



复旦微电子

FM33LC0XX

低功耗系列MCU

应用笔记

Bootloader 在线升级

AN001

V1.0



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。

联系方式:

电表产品应用:

邢杰: xingjie@fmsh.com.cn TEL: 13916427310

陈钊: chenzhao@fmsh.com.cn TEL: 18616125501

水气热表及智能家居:

朱发旺: zhufawang@fmsh.com.cn TEL: 17749796664

王晓腾: wangxiaoteng@fmsh.com.cn TEL: 13585663727

超高频 900M 及物联网相关:

王晓腾: wangxiaoteng@fmsh.com.cn TEL: 13585663727

王天纵: wangtianzong@fmsh.com.cn TEL: 18221803903

资料下载及交流:

开发者论坛: <http://www.fmdevelopers.com.cn>



目录

1 说明	1
2 原理	1
2.1 背景	1
2.2 功能描述	1
2.3 原理图	2
3 实现方法	2
3.1 普通本地上电通信升级程序	3
3.1.1 bootloader 功能使用步骤	4
3.1.2 bootloader 示例代码实现	4
3.2 参考例程使用说明	5
3.2.1 如何将普通用户程序修改为可以 bootloader 的用户程序	5
3.2.2 如何合并 bootloader 程序和用户程序	6
3.2.3 Keil 的 bootloader 的 16k 如何修改为 32k	7
3.2.4 IAR 的 bootloader 的 16K 修改为 32K	8
3.2.5 PC 软件修改	10
4 使用方法	11
5 注意事项	13
5.1 软件设计	13
附录	15
1 FLASH 寄存器结构	15
2 FLASH 擦写库函数	15
3 FLASH 函数库	15
版本信息	19
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务网点	20



表格目录

表 3-1: bootloader 文件说明	3
------------------------------	---

图片目录

图 2 - 1: 程序存储空间结构框图.....	2
图 3 - 1: bootloader 升级示例	3
图 3 - 2: bootloader 程序升级流程图	5
图 3 - 3: bootloader 参考例程使用说明	6
图 3 - 4: bootloader hex 合并.....	6
图 3 - 5: 修改 define_all.h 文件.....	7
图 3 - 7: 修改配置向量文件.....	8
图 3 - 8: 修改 define_all.h 文件.....	8
图 3 - 9: 修改链接控制文件.....	10
图 3 - 10: 修改配置向量文件.....	10
图 4 - 1: bootloader 下载软件	12
图 4 - 2: bootloader 示例说明	12
图 4 - 3: 示例程序 Demov1.1 板硬件连接图.....	13

1 说明

本文档为 FM33LC0xx 系列低功耗 MCU 的应用笔记,用于说明 bootloader 的原理和方法。FM33LC0xx 系列是复旦微电子公司开发的低功耗 MCU 芯片,请联系复旦微电子公司提供更多相关文档支持设计开发。

2 原理

2.1 背景

很多客户生产的模块,因功能的改变或 bug 修正等等原因,需要重新编程。但使用外部编程器又比较麻烦,因为有可能涉及到打开模块带来的不确定后果,或者已经安装不方便碰触。这时候,可以使用 bootloader 功能,通过串口等通信接口远程实现对产品重新编程、在线升级。本文档将简单讲一下原理与实现方法。

2.2 功能描述

bootloader 是在单片机上电启动时执行的一小段程序,只是一段程序(可以通过编程器预先下载到 FLASH),其大小可以是任意的。默认的大小是 16KByte,也可以改成 8K、32K 等等(bootloader 大小的修改时,需要对应用代码起始位置的调整,避免下载应用代码时,将 bootloader 代码信息擦除)。bootloader 程序最必要的功能是负责对 MCU 固件的更新,也就是 MCU 自己给自己下载程序。在实际的 MCU 项目中,如果加入了 bootloader 功能,就可以为单片机日后升级程序留出一个接口,方便为 MCU 程序更新。当然,需要创建两个项目工程,一个是 bootloader 工程,一个是 app 工程。具有 bootloader 功能的 MCU,在上电运行时,若检测到应用程序升级,则会擦除应用区程序代码(不会擦除自身代码),然后更新应用,跳转至应用代码区,运行更新后的应用程序;若未检测到应用程序升级,则会直接跳转至应用代码区,执行原应用程序。

