



复旦微电子

FM33LG0XXA

车用系列MCU

应用笔记

LIN 应用说明

AN0002

V2.2.1.0



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 说明	1
2 原理	1
2.1 概述	1
2.2 通信时序	2
2.2.1 帧的结构	2
2.2.2 帧在总线上传输波形	5
2.3 引脚定义	6
2.4 LIN 主机模式	6
2.4.1 Break 段发送	6
2.4.2 Sync 和数据段发送	7
2.4.3 帧时隙和超时判断	7
2.5 LIN 从机模式	7
2.5.1 唤醒和休眠	7
2.5.2 Break 段检测	7
2.5.3 Sync 段检测	8
2.5.4 自适应波特率	8
2.6 LIN 外设占用	9
2.7 Q&A	9
版本信息	11
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及网点	12



图目录

图 2- 1 LIN 帧的结构	2
图 2- 2LIN Break Field	2
图 2- 3LIN Sync Byte Field	3
图 2- 4LIN PID	3
图 2- 5LIN 帧 ID 类型	4
图 2- 6LIN Data Field	4
图 2- 7 主机写时序	5
图 2- 8 主机读时序	6
图 2- 9 自适应波特率	8

表目录

表 2- 1LIN 校验和类型	5
表 2- 2 引脚定义	6
表 2- 3LIN 外设占用	9



1 说明

本文档为 FM33LG0XXA 系列车用 MCU 的应用笔记，用于说明 LIN 的基本应用方法。FM33LG0XXA 系列是复旦微电子公司开发的车用 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 概述

FM33LG0XXA 以 UART 实现 LIN 通信方式，主要特点为：

- 1 路 LIN 通信接口
- 通信速率 1~20kbps
- 支持主机和从机模式
- 支持自适应波特率
- 支持休眠唤醒
- 支持 LIN2.1 协议栈

2.2 通信时序

2.2.1 帧的结构

LIN 帧包含同步间隔段、同步段、PID、数据段以及校验和段，其帧的结构如图 2-1 所示，主机任务负责发送帧头；从机任务接收帧头并对帧头所包含信息进行解析，然后决定是发送应答，还是接收应答，还是不作任何反应。

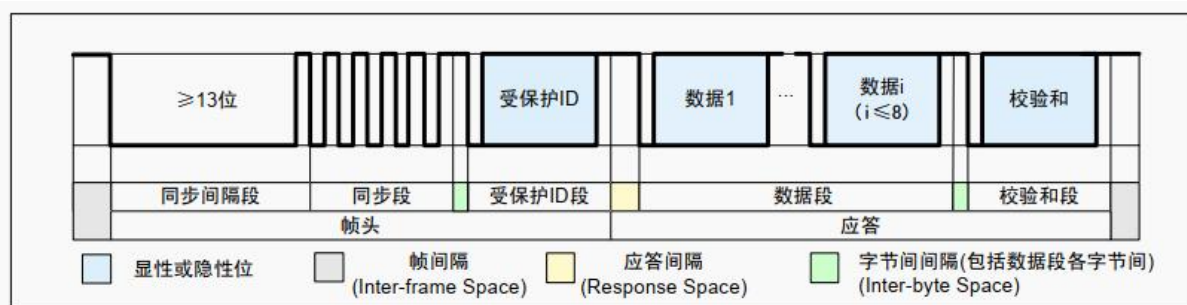


图 2-1 LIN 帧的结构

2.2.1.1 同步间隔段(Break Field)

同步间隔段由同步间隔(Break)和同步间隔段间隔符(Break Delimiter)构成，如图 2-1 所示。同步间隔是至少持续 13 位的显性电平，帧中的所有间隔或总线空闲时保持隐性电平，同步间隔标志一个帧的开始。同步间隔段的间隔符是至少持续 1 位的隐性电平。



图 2-2 LIN Break Field

从机任务接收帧头的同步间隔段时，以该从机任务所在节点的位速率为准，当检测总线上出现持续 11 位的显性电平时，认为是帧的开始。

2.2.1.2 同步段(Sync Byte Field)

Byte Field 包含 1 位起始位+8 位数据位+1 位停止位，同步段用于使从机完成波特率时钟同步，从而可以降低总线对从机时钟精度的要求。UART-LIN 用作 LIN 从机时支持

