



复旦微电子

FM33FT0xxA

Flash 擦写/编程应用注意事项

应用笔记

V1.0.0



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。

在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必将所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。

未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站(<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。



目录

1 简介	2
2 Flash 功能概述	2
2.1 存储空间	2
2.2 擦除	2
2.3 编程	3
3 Flash 时钟源	3
3.1 数据总线时钟	3
3.2 Flash 擦写/编程时钟	3
3.3 Flash 读取时钟	4
4 Flash 擦写/编程的解锁与锁定流程	4
5 Flash 擦写/编程时刻用户程序延迟	6
6 Flash 擦写/编程时刻避免发生复位	7
7 Data Flash 应用注意事项	8
7.1 ECC	8
7.2 Data Flash 工具擦写	8
版本信息	9
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心	10



1 简介

本文件包含了用户嵌入式软件在设计对 FM33FT0xxA 单片机 Flash 执行擦写和编程功能时所应遵守的设计事项。

本文件所描述的用户嵌入式软件是在 FM33FT0xxA 单片机上运行的。

2 Flash 功能概述

2.1 存储空间

Code Flash: 128KBytes (FM33FT02xA)、256KBytes (FM33FT04xA)、
384KBytes (FM33FT05xA)

Data Flash: 8KBytes

Flash Page: 512Bytes

Flash Sector: 2048Bytes

2.2 Data Flash

FM33FT0xxA 包含 8KB Data flash, 擦写寿命可达 50 万次, 读取的时钟频率必须小于 12.5MHz (80ns)。CPU 不能同时访问 Code Flash 和 Data Flash, 只能分时访问。CPU 对 Data Flash 只能进行数据访问, 不能执行取指操作 (XN 属性), 对 Data Flash 的取指操作将触发 HardFault。

上电后默认主频为 8MHz 的情况下可以实现 Data Flash 单周期访问, 当主频提高后, 软件必须正确配置 Data Flash Wait Cycle 来保证正确的读取 Data Flash。

注意 Data Flash 被逻辑映射到 0xA000 0000 位置。

2.2 擦除

Code Flash 支持页擦、扇区擦和全擦, 其中全擦仅支持 SWD 接口。

Data Flash 支持页擦、扇区擦。

2.3 编程

仅支持字写，即每次操作编程 32bits，Flash 编程地址按 unsigned long 宽度对齐。

单次编程：可由嵌入式软件发起，逐字编程。

连续编程：可通过 DMA(主端)的 Memory 通道一次向 Flash 写入 256Bytes(half page)，即预先对目标 RAM 填充 256Bytes 数据，然后由 DMA(主端)的 Memory 通道按逐字方式对 Flash 实现连续编程，Flash 目标编程地址也必须是 half page 对齐的。

注意 Code Flash 和 Data Flash 编程功能一致。

3 Flash 时钟源

3.1 数据总线时钟

- 用于访问 Flash 擦写控制寄存器的总线时钟，涉及如下寄存器：
Flash 擦写控制寄存器 (FLS_EPCR)、Flash Key 输入寄存器 (FLS_KEY)、Flash 中断使能寄存器 (FLS_IER)、Flash 标志寄存器 (FLS_ISR)；
- 时钟源为 AHB(Advanced high-performance BUS)总线时钟，无需再分频；
- 在时钟管理单元(CMU)外设总线时钟控制寄存器 2(CMU_PCLKCR2)配置时钟使能；

5	NVM_PCE	Flash 擦写控制器总线时钟使能，高使能
---	---------	-----------------------

- 在擦写/编程功能完成后及时时钟禁止，以提高程序的鲁棒性；

注：AHB 时钟也为 CPU 提供时钟。

3.2 Flash 擦写/编程时钟

- 用于执行 Flash 擦写/编程的时钟；
- 工作时钟源硬件固定为 RCHF，支持 8M、16M 和 24M，因此执行擦写/编程功能前，必须使能 RCHF，且目标频率的配置不得大于 24M；

19:16	FSEL	RCHF 频率选择寄存器 0000: 8MHz 0001: 16MHz 0010: 24MHz 0011: 32MHz 其他: RFU
-------	------	--



- 在时钟管理单元 (CMU) 外设工作时钟配置寄存器 3 (CMU_OPCCR3) 配置时钟使能;

