，则`--boot` 是必选项。这是为了避免自举程序区域意外重写而提供的额外保护。

注： 除 Python 软件外，还需要 `pySerial` 模块才能访问串行端口。

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

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、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 及 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、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、motorBench、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.、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 及 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 是 Microchip Technology Inc. 在其他国家或地区的注册商标。

GestIC 是 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在其他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, 美国印刷, 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-3900-4

DNV 认证的质量管理体系

ISO/TS 16949

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC[®] MCU 和 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®]跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器及模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 1-480-792-7200 传真: 1-480-792-7277 技术支持: http://www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 檳榔嶼 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4450-2828 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-67-3636 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 赖阿南纳 电话: 972-9-744-7705 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-7288-4388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 乔治亚州 电话: 1-678-957-9614 传真: 1-678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 1-512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 1-774-760-0087 传真: 1-774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 1-630-285-0071 传真: 1-630-285-0075 达拉斯 艾迪生, 德克萨斯州 电话: 1-972-818-7423 传真: 1-972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 1-248-848-4000 休斯敦, 德克萨斯州 电话: 1-281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 1-317-773-8323 传真: 1-317-773-5453 电话: 1-317-536-2380 洛杉矶 米申维耶霍, 加利福尼亚州 电话: 1-949-462-9523 传真: 1-949-462-9608 电话: 1-951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 1-919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 1-631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 1-408-735-9110 电话: 1-408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 1-905-695-1980 传真: 1-905-695-2078			