基于同步段的波特率自适应。

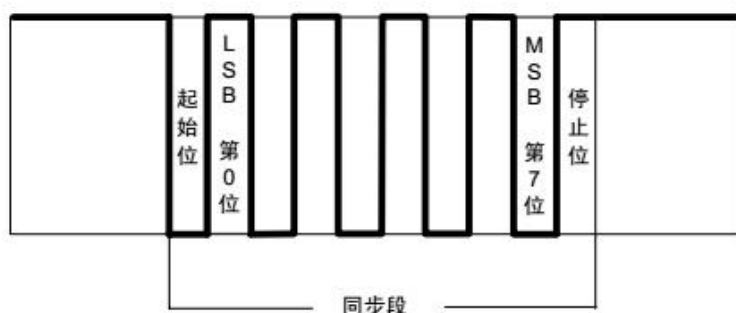


图 2- 3LIN Sync Byte Field

LIN 同步以下降沿为判断标志，采用字节 0x55(转换为二进制为 01010101b)。

$$1\text{位时间} = \frac{\text{第7位下降沿时间} - \text{起始位下降沿时间}}{8}$$

通过计算得出 1 位时间，即位速率。同步段结束后，从机软件根据计数值完成通信波特率的自动调整。

2.2.1.3 受保护 ID 段(Protected Identifier Field)

受保护 ID 段的前 6 位叫作帧 ID(Frame ID)，加上两个奇偶校验位为受保护 ID。

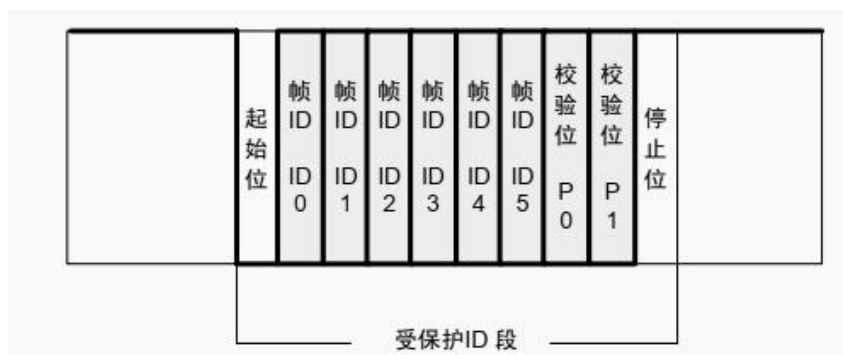


图 2- 4LIN PID

帧 ID 的范围在 0x00~0x3F 之间，共 64 个。帧 ID 标识了帧的类别和目的地。从机任务对于帧头作出的反应(接收/发送/忽略应答部分)都是依据帧 ID 判断的。如果帧 ID 传输错误，将会导致信号无法正确到达目的地，因此引入奇偶校验位。校验公式如下，其中“⊕”为“异或”运算，“¬”为“取非”运算。

$$P0 = ID0 \oplus ID1 \oplus ID2 \oplus ID4$$

$$P1 = \neg(ID3 \oplus ID3 \oplus ID4 \oplus ID5)$$

由公式可以看出，PID 不会出现全 0 或全 1 的情况，因此，如果从机节点收到了“0xFF”或“0x00”，可判断为传输错误。

帧的类型		帧 ID
信号携带帧	无条件帧	0x00 ~ 0x3B
	事件触发帧	
	偶发帧	
诊断帧	主机请求帧	0x3C
	从机应答帧(注 1)	0x3D
保留帧		0x3E, 0x3F

图 2- 5LIN 帧 ID 类型

2.2.1.4 数据段(Data Field)

节点发送的数据位于数据段，包含 1 到 8 个字节，先发送编号最低的字节，编号依次增加。协议没有规定帧中的哪一部分显示数据长度码的信息，数据的内容和长度是由系统设计者根据帧 ID 事先约定好的。