2.3 原理图

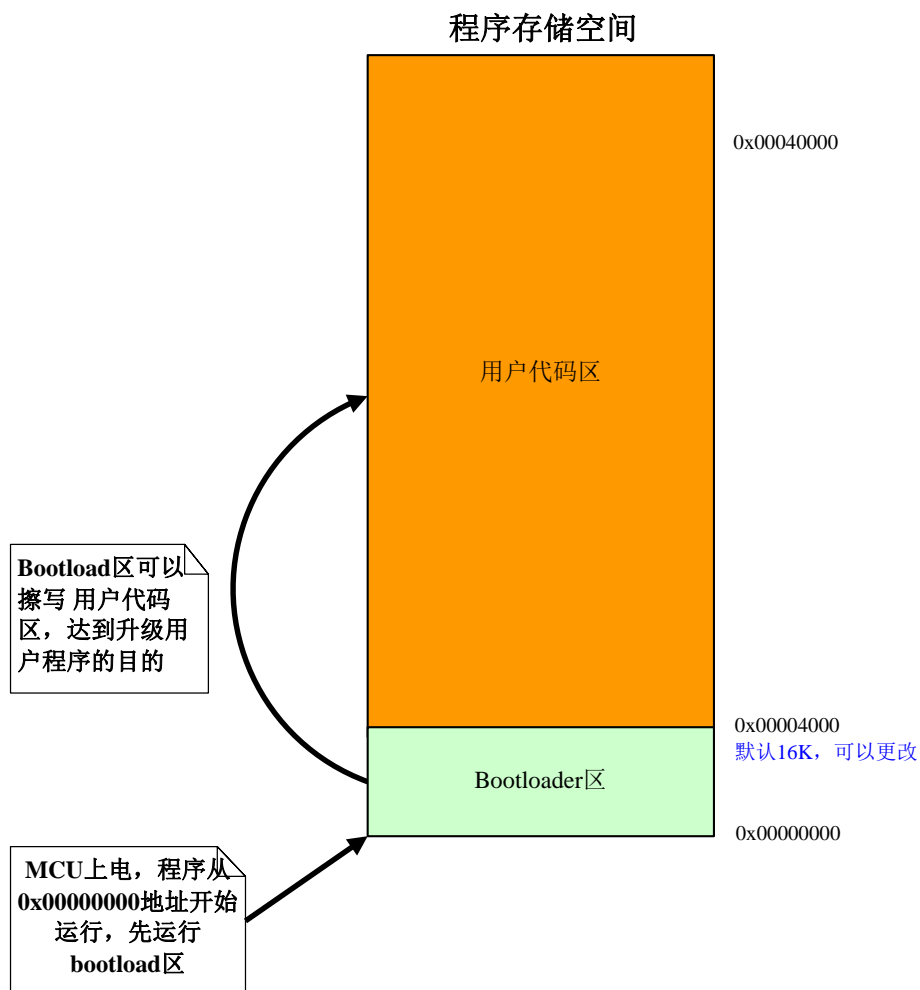


图 2 - 1：程序存储空间结构框图

3 实现方法

用于升级程序的 bootloader，具有多种实现方式，比较常见的有：普通本地上电通信升级程序、上电引脚选择通信升级程序、远程通信备份升级程序。本文以普通本地上电通信升级程序为例，介绍 Bootloader 在线升级的实现方法。

3.1 普通本地上电通信升级程序

普通本地上电通信升级程序，就是在通过上电后一段时间内，MCU 端不断查询通信口状态，若接收到升级通信数据帧信息，建立通信，准备升级程序，升级完成后，跳转至应用代码代码处运行；否则若在指定时间内未接收到升级通信数据帧信息，则直接跳转至应用代码处进行运行。

针对 FM33LC0XX 系列芯片的 bootloader 升级，提供了相关 bootloader 升级示例资料。

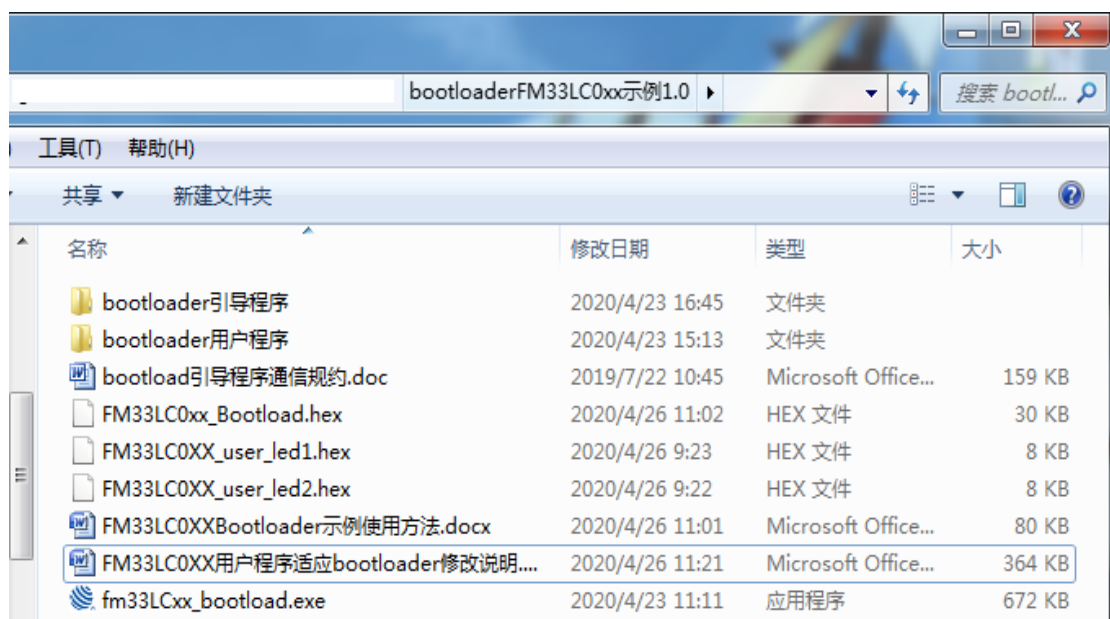


图 3 - 1: bootloader 升级示例

表 3-1: bootloader 文件说明

<bootloader 引导程序>	文件夹是 bootloader 程序的工程，编译出的 hex 就是 flash 前 16K bootloader 代码。hex 代码名字是 “FM33LC0XX_bootload.hex”
<bootloader 用户程序>	文件夹是 bootloader 用户程序的工程，编译出的 hex 就是 flash 16K 后的用户代码。hex 代码名字是 “FM33LC0XX_user_led.hex”
<bootload 引导程序通信规约.doc>	bootload 引导程序与 PC 端约定的升级通信规约

<FM33LC0XXBootloader 示例使用方法.docx>	bootload PC 端软件的使用说明
<FM33LC0XX 用户程序适应 bootloader 修改说明.docx>	如果将普通用户程序,修改成可以用于 bootload 升级的代码.
<fm33Lx_bootload.exe>	bootload PC 端软件
<FM33LC0XX_user_led1.hex>	bootload 用户升级程序 闪灯 LED1
<FM33LC0XX_user_led2.hex>	bootload 用户升级程序 闪灯 LED2

3.1.1 bootloader 功能使用步骤

(1)首先将 bootloader 程序“FM33LC0XX_bootload.hex”写入 FM33LC0XX 芯片,可通过编程器或仿真器写入。

(2) bootloader 程序在上电的前一秒,会在 UART0(PA13,PA14), UART1 (PB13, PB14), UART4(PB2,PB3)接收通信报文,如果接收到 PC 发来的配置帧报文,则程序进入到 bootloader 状态,并将整个用户区擦除。随后接收升级程序报文,将升级程序逐一写入用户区。最后接收验证报文。如果验证通过,跳转到用户程序,完成升级。

3.1.2 bootloader 示例代码实现

实现 bootloader 升级功能,MCU 主要需要使用三个外设:定时器、UART 和 FLASH。

定时器用于 bootloader 检测应用程序是否升级的计时,在计时时间内若未收到在线升级的命令时,应直接跳转至应用程序代码处执行;若收到在线升级的命令时,应先完成在线升级,再跳转至应用程序代码处执行。

UART 用于 PC 端 bootloader 上位机下载软件通信,传输 FLASH 操作相关命令并传输待升级应用程序的文件信息。MCU 与 PC 上位机软件进行应用升级通信时,相关通信命令,可以根据业务需要自行定制。

