



复旦微电子

FM33FT0xxA 车规级系列 MCU FSCAN 应用说明

应用笔记

V1.0.2



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 说明	2
2 简介	2
3 预同步	2
3.1 概述	2
3.2 结构框图	3
3.3 同步采样输出	4
3.4 工作时钟源	5
4 操作步骤	5
4.1 FSCAN 非 Sleep mode:	5
4.2 FSCAN Sleep mode:	5
5 自动重发(AREN)	7
6 发送撤销请求(TXAR)	7
7 退出 BUS OFF	7
8 接收 FIFO	8
9 内部错误状态--Error 状态	9
10 FSCAN 总线时钟	9
版本信息	10
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心	11



1 说明

本文档为 FM33FT0xxA 系列车规级 MCU 的应用笔记，用于描述 FSCAN 的基本应用方法。FM33FT0xxA 系列是复旦微电子公司开发的车规级 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 简介

FSCAN 模块用于经典 CAN 总线数据收发，支持 CAN2.0A 和 2.0B 协议，本芯片最大支持 2 路独立的 FSCAN 模块，FSCAN 模块主要特性如下：

- 符合 ISO11898-1 协议，支持 CAN2.0A 和 CAN2.0B 标准
- 支持 standard (11bit ID) 和 extended (29bit ID) 帧
- 支持最高波特率 1Mbps
- 2 messages 接收 FIFO (32 字节)
- 3 个独立的发送 buffer
- 支持错误或仲裁失败条件下的自动重发
- 4 个接收滤波器
- 支持 loopback 模式
- 支持异步唤醒
- 发送和接收错误计数器
- 自动 bus-off 恢复或软件控制的 bus-off

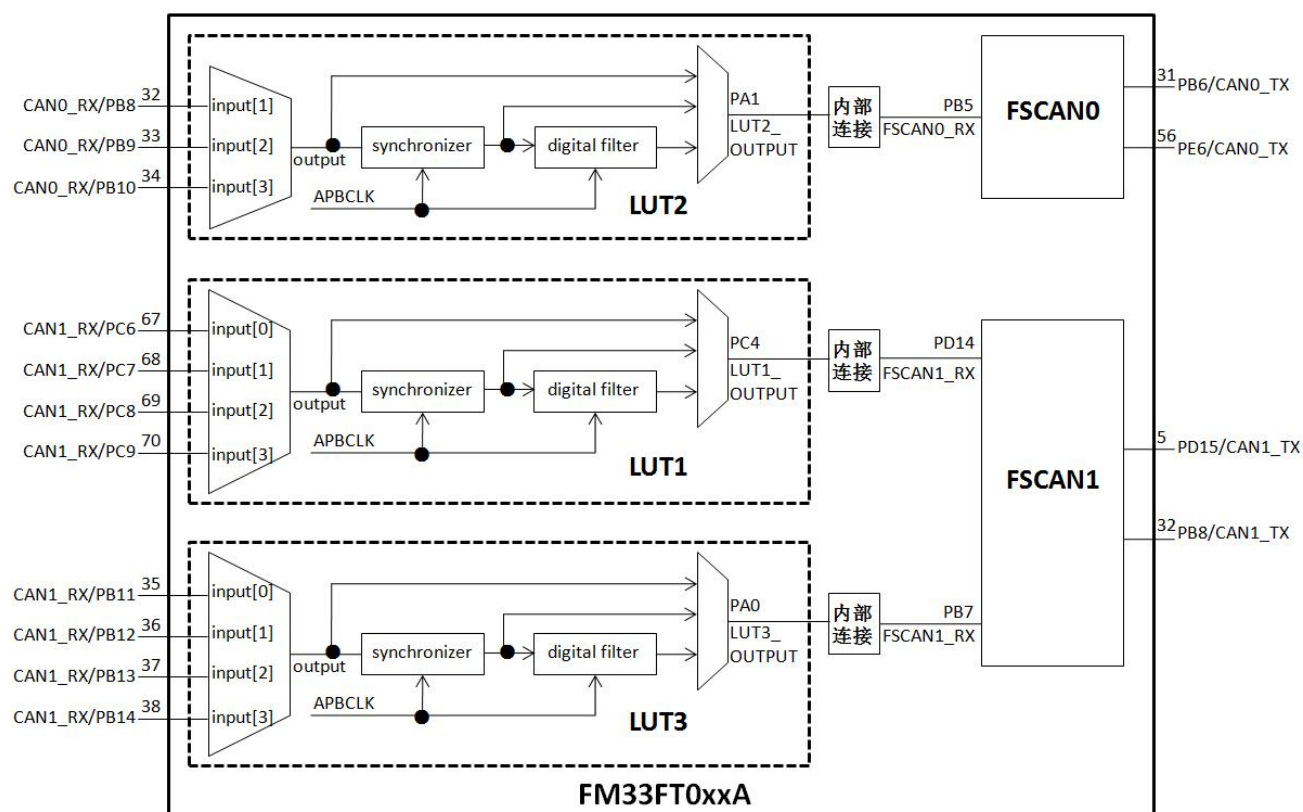
3 预同步

3.1 概述

CAN_RX 进入 FSCAN 模块前，先要通过 PGL 模块做预同步，本章节内容主要描述预同步功能的实现方法，关于 FSCAN 模块和 PGL 模块的详细介绍请参考《FM33FT0xxA 系列产品说明书》。