一般情况下，对于一个帧中的应答，总线上只存在一个发送节点，否则就会出现错误。事件触发帧例外，可能存在零个、一个或多个发布节点。

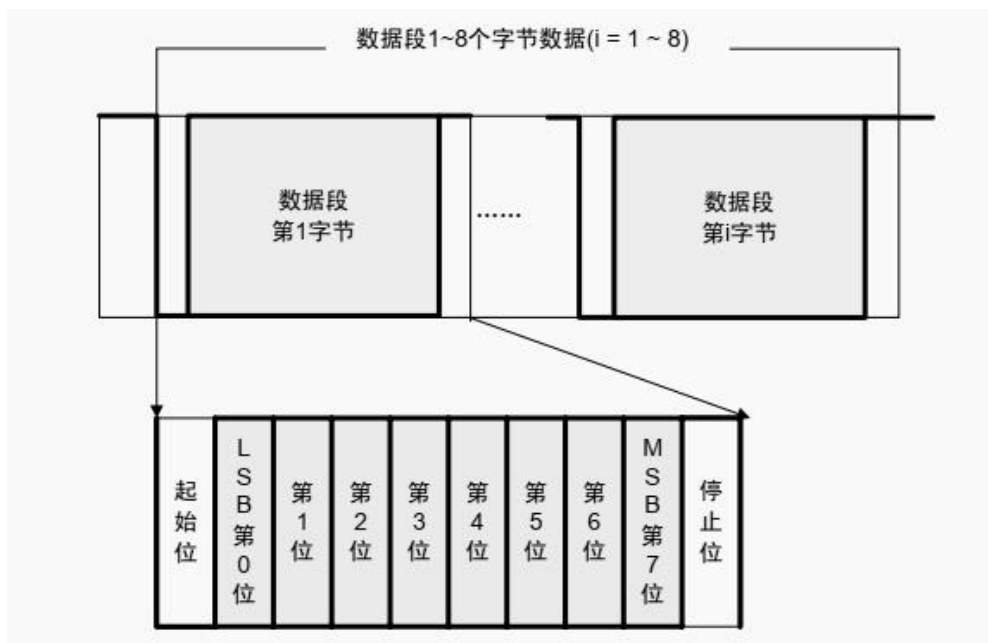


图 2- 6LIN Data Field

2.2.1.5 校验和段(Check Sum)

校验段对帧中所传输的内容进行校验，校验对象包含：

校验和类型	校验对象	适用场合
标准型校验和	数据段各字节	诊断帧，与 LIN1.x 从机节点通信
增强型校验和	数据段各字节及受保护 ID	与 LIN2.x 从机节点通信(诊断帧除外)

表 2- 1LIN 校验和类型

校验方法为将校验对象的各字节作带进位二进制加法，并将所得最终的和逐位取反，以该结果作为要发送的校验和。接收方根据校验和类型，对接收数据作相同的带进位二进制加法，最终的和取反，并将该和与接收到的校验和作加法，如果结果为 0xFF，则校验和无误，这在一定程度上保证了数据传输的正确性。

