

# STM32 Bootloader 中 DFU 使用限制

## 前言

众所周知，STM32 所有的 MCU 中包含 Bootloader 代码，可以通过对 boot 引脚（boot0，boot1）的配置从 bootloader 启动，通过 spi/i2c/usb 等升级片内 FLASH，从而实现版本升级的目的。但是通过 USB 升级的时候，在低温(零下 10 摄氏度以下)的情况下，出现升级失败的情况，很容易出现。

## 问题现象

通过 bootloader usb 升级时，在温度低的情况下，发现有一部分芯片升级失败，而且重新尝试，仍然升级失败。

## 原因分析

考虑到用户的量很大，而且问题都是出现在低温的环境下，所以基本排除用户单板设计，布线等问题，但是 bootloader 代码也非常的成熟，大量的被用户使用，所以软件问题也被排除，所以将问题的原因定位在环境温度低造成的，而温度低会对哪些外设 产生影响呢，查阅任何一款 MCU 的数据手册 HIS 部分的参数，都可以发现：

### High-speed internal (HSI) RC oscillator

Table 34. HSI oscillator characteristics <sup>(1)</sup>

| Symbol                              | Parameter                        | Conditions                            |                                               | Min | Typ | Max | Unit |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| f <sub>HSI</sub>                    | Frequency                        |                                       |                                               | -   | 16  | -   | MHz  |
| ACC <sub>HSI</sub>                  | Accuracy of the HSI oscillator   | User-trimmed with the RCC_CR register |                                               | -   | -   | 1   | %    |
|                                     |                                  | Factory-calibrated                    | T <sub>A</sub> = -40 to 105 °C <sup>(2)</sup> | -8  | -   | 4.5 | %    |
|                                     |                                  |                                       | T <sub>A</sub> = -10 to 85 °C <sup>(2)</sup>  | -4  | -   | 4   | %    |
|                                     |                                  |                                       | T <sub>A</sub> = 25 °C                        | -1  | -   | 1   | %    |
| t <sub>su(HSI)</sub> <sup>(3)</sup> | HSI oscillator startup time      |                                       |                                               | -   | 2.2 | 4   | μs   |
| I <sub>DD(HSI)</sub>                | HSI oscillator power consumption |                                       |                                               | -   | 60  | 80  | μA   |

从这张表中可以看出，当温度低于-10℃时，HSI 的准确性会降低很多，误差变得相当大，而熟悉 STM32 的工程师可能会有疑问，STM32 的 USB 模块需要非常精准的 48MHz 时钟，所以一般时钟 HSE 作为其时钟源进行倍频和分频，为什么 HSI 低温时误差大会对其造成影响呢？这里就要重新回到 bootloader 中来，虽然这一部分代码并非开源的，是芯片出厂后就固化到 MCU 里面的，但我们可以从下面的流程中了解到原因：

如上描述，使用 usb 模块，一般情况下是必须用 HSE（有 CRS 功能的除外）的，但是作为 bootloader 而言，它本身是并不知道外接 HSE 的频率的，所以它就需要通过 HSI 去测算 HSE 的频率值，这个算法比较简单，通过简单的枚举即可，但是这样做就带来了一个问题，那就是当 HSI 偏差过大时，估测出来的 HSE 产生了偏差，这就最终导致了 USB 的 48M 时钟不准，产生了 usb 升级失败的问题！

## 总结

在使用 bootloader 进行升级时，同样需要考虑到时钟可能带来的误差。

### 重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对ST 产品和/ 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关ST 销售条款。

买方自行负责对ST 产品的选择和使用， ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和ST 徽标是ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。