3.2 结构框图

MCU 外部 CAN_x_RX 信号首先输入到 LUT 输入，然后使能 LUT 的同步采样输出功能，经 APBCLK 时钟同步后由 LUT 输出，并再输入到 FSCAN 的 RX 引脚。



图一 FSCAN 预同步功能电路结构框图

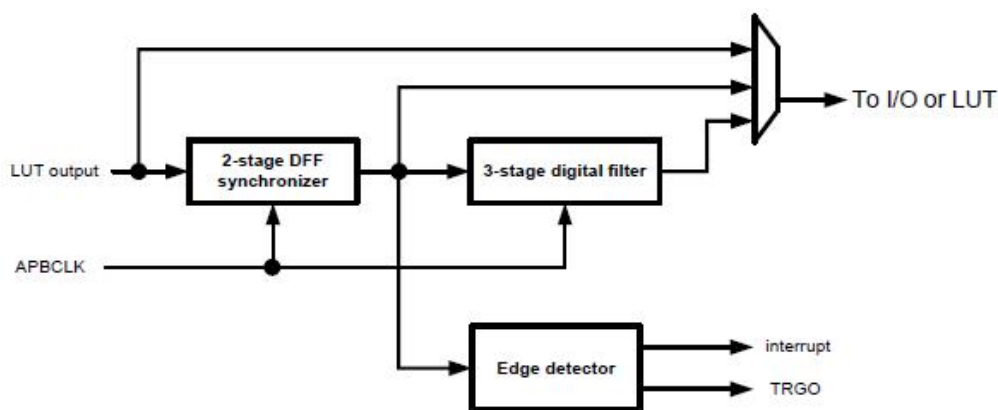
注 1: CAN_x_RX 引脚: 作为 LUT 的输入, 对应引脚配置为普通 GPIO 输入。

注 2: LUT_x_OUT 引脚: 作为 LUT 到的输出, 需软件配置为对应的数字功能口, 对 LUT 的输入信号进行时钟同步后在内部输出到 FSCAN_x_RX 引脚, 。

注 3: FSCAN_x_RX 引脚: 作为 FSCAN 的接收引脚, 需软件配置为对应的数字功能口, 在内部接收 LUT_x_OUT 信号。

3.3 同步采样输出

LUT_x_OUT 有三种功能输出：组合逻辑输出、同步采样输出、数字滤波输出，其结构示意图如下：

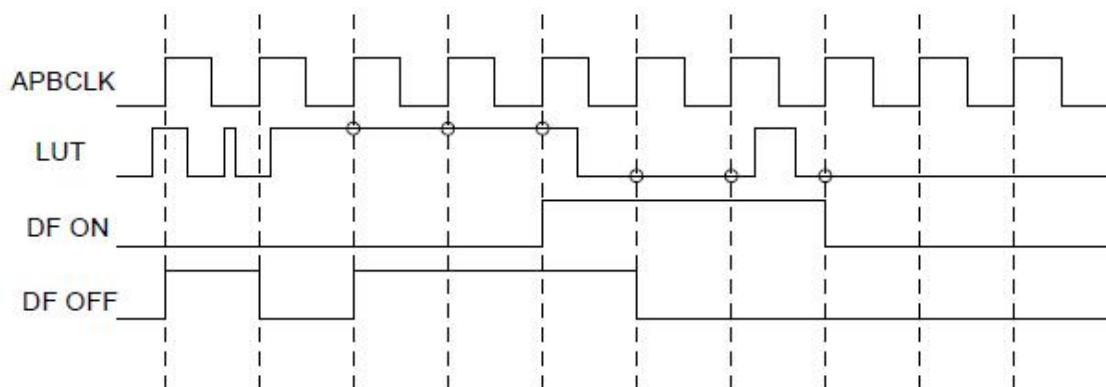


图二 LUT 输出功能结构示意图

根据寄存器配置，如选择组合逻辑输出，则组合逻辑的原始信号直接输出到 LUT_x_OUT 引脚。

如选择同步采样输出，则对组合逻辑输出信号执行 APBCLK 同步采样后输出到 LUT_x_OUT 引脚。

如选择数字滤波输出，则对组合逻辑输出信号执行 APBCLK 同步采样后，连续采到 3 个相同电平，则认为合法电平并输出到 LUT_x_OUT 引脚，否则滤波输出不会改变。