校验功能由软件实现。

2.2.2 帧在总线上传输波形

2.2.2.1 主机作为发布节点



图 2- 7 主机写时序

2.2.2.2 从机作为发布节点

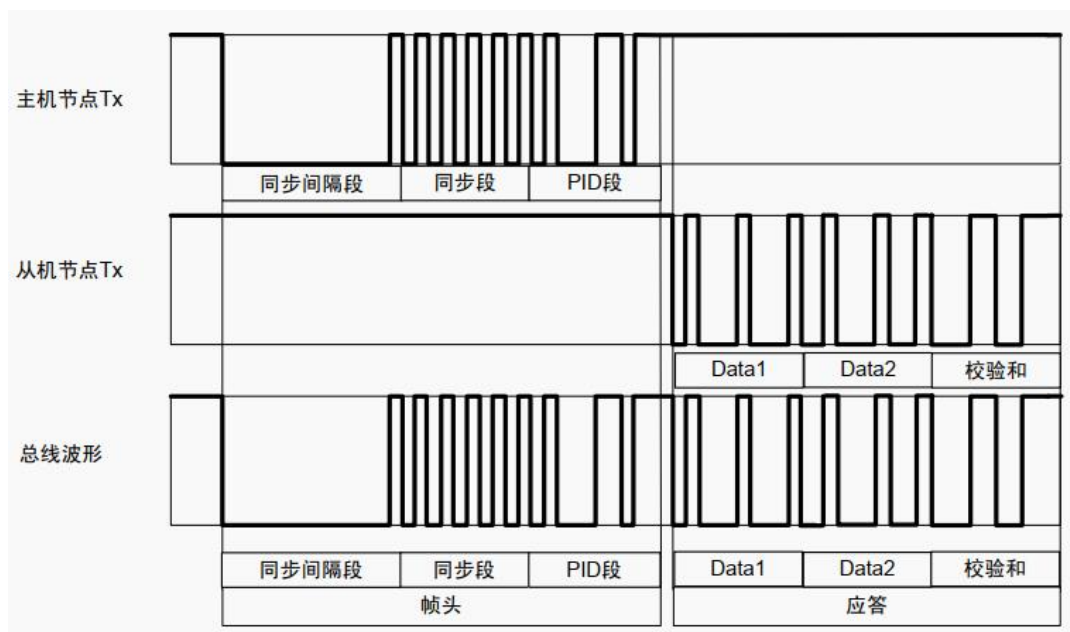


图 2- 8 主机读时序

2.3 引脚定义

FM33LG0XXA 通过 UART5 模拟 LIN，其引脚定义为：

引脚	UARTx	符号	功能
PD0	UART5	UART5_RX	数据接收
PD1		UART5_TX	数据发送

表 2- 2 引脚定义

2.4 LIN 主机模式

FM33LG0XXA 通过 UART 模拟 LIN 实现主机的功能，主要包括 Break 段发送、Sync 段、数据段和校验和段发送。

2.4.1 Break 段发送

Break 段为 13bit 的显性位，通过配置 GPIOx->FCR 寄存器选择 IO 的功能，发送 Break 段时，配置 GPIOx->FCR 为 GPIO 输出的功能，拉低 TX 引脚 13bit 的通信时间，配置拉低时间为 $13 * 1000000 / \text{LIN_BAUDRATE}$ (us)，发送完成后切换为数字功能(UART

模式)。

2.4.2 Sync 和数据段发送

同步段由软件发送 0x55 实现，数据段和校验段的发送与标准 UART 数据发送相同。主机发送完 Break 和 PID 后也可以主动转入接收，此时数据接收与标准 UART 接收相同。

2.4.3 帧间隙和超时判断

为实现主机模式下进度表的调配，使用 LPTIM32 定时器判断帧间隙(Frame Slot)，实现进度表的循环发送；使用 BSTIM16 判断发送和接收超时，进而实现下一帧数据收发和状态机的执行。

2.5 LIN 从机模式

2.5.1 唤醒和休眠

FM33LG0XXA 支持 LIN 唤醒和休眠，可通过宏定义接口 SLEEP_SUPPORT 选择是否支持休眠和唤醒功能，使用 BSTIM16 定时器判断是否进入休眠状态，实现 MCU 的低功耗休眠。

LIN 唤醒功能通过配置 LIN_UART_RX_PIN 为 GPIO 功能，实现 GPIO 的外部中断唤醒，唤醒后关闭 GPIO 中断唤醒功能，休眠时再开启，并且根据是否需要自适应波特率，第一时间将 LIN_UART_RX_PIN 切换为 GPTIM 还是 UART 功能。

2.5.2 Break 段检测

(1)固定波特率

实现原理：Break 段是持续 13bit 以上的低电平，UART 能够通过接收错误中断识别出来，且在下一个上升沿到来之前，UART 不会有新的接收错误中断。根据 UART 接收错误中断且当前接收数据为 0x00，后面跟一个 0x55，以上条件全部满足即判定为同步。配置 UART 为无校验模式，波特率按照通讯要求配置，使能接收错误中断。

时间评估：评估 flash 操作之后，最快响应时间（无帧间隔情况下），以 20Kb/s 最快速率为准，break 段 13bit，break 间隔符 1bit，同步段 10bit，总的持续时间为 24bit * 50us