30	FLASHCKE	Flash 擦写时钟使能, 高有效
----	----------	-------------------

- 在擦写功能完成后及时时钟禁止, 以提高程序的鲁棒性。
- Flash 擦写/编程时钟使用 RCHF 时钟, 但 CPU 时钟可以是任意时钟。

3.3 Flash 读取时钟

- 用于 CPU 向 Flash 取指 (仅 Code Flash) 和读取数据的时钟, 时钟源是 CPU 时钟;
- Flash 的访问速度是有限制的, 当 CPU 时钟频率过高时软件必须通过 Flash 读取控制寄存器 (FLS_RDCR) 正确配置 Flash Wait Cycle 来保证正确的读取 Flash:

Code Flash 读等待周期配置 (Wait Cycles):

- CPU 主频小于等于 24MHz 时, 不需要开启 wait;
- CPU 主频大于 24MHz 小于等于 48MHz 时使能 1 wait

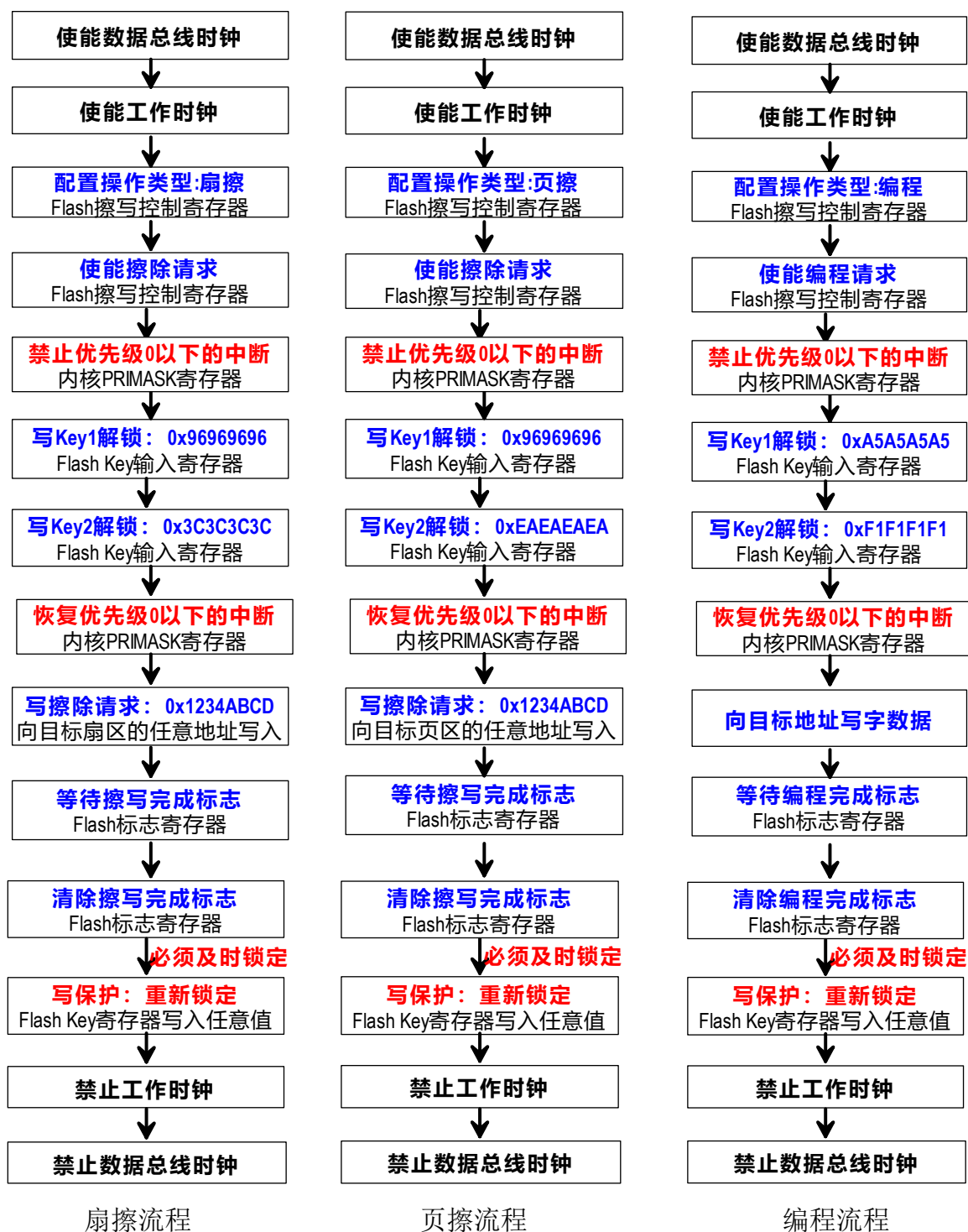
Data Flash 读等待周期配置 (Wait Cycles):