图三 LUT 的同步采样和数字滤波

在 FSCAN 应用中，主要用到组合逻辑输出和同步采样输出功能。



3.4 工作时钟源

LUT 使用 APBCLK 时钟源执行同步功能，因此 FSCAN 的工作时钟源推荐选择 APBCLK，或者与 APBCLK 同源同频率的时钟源。

同时推荐 FSCAN 工作时钟源频率在 8MHz~24MHz 范围内，且频率精度需满足 ISO11898-1 规定的容差范围。APBCLK 如超出频率范围可通过 APB 时钟分频实现。

注 1：APBCLK 的时钟来源请参考《FM33FT0xxA 系列产品说明书》的时钟管理单元（CMU）章节。

4 操作步骤

4.1 FSCAN 非 Sleep mode:

- 配置 CANx_RX 引脚为普通 GPIO 输入；
- 配置 LUTx_OUT 引脚为对应的数字功能口；
- 配置 LUTx：执行时钟同步采样功能，选择输入引脚，配置真值表等参数；

- 配置 FSCANx_RX 引脚为对应的数字功能口；
- 配置 FSCANx_TX 引脚为对应的数字功能口；
- 配置 FSCANx：时钟源选择 APBCLK，工作模式，滤波器等参数；

注 1：详细软件流程请参考复旦微 FM33FT0xxA 标准例程。

注 2：因同步采样使用 APBCLK 时钟，因此 FSCAN 推荐选择 APBCLK 作为其工作时钟。

4.2 FSCAN Sleep mode:

- 配置 CANx_RX 引脚为普通 GPIO 输入；
- 配置 LUTx_OUT 引脚为对应的数字功能口；
- 配置 LUTx：执行时钟同步采样功能，选择输入引脚，配置真值表等参数；

- 配置 FSCANx_RX 引脚为对应的数字功能口；



- 配置 FSCANx_TX 引脚为对应的数字功能口；
- 配置 FSCANx: **时钟源选择 APBCLK**, 工作模式 (Normal Mode), 滤波器等参数；
- 配置 FSCANx: 使能 FSCAN 唤醒功能 (下降沿)；
- 确认 FSCANx 是否处于 Bus IDLE 状态, 如否则持续等待；
- 确认 FSCANx 的发送 Buffer 是否全部为空, 如否则持续等待；
- 配置 LUTx: 如仅 FSCAN 休眠 MCU 不休眠, 则保持时钟同步采样功能；
如 FSCAN 休眠后 MCU 也需休眠时, 则必须配置为**组合逻辑输出**, 因为 MCU 休眠后 APBCLK 会被关闭, 无法执行时钟同步采样；如配置为组合逻辑输出, 此时可**关闭 PGL 总线(工作)时钟**, 降低功耗。
- 配置 FSCANx: 使能唤醒中断 (唤醒源)；
- 配置 FSCANx: 工作模式配置为 Sleep Mode；
- 确认 FSCANx 是否进入 Sleep Mode, 如否则持续等待；
- 配置 FSCANx: 关闭 FSCAN 工作时钟, 锁定工作模式；禁止关闭 FSCAN 总线时钟；
- **判断处于 Sleep Mode, 即已成功锁定 Sleep Mode, 否则应报错。**
- MCU 休眠 (如需要)；

注 1: 详细软件流程请参考复旦微 FM33FT0xxA 标准例程。

注 2: 当 LUT 执行时钟同步采样功能时, 禁止关闭 PGL 总线(工作)时钟；

当 LUT 执行组合逻辑输出值, 可关闭 PGL 总线(工作)时钟, 降低功耗；

注 3: 当 FSCAN 休眠后 MCU 也需休眠时, LUT 必须配置为组合逻辑输出, 因为 MCU 休眠后 APBCLK 会被关闭。

注 4: 关闭 FSCAN 工作时钟即锁定工作模式后, 必须判断成功锁定 Sleep Mode 后才允许 MCU 休眠, 如 FSCAN 未成功锁定 Sleep Mode, 则无法唤醒 MCU。



5 自动重发(AREN)

FSCAN 支持自动重发 (AREN) 的使能和禁止：

- 当禁止自动重发功能，发送单元仲裁失败或发生错误未成功发送时不会继续重发。
- 当使能自动重发功能，发送单元会持续重发直至发送成功，或对发送单元执行复位后停止发送。
- 用户软件必须有监测发送单元是否发送成功的机制，如发送失败或超时必须有对应的处理措施。
- 发送单元可产生的错误有位错误、填充错误和 ACK 错误。

6 发送撤销请求(TXAR)