FLASH,即存储应用信息的存储器。在 bootloader 在线升级中,MCU 需要根据 bootloader 升级相关的命令,对 FLASH 进行擦除、读写相关操作(删除旧应用程序文件,存放新应用程序文件)。

bootloader 程序升级示例程序流程图如图 3-2 所示。

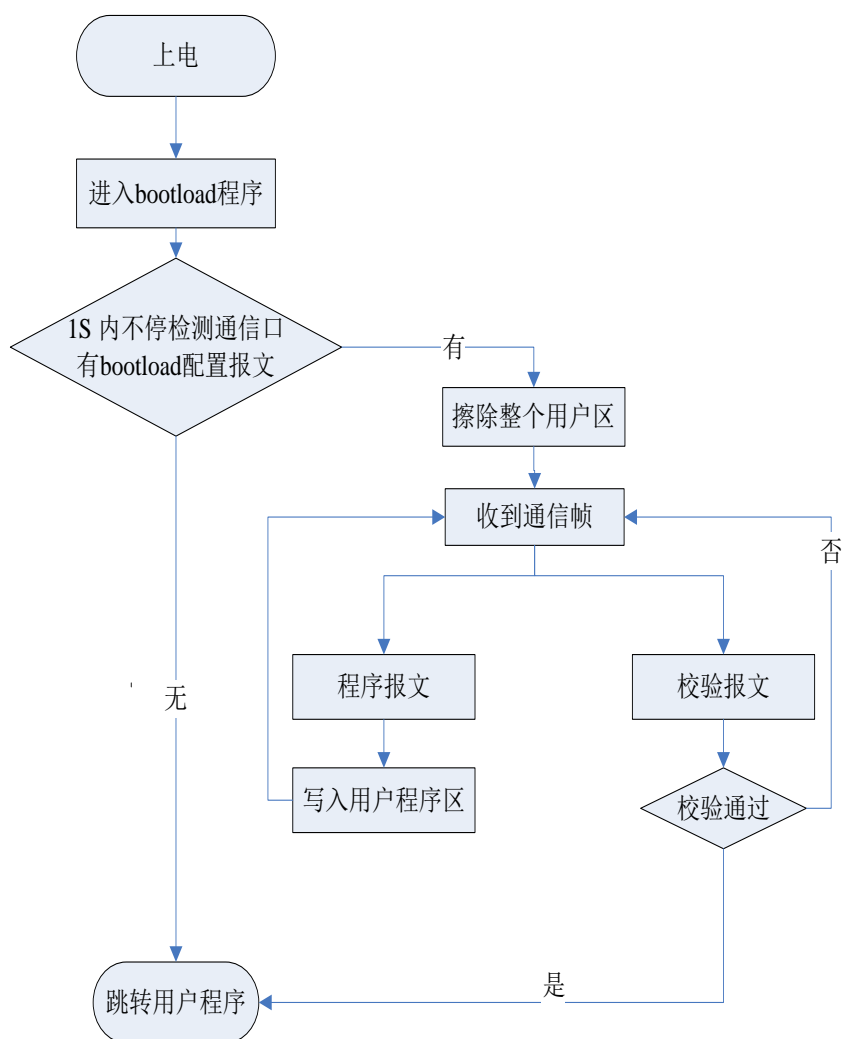


图 3 - 2: bootloader 程序升级流程图

3.2 参考例程使用说明

3.2.1 如何将普通用户程序修改为可以 bootloader 的用户程序

参看文档《FM33LC0XX 用户程序适应 bootloader 修改说明.docx》。

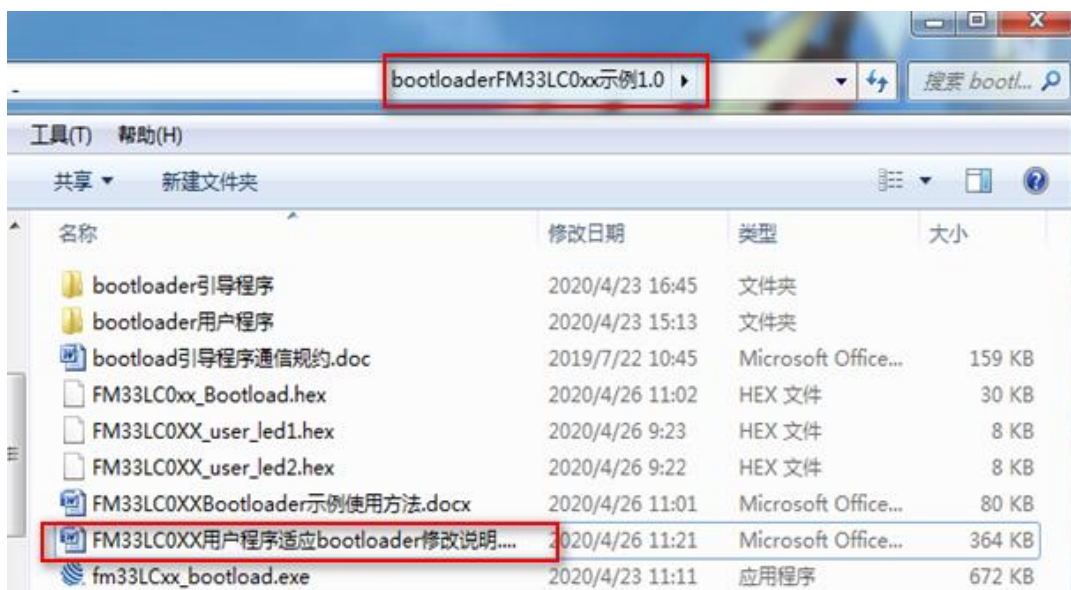


图 3 - 3: bootloader 参考例程使用说明

3.2.2 如何合并 bootloader 程序 and 用户程序