通过配置 wait 个数对 CPU 时钟进行预分频, 确保访问 Data Flash 的时钟小于等于 12.5MHz (80ns)。比如当 CPU 时钟为 24MHz, 对应时钟周期为 41.6ns, 则读取 Data Flash 至少需要 2 个周期, 可以配置 Wait Cycles 为大于等于 1 的数 (实际分频为 Wait Cycles+1)。

4 Flash 擦写/编程的解锁与锁定流程

Flash 作为 Code 或 Data 存储介质, 对擦写/编程有非常严格的解锁/锁定流程, 用户程序设计编程/擦写功能时, 应严格遵循芯片流程。

擦写/编程流程见下图:



图一 Flash 擦写/编程操作流程

设计注意事项:

- 擦写/编程的是一个完整的流程，中间严禁插入其他功能代码。
- 编程功能，成功解锁后：
一次写多字时，可以逐字写，无需重复解锁，但每个字均需重复编程使能，且不允许跨页，写完后及时锁定。
一次写单字时，写完后也需及时锁定，即使上层应用使用 for 循环调用该 API。
- 扇擦、页擦、编程每个功能完成后都应及时锁定，如未锁定且操作类型改变后，例如编程后未及时锁定，此时又执行页擦功能，则会产生 Key 错误，导致后续 Flash 擦写/编程均无法成功，需单片机复位才重新释放，但对取指及读无影响。

5 Flash 擦写/编程时刻用户程序延迟

CPU 通过 AHB 总线对 Flash 访问，当 CPU 对 Flash 执行擦写/编程操作时刻，Flash 外设数据总线被占用，读取即取指操作将会暂停，直至硬件的擦写/编程完成。

关于线程任务:

- 采用非 DMA 模式时，对用户程序无影响，因为软件流程设计为流水线模式，前一个功能完成后再执行下一个功能。
- 采用 DMA 模式连续编程时，CPU 和 DMA 共属主端，当访问同一个外设时，由 BusMatrix 仲裁优先级，如 DMA 抢占成功且正在执行 Flash 编程时，由于 Flash 外设数据总线被占用，CPU 会暂时停止取指，因此用户线程任务的执行会有延迟。

关于中断服务:

- 如向量表定义在 Flash 区，软件或 DMA(仅编程)对 Flash 执行擦写/编程时，由于 Flash 外设数据总线的占用，中断服务函数响应会有延迟。

综上所述，用户对于处理时间比较关键的程序(如高频率高精度的定时中断响应等)，应了解该延迟的存在，并做出对应的处理措施。

可行措施与应用场景强相关，且方法较多，如擦写/编程与关键任务的时序调整等。本文档在此处描述一种可通用的措施之一：对处理时间比较关键的程序或中断，可将执行代码或中断向量表定义到 RAM 中，此时 Flash 的擦写/编程操作不会影响 CPU 到 RAM 的取指。

执行 Flash 擦写/编程时，Flash 外设会根据当前 RCHF 实际频率值来产生相应的计时长，即不同频率值其需要的时长是一样的，这由 Flash 的物理介质决定，具体值如下：扇擦时长：4ms ~ 5ms

页擦时长：1ms ~ 1.25ms

字写时长：6us ~ 7.5us

注：Flash 擦写/编程时钟使用 RCHF 时钟，但 CPU 时钟可以是任意时钟。

6 Flash 擦写/编程时刻避免发生复位

如在对 Flash 执行擦写/编程时刻发生全局复位，则会对 Flash 的机器码或数据产生极其严重且不可预知的后果（如误改变 Flash 机器码数据等），因此如用户软件使用到 Flash 擦写/编程功能，用户有责任对软件执行如下排查，且是强制要求：

- 执行 Flash 擦写/编程时刻，不会存在看门狗复位的可能性；
- 执行 Flash 擦写/编程时刻，不会存在 NRST 被拉低复位的可能性；
- 执行 Flash 擦写/编程时刻，如系统电源掉电，软硬件方面有机制确保不会与 BOR/PDR 下电复位发生冲突；

在此类问题中，容易出现问题的应用场景主要集中于终端产品电源掉电过程中，用户程序正对 Flash 执行擦写/编程功能时，单片机 BOR/PDR 掉电复位电路监测到电压低于复位阈值时产生全局复位，从而导致对 Flash 数据产生极其严重且不可预知的后果，作为厂商的专业建议是使用电源电压监测模块(SVD)与 BOR 下电复位电路进行配合工作，其工作逻辑关系严格遵循《FM33 系列 MCU 上下电处理注意事项》应用笔记。