- 当禁止自动重发功能时，如已经向发送单元填充了数据但还未发送时，可以对 TXAR 寄存器位写 1 撤销发送请求。
- 当使能自动重发功能时，禁止使用发送撤销请求功能，否则发送单元会向总线发送错误数据。

7 退出 BUS OFF

FSCAN 可以支持使用以下策略从总线关闭状态中恢复：

- ABOM=00/11：自动恢复模式

这种模式下，FSCAN 采用符合 ISO11898 协议规范的总线关闭恢复方式。当 FSCAN 连续检测到 11bit 隐性位超过 128 次，控制器自动回到 error active 状态。发送和接收错误计数器 TEC 和 REC 都自动清零，并且 BORF 中断标志置位。

- ABOM=01/10：软件恢复模式

当 ABOM=01，控制器退出 bus-off 由软件触发。软件置位 RTB0 后，控制器等待 128 次连续 11 位隐性位，然后退出 bus-off state



当 ABOM=10, 软件置位 RTB0 后, 控制器立即退出 bus-off state 并进入 integration state, 在 11 个连续隐性位后, 控制器重新加入 CAN。

当用户使能自动重发 (AREN) 功能时, 用户软件必须使能 Bus Off 恢复中断服务, 并在服务函数中对 CAN 控制器重新初始化, 否则存在概率向总线发送随机的错误帧, 示例如下:

```
/* CAN0 中断服务函数 */
void CAN0_IRQHandler(void)
{
    uint32_t RXNotEmptyIT, RXNotEmptyFLAG;

    /* 必须保留 */
    if ((0x01U == FL_CAN_IsEnabledIT_BusOffRecovery(CAN0)) &&
        (0x01U == FL_CAN_IsActiveFlag_BusOffRecovery(CAN0)))
    {
        FL_CAN_ClearFlag_BusOffRecovery(CAN0);
        /* 使能自动重发功能, BusOff恢复时刻需重新初始化Controller */
        if (0x01U == FL_CAN_IsEnabledAutoResend(CAN0))
        {
            FL_CAN_Disable(CAN0);
            Can_Controller_Reg_Init(CAN0);
        }
    }
}
```

8 接收 FIFO

FSCAN 接收到的消息如果成功通过了消息滤波器, 将被存入深度为 2 的接收 FIFO 中, 同时产生接收完成中断 (RXOK)。

由于采用 FIFO 模式, 如用户软件未及时读取前面一帧, 第二帧成功接收并填充到 FIFO 时 RXOK 标志会被覆盖, 因此推荐客户软件使用 Receive FIFO Not Empty 相关中断或标志查询 FIFO 是否有数据。

9 内部错误状态--Error 状态

CAN_SR 寄存器中的 RTST 和 TSTS, 当错误计数值超过 128 时, 无法如预期进入 “Error” 状态, 此仅影响 CAN_SR 寄存器的 RTST 和 TSTS 只读标志位, 不涉及 CAN 的链路层的功能。

如用户软件使用到 RTST 和 TSTS 的 “Error” 状态, 则可以进入 “Warning” 后由软件维护错误计数, 也可以直接读取 CAN 错误计数器寄存器 (CAN_ECR) 的接收错误次数 (REC) 和发送错误次数 (TEC) 来实现应用。

9:8	RSTS	FSCAN 内部接收错误状态指示 00: 正常接收状态, REC<96
		01: Warning 状态, $96 \leq \text{REC} < 128$ 10: Error 状态, $128 \leq \text{REC}$ 11: Bus-off, 这是一个冗余状态, 因为接受错误并不会使 CAN 控制器进入 bus-off, 这个状态与 TSTS=11 等价
7:6	TSTS	FSCAN 内部发送错误状态指示 00: 正常发送状态, TEC<96 01: Warning 状态, $96 \leq \text{TEC} < 128$ 10: Error 状态, $128 \leq \text{TEC} < 256$ 11: Bus-off, $256 < \text{TEC}$

10 FSCAN 总线时钟

用户使用 FSCAN 休眠功能并借此唤醒 MCU, 则需关闭 FSCAN 的工作时钟源 (CMU_OPCCR3 CANxCKE) 以锁定 FSCAN 的 Sleep Mode, 但禁止关闭 FSCAN 的总线时钟 (CMU_PLCKCR3 CANxPCE), 以确保用户软件对 FSCAN 外设的正常访问。

FSCAN 通过关闭工作时钟源来锁定 Sleep Mode, 关闭时钟源后软件必须判断 CAN 是否已处于 Sleep Mode 即是否成功锁定 Sleep Mode, 如未成功锁定 Sleep Mode 则将无法唤醒 MCU。



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
1.0.0	2022.11	首次发布
1.0.1	2022.12	增加 FSCAN 总线时钟内容
1.0.2	2023.12	增加 FSCAN Sleep Mode 的操作要求 优化退出 FSCAN BUS OFF 的操作要求



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.fmsh.com/>