将<用户程序>与<引导程序>（地址不重复，不相互覆盖）打开，将<用户程序>替换<引导程序>最后一句，中间不留空行，这样的合成的 HEX 可以直接使用。

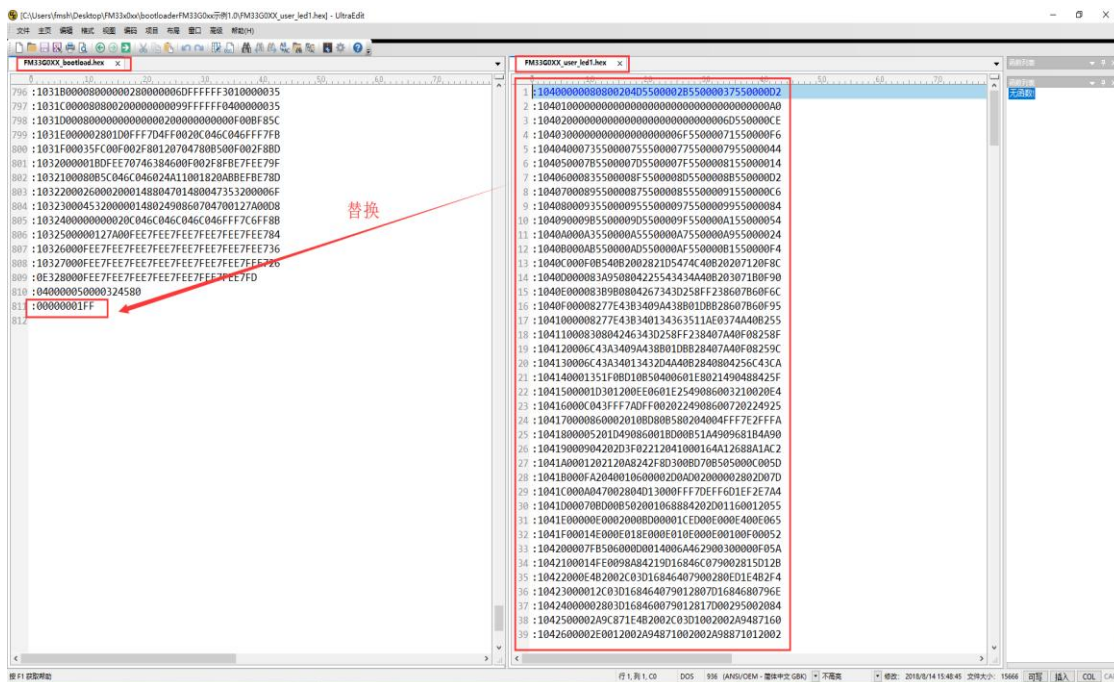


图 3 - 4: bootloader hex 合并

3.2.3 Keil 的 bootloader 的 16k 如何修改为 32k

bootloader 16K 代码不够用怎么办，是否可以改成 32K，下面介绍如何将 16K 改为 32K 时需要修改哪些地方。

3.2.3.1 bootloader 引导程序需要修改的地方

- 1、define_all.h 文件中的 APPLICATION_ADDRESS 0x4000 改为 0x8000。
- 2、根据芯片型号选择程序空间地址。

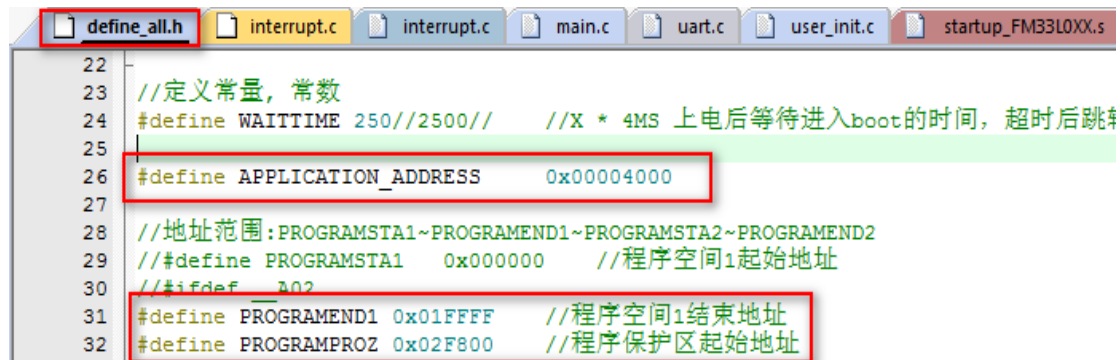
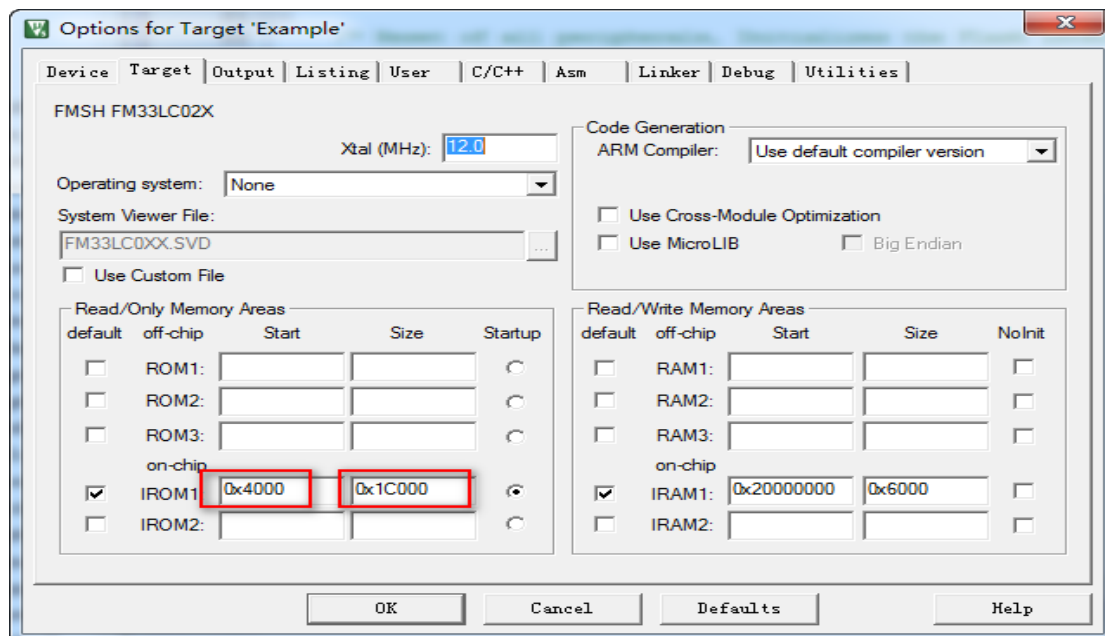