7 Data Flash 应用注意事项

7.1 ECC

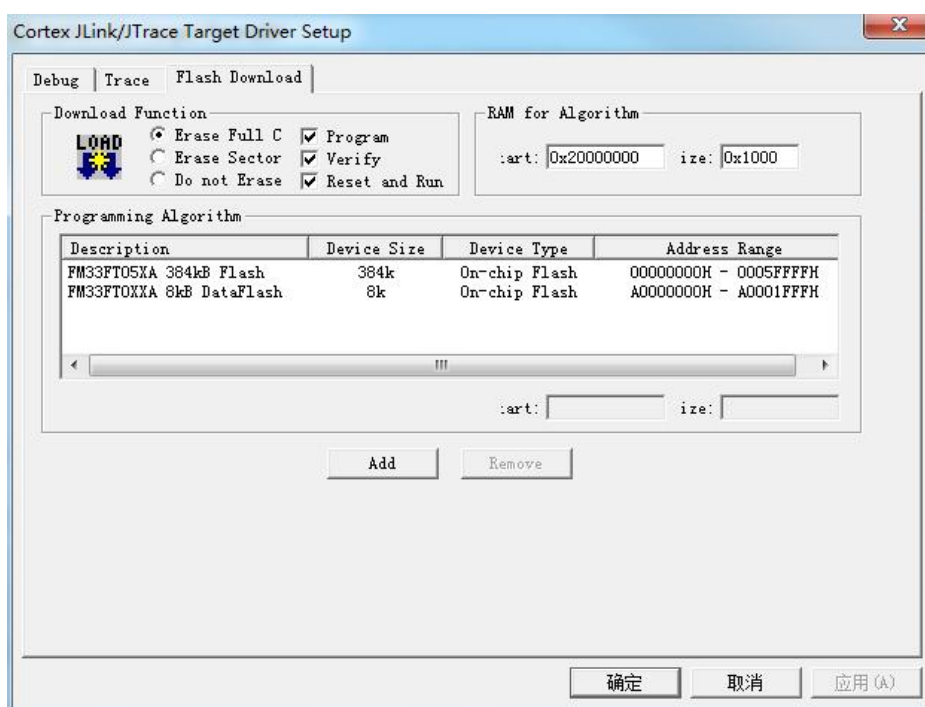
FM33FT0xxA 的 Code Flash 和 Data Flash 各自有独立的 ECC 使能；上电复位后 Data Flash ECC 默认使能，Code Flash ECC 默认关闭。

如 ECC 使能，用户软件或仿真器（如 Keil Memory 窗口）读取 Flash 擦写后但未编程过的数据时，会产生 Flash ECC 检错标志，从而进入 NMI_Handler 异常服务函数。

因上电复位后 Data Flash ECC 默认使能，因此用户软件需注意处理，如不使用 ECC 功能则可以先禁止 Data Flash ECC 再读取 Data Flash 数据，如需使用 ECC 功能则需确保软件或仿真器（如 Keil Memory 窗口）不读取未编程过的 Data Flash 数据。

7.2 Data Flash 工具擦写

如用户使用 Keil 工具开发，则可通过 IDE 工具对 Data Flash 执行擦写，配置示意图如下：



注意必须选择全擦，以及同时添加 Code Flash 和 Data Flash 的编程算法。



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0.0	2022.12	首次发布



上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址：上海市国泰路 127 号 4 号楼

邮编：200433

电话：(86-021) 6565 5050

传真：(86-021) 6565 9115

上海复旦微电子（香港）股份有限公司

地址：香港九龙尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室

电话：(852) 2116 3288 2116 3338

传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室

邮编：100007

电话：(86-10) 8418 6608

传真：(86-10) 8418 6211

深圳办事处

地址：深圳市华强北路 4002 号圣廷苑酒店世纪楼 1301 室

邮编：518028

电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611

传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室

电话：(886-2) 7721 1889

传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：237, Alexandra Road, #07-01, The Alexcior, Singapore 159929

电话：(65) 6472 3688

传真：(65) 6472 3669

北美办事处

地址：2490 W. Ray Road Suite#2 Chandler, AZ 85224 USA

电话：(480) 857-6500 ext 18

公司网址：<http://www.fmsk.com/>