图 3-5: 修改 define_all.h 文件

3.2.3.2 用户程序需要修改的地方

修改 rom 分配：打开设置，将 0x4000 改为 0x8000。长度为 FLASH 大小减去 boot 区长度



3.2.3.3 配置向量表偏移量寄存器

0x4000 改为 0x8000。

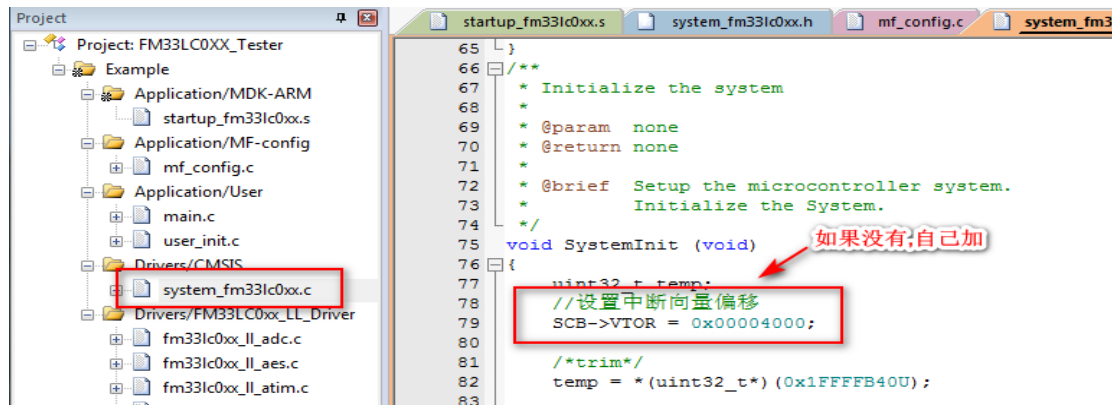


图 3 - 6: 修改配置向量文件

3.2.4 IAR 的 bootloader 的 16K 修改为 32K

bootloader 16K 代码不够用怎么办，是否可以改成 32K，下面介绍如何将 16K 改为 32K。需要修改哪些地方。

3.2.4.1 bootloader 引导程序需要修改的地方

- 1、define_all.h 文件中的 APPLICATION_ADDRESS 0x4000 改为 0x8000。
- 2、根据芯片型号选择程序空间地址。

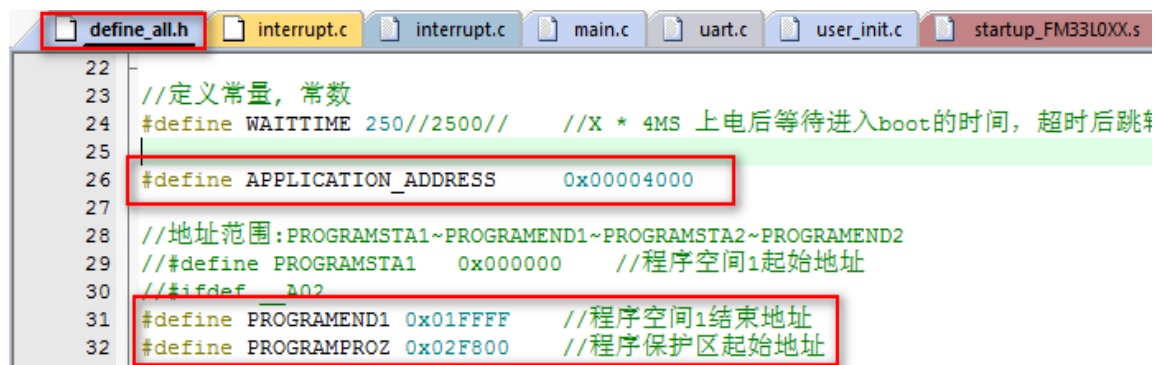


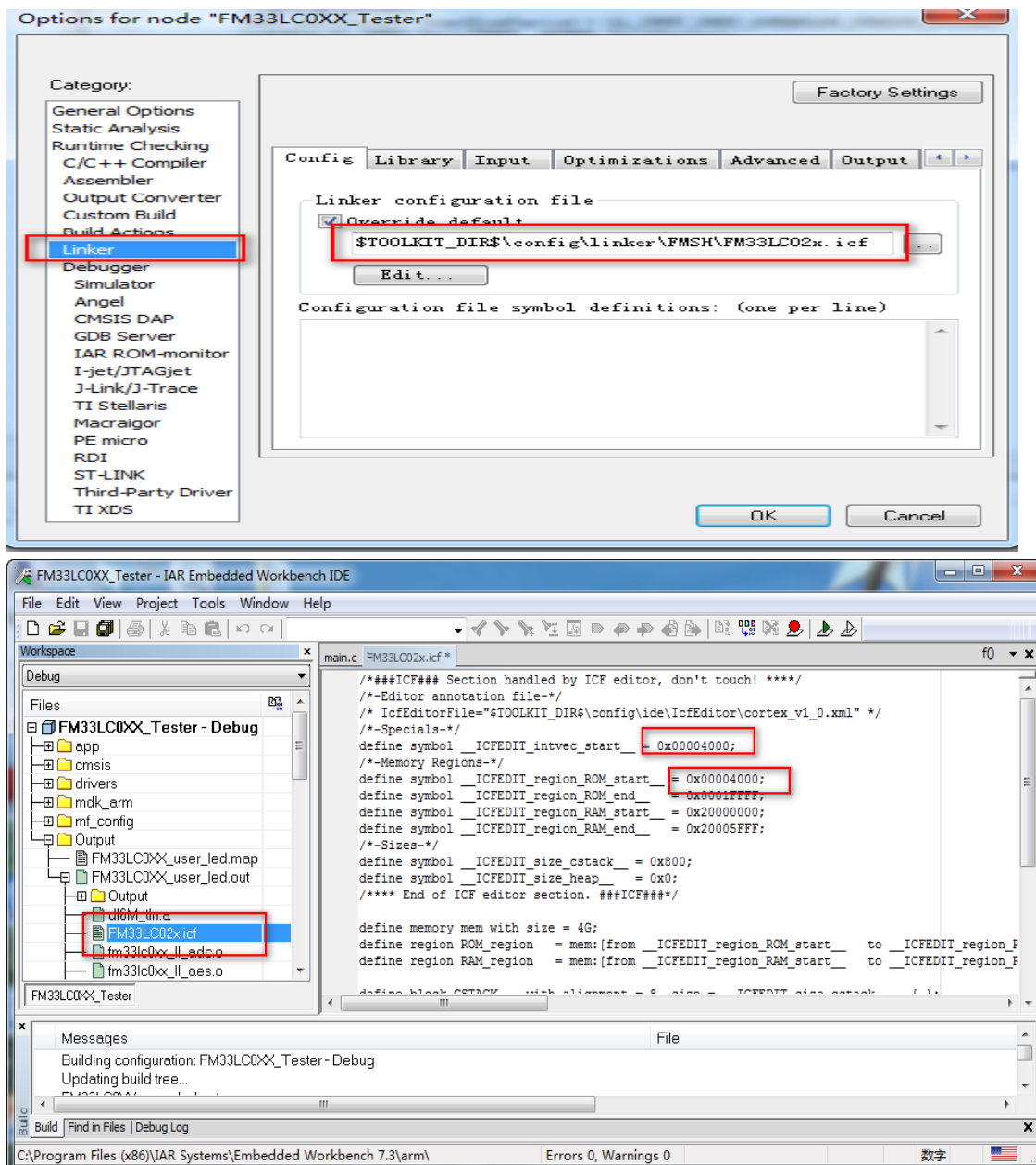
图 3 - 7: 修改 define_all.h 文件

3.2.4.2 用户程序需要修改的地方

修改链接控制文件。App 程序需要存储在 boot 程序后面的 flash 空间中，所以要修改连接控制文件（.icf），让连接器把 App 程序分配到 0x4000 地址开始的空间中，具体操作如图所示：

(1) 修改第 5 行的中断向量起始地址为 0x00008000。

(2) 修改程序空间起始地址为 0x00008000。



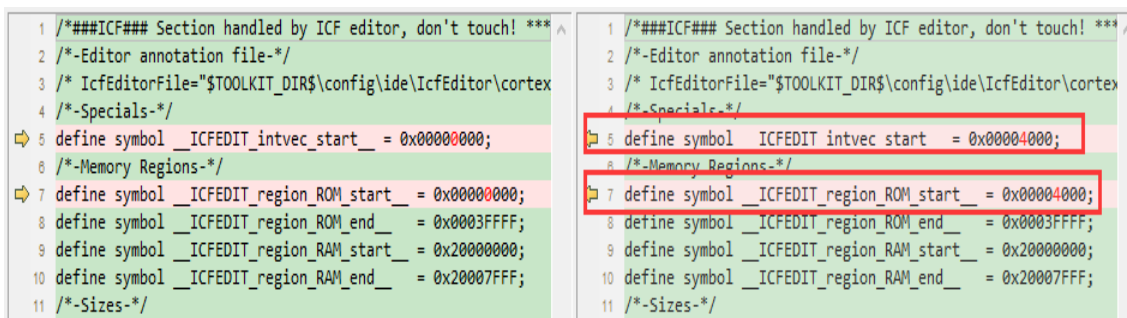


图 3 - 8：修改链接控制文件

3.2.4.3 配置向量偏移量寄存器

0x4000 改为 0x8000。

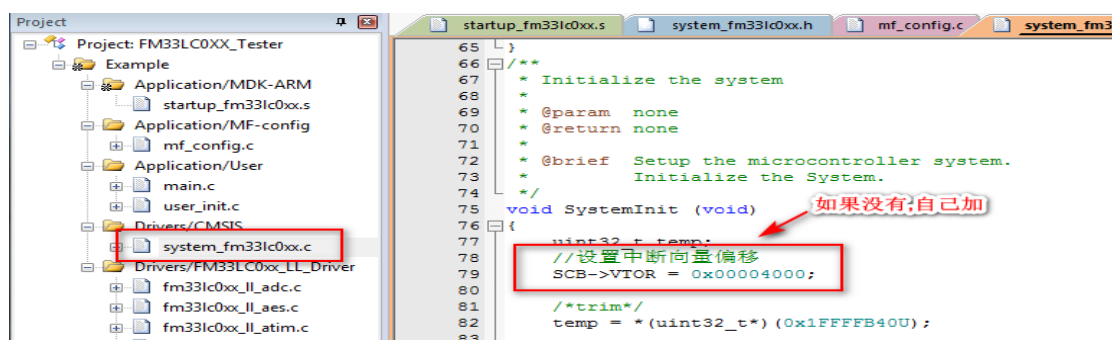


图 3 - 9：修改配置向量文件

3.2.5 PC 软件修改

请联系我们软件人员或销售人员，获取相应的 bootloader PC 软件原程序。

4 使用方法

bootloader 示例程序支持 UART0(PA13,PA14), UART1 (PB13, PB14), UART4(PB2,PB3)三路串口进行升级, 默认通信参数 115200bps, 无校验。

芯片复位后 bootloader 程序会等待 1 秒时间, 如果 1 秒内收到了升级命令, 就会进入升级模式开始接收和处理来自上位机的命令和数据。如果复位后 1 秒内没有收到升级命令, 就跳转到用户程序 (PC 端上位机启动下载后, 会不断发送启动升的数据帧, 建议先启动 PC 端上位机下载, 再复位 MCU 启动 bootlaoder 升级)。

使用流程如下:

- 将 bootloader 的 hex 程序下载到目标芯片 (使用编程器烧录至 Flash 中);
- 连接好 PC 机和目标芯片的通信 UART 口 (现支持 3 串口, 可以根据需要修改, 注意 Tx、Rx 管脚连接并共地);
- 打开 bootloader 上位机程序 (与 bootloader 配套使用的升级 hex 文件烧写工具);
- 选择用户 APP 的 hex 程序 (用户 APP 程序需做两处修改, 具体见《FM33LC0XX 用户程序适应 bootloader 修改说明》);
- 选择匹配的串口参数 (默认 115200, 无校验);
- 点击 bootloader 上位机程序中的下载按钮;
- 复位目标芯片, 开始下载, 等待下载完成 (flash 擦除、hex 烧写, 下载完成均有日志提示)。

点击下载之后 bootloader 上位机程序会不断通过串口发送握手帧, 得到目标芯片的正确应答后先擦除芯片中的用户程序, 再下传新的用户程序, 下载完成后会自动开始运行新的程序。

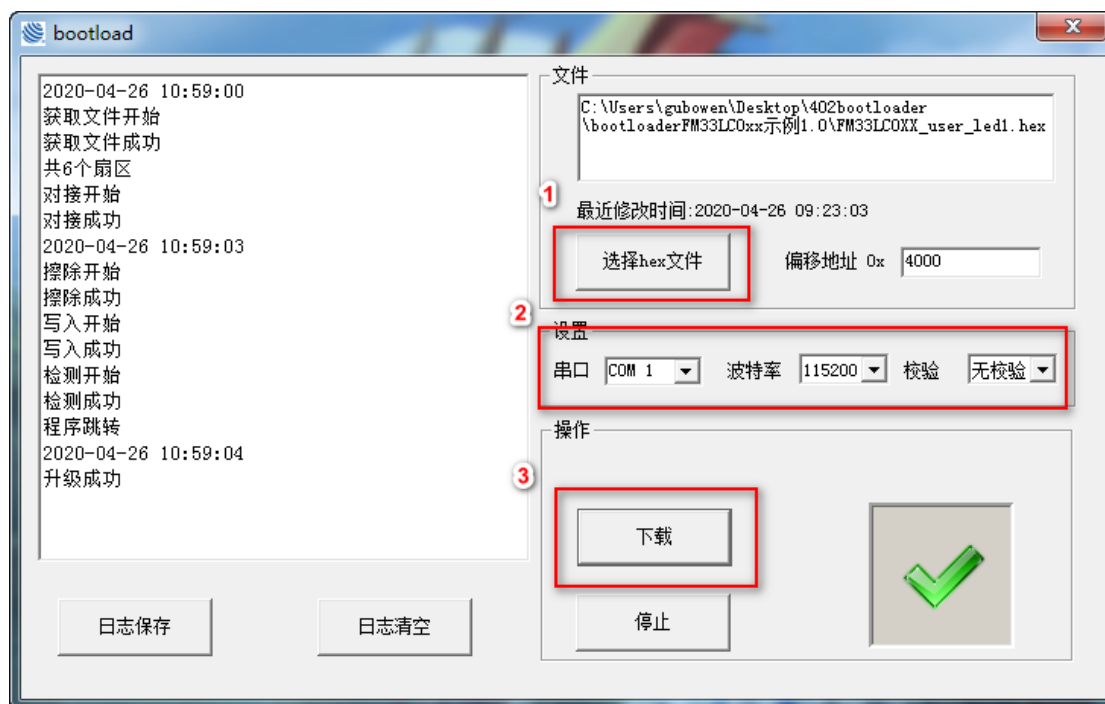


图 4 - 1: bootloader 下载软件

下载成功后，会在 bootloader 上位机日志显示处看到“升级成功”的字样，在上位机的右下角，可以看到绿色的对号标记。

按照使用说明，可以在 demo 板上验证相关功能。

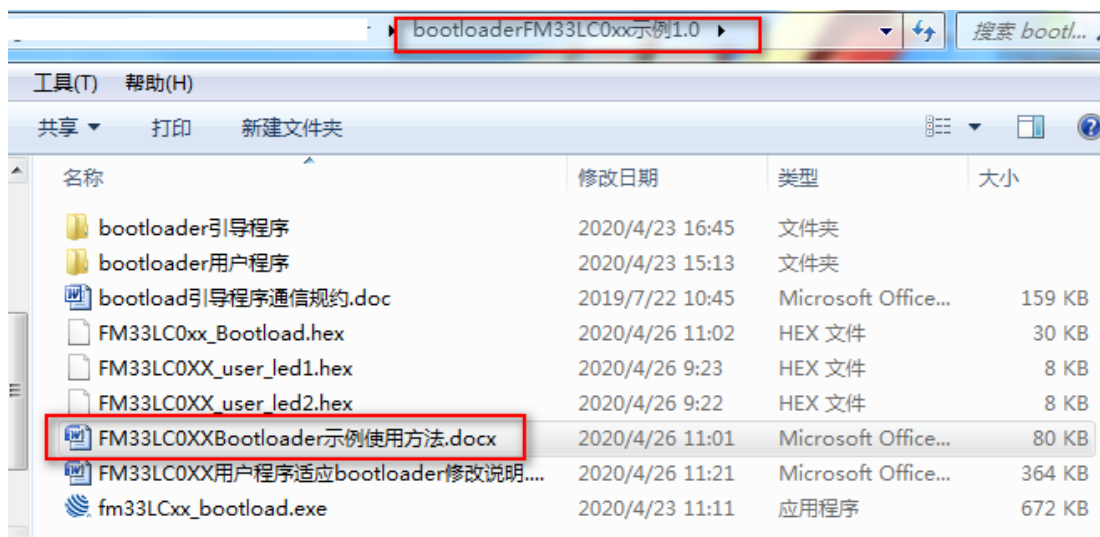


图 4 - 2: bootloader 示例说明

以 Demo v1.1 开发板为例，在验证 bootloader 功能时，1：电流测试口短接跳线帽，（注意连接）；在 bootloader 代码示例中，提供了两个应用代码测试使用，两个示例程序分别翻转 LED1 与 LED2，使用 Demo v1.1 开发板时，可以将 2 处跳线帽短接，可以通过 LED 闪烁情况判断 bootloader 下载的应用代码是否运行；示例 bootloader 程序提供了 3 个串口供应用程序下载使用，在 Demov1.1 板上，可以方便的使用 UART0、UART1 和 UART4 进行验证，如图 4-3 中的 4 所示。

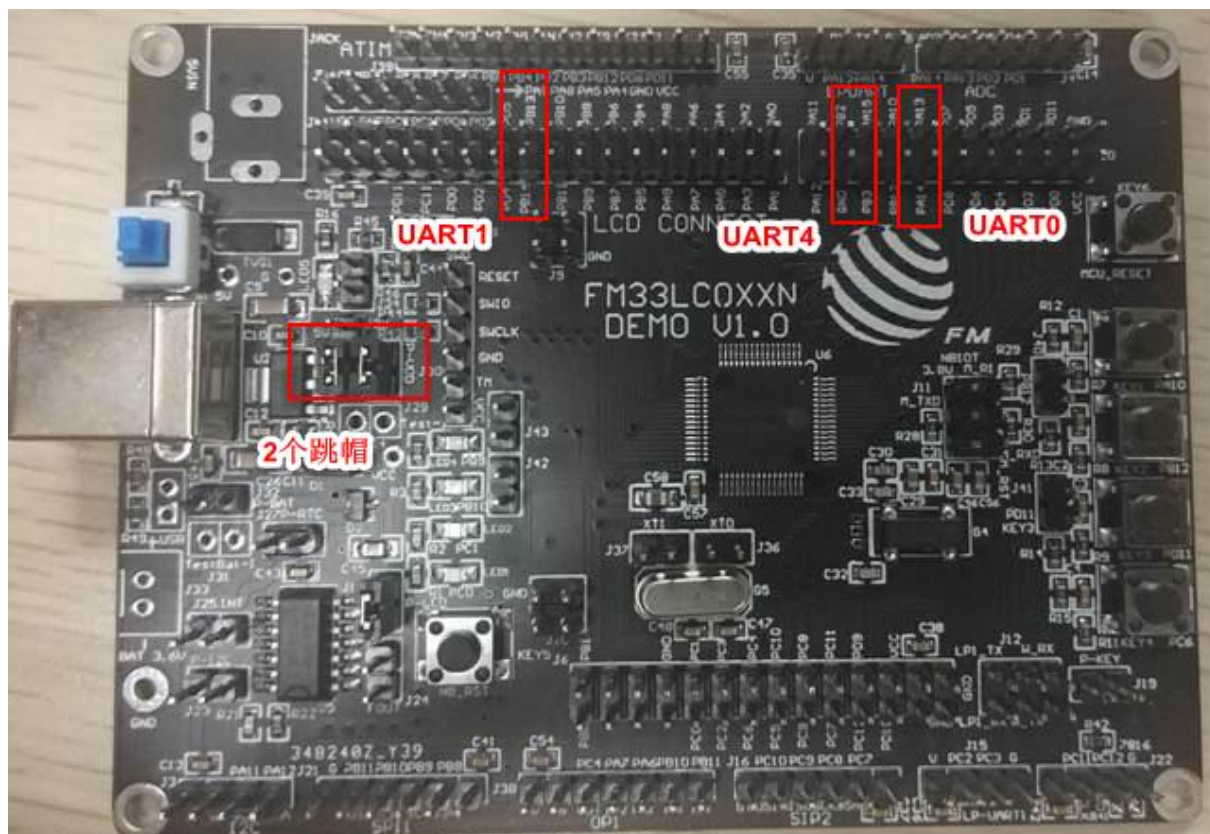


图 4-3：示例程序 Demov1.1 板硬件连接图

5 注意事项

5.1 软件设计

- 1、波特率与 uart 口是可变的，用户可以自己在程序中修改。
- 2、flash 擦写函数不能在函数内单步仿真。最好是脱机工作。如果真要仿真请使用断点的方式。

3、若使用 bootloader 功能，必须先把 bootloader 引导程序烧写至目标 mcu 中，烧写方式可以使用编程器或者 mcu 支持的其他程序烧写方式。

4、bootloader 上位机是与 bootloader 配套使用的，使用 bootload 上位机为预置 bootloader 程序的 mcu 烧写应用程序代码。（注意：bootloader 上位机不能向 mcu 烧写 bootloader 引导程序）。

5、bootloader 大小修改时，注意调整应用代码的存储位置及中断向量表的位置。

附录

1 FLASH 寄存器结构

表 1：FLASH 寄存器结构

寄存器	描述
FLS_RDCCR	Flash 读取控制寄存器 (Flash Read Control Register)
FLS_PFCR	预取指控制寄存器 (Flash Prefetch Control Register)
FLS_OPTBR	用户配置字寄存器 (Flash Option Bytes Register)
FLS_ACLOCK1	ACLOCK 寄存器 1 (Flash Application Code Lock Register 1)
FLS_ACLOCK2	ACLOCK 寄存器 2 (Flash Application Code Lock Register 2)
FLS_EPCR	Flash 擦写控制寄存器 (Flash Erase/Program Control Register)
FLS_KEY	Flash Key 输入寄存器 (Flash Key Register)
FLS_IER	Flash 中断使能寄存器 (Flash Interrupt Enable Register)
FLS_ISR	Flash 标志寄存器 (Flash Interrupt Status Register)

2 FLASH 擦写库函数

表 2：FLASH 擦写库函数

	函数名	描述
1	LL_FLASH_PageErase	Flash 页擦除函数，一个页为 512byte
2	LL_FLASH_SectorErase	Flash 扇区擦除函数，一个扇区为 2k byte
3	LL_FLASH_Program_Word	单次编程函数，编程地址必须对齐到字边界 4byte
4	LL_FLASH_Program_Page	页编程函数，编程地址必须对齐到字边界
5	LL_FLASH_Program_Sector	扇区编程函数，编程地址必须对齐到字边界

3 FLASH 函数库

LL_FLASH_PageErase

函数名	LL_FLASH_PageErase
函数原型	ErrorStatus LL_FLASH_PageErase(FLASH_Type* FLASHx, uint32_t Address)

功能描述	Flash 页擦除函数，一个页为512byte
输入参数1	FLASHx FLASH Port
输入参数2	Address 为需要擦除的页内任意地址，推荐使用页开始的首地址（字对齐）
输出参数	无
返回值	ErrorStatus枚举 -FAIL 擦写发生错误 -PASS 擦写成功

LL_FLASH_SectorErase

函数名	LL_FLASH_SectorErase
函数原型	ErrorStatus LL_FLASH_SectorErase(FLASH_Type* FLASHx, uint32_t Address)
功能描述	Flash 扇区擦除函数，一个扇区为2k byte
输入参数1	FLASHx FLASH Port
输入参数2	Address 为需要擦除的扇区内任意地址，推荐使用扇区开始的首地址（字对齐）
输出参数	无
返回值	ErrorStatus枚举 -FAIL 擦写发生错误 -PASS 擦写成功

LL_FLASH_Program_Word

函数名	LL_FLASH_Program_Word
函数原型	ErrorStatus LL_FLASH_Program_Word(FLASH_Type* FLASHx, uint32_t Address, uint32_t data)
功能描述	单次编程函数，编程地址必须对齐到字边界
输入参数1	FLASHx FLASH Port
输入参数2	Address 为需要编程的已经擦除过的扇区内任意地址，非对齐地址编程将触发fault

输入参数3	编程word
输出参数	无
返回值	ErrorStatus枚举 -FAIL 擦写发生错误 -PASS 擦写成功

LL_FLASH_Program_Page

函数名	LL_FLASH_Program_Page
函数原型	LL_FLASH_Program_Page(FLASH_Type* FLASHx, uint32_t PageNum, uint32_t *data)
功能描述	页编程函数，编程地址必须对齐到字边界。
输入参数1	FLASHx FLASH Port
输入参数2	PageNum 为需要编程的已经擦除过的扇区号，FM33LC04最大为256，非对齐地址编程将触发fault。
输入参数3	编程内容buf
输出参数	无
返回值	ErrorStatus枚举 -FAIL 擦写发生错误 -PASS 擦写成功

LL_FLASH_Program_Sector

函数名	LL_FLASH_Program_Sector
函数原型	ErrorStatus LL_FLASH_Program_Sector(FLASH_Type* FLASHx, uint32_t SectorNum, uint32_t *data)
功能描述	扇区编程函数，编程地址必须对齐到字边界。
输入参数1	FLASHx FLASH Port
输入参数2	SectorNum 为需要编程的已经擦除过的扇区号，FM33LC04最大为128，非对齐地址编程将触发fault。
输入参数3	编程内容buf



输出参数	无
返回值	ErrorStatus枚举 -FAIL 擦写发生错误 -PASS 擦写成功



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0	2020.04	首次发布



上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服 务网 点

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 Alexcier, 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.fmsh.com/>