= 1.2ms，只要 flash 操作时间在 1.2ms 之内，就不会发生同步段（UART 接收中断）覆盖 break 段（UART 接收错误中断）的情形。

通信速率越低，留给 flash 操作的时间越长。

(2) 自适应波特率

若是置位 AUTOBAUD 宏定义接口，支持自适应波特率的情况下，则通过 GPTIM2 的下降沿检测，实现 break 段的检测。

2.5.3 Sync 段检测

(1) 固定波特率

固定波特率下的 Sync 段为主机发送的 0x55，串口接收即可。

(2) 自适应波特率

自适应波特率下的 Sync 段用于计算位速率，通过 GPTIM2 的下降沿检测中断实现判断，根据下降沿的采样次数，判断 Sync 是否检测成功，并实现波特率自适应，提高通信的容差率。

2.5.4 自适应波特率

使用 GPTIM2 的输入捕捉功能，利用两个捕捉通道分别捕捉下降沿和上升沿，判断间隔段和各 bit 的时间关系，满足 Lin 同步要求即判定为同步段并计算波特率。

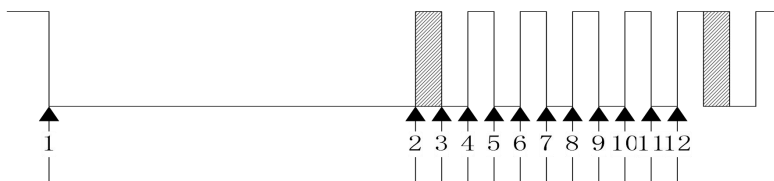


图 2-9 自适应波特率

实现步骤：

- 配置 GPTIM2 为输入捕捉，捕捉通道 1 捕捉下降沿，捕捉通道 2 捕捉上升沿，配置上升沿清零计数值，通道 1 使能中断，通道 2 不使能中断。
- 第 1 次中断：上图中 1 处下降沿产生第一次中断，不做处理。



- 第 2 次中断：上图中 3 处下降沿产生第二次中断，获取间隔段（1-2）和间隔符（2-3）的倍数关系，间隔段不小于 4 倍间隔符长度，认为间隔段有效并记录间隔段和间隔符长度。
- 第 3 次中断：上图中 5 处下降沿产生第三次中断，获取起始位（3-4）和 Bit0（4-5）的占空比关系，占空比满足要求（ $50\pm 15\%$ ），且间隔段不小于 4 倍起始位，认为有效并记录起始位和 Bit0 长度。
- 第 4~6 次中断：上图中 7,9,11 处下降沿产生对应中断，判断对应位占空比符合要求后（ $50\pm 15\%$ ），再判断该位与起始位长度是否满足占空比要求（ $50\pm 15\%$ ）。都满足要求后，在第 6 次中断即上图中 11 处，切换 GPTIM2 通道 1 为捕捉上升沿。
- 第 7 次中断：上图中 12 处上升沿产生第 7 次中断，该位与起始位长度满足占空比要求（ $50\pm 15\%$ ），即认为同步成功。

同步成功后，配置 UART 波特率，打开 UART 接收，使能定时器为 UART 12bit 长度倒计时，等待接收数据。

2.6 LIN 外设占用

FM33LG0XXA 系列 LIN 为 UART 模拟 LIN 实现，占用部分外设资源，下表已列出外设占用，应用时可参考设计硬件电路。

主/从模式	外设资源	引脚	功能
LIN 主机	UART5	LIN_UART_RX PD0	进度表调度 数据收发
	LPTIM32		
	BSTIM16	LIN_UART_TX PD1	
LIN 从机	UART5	LIN_UART_RX PD0	唤醒和休眠 自适应波特率 数据收发
	GPTIM2		
	BSTIM16	LIN_UART_TX PD1	

表 2- 3LIN 外设占用

2.7 Q&A

1、支持几路 LIN 通信，其他 UART 可以实现 LIN 通信吗？



->可以支持多路 LIN 通信，其他 UART 也可以实现 LIN 通信，具体需额外支持。

2、支持 LIN2.1 协议栈吗？协议栈能够实现自适应波特率吗？

->支持 LIN2.1 协议栈，支持自适应波特率，LIN Demo 是每帧自适应波特率，且波特率支持 1~20kbps，LIN2.1 协议栈为首帧波特率自适应，且波特率自适应只支持 19200 和 9600。

3、LIN 在 GPTIM 自适应波特率时出现被其他中断占用的时序错误？

->提高 GPTIM2 的中断任务优先级或提高主频。

4、LIN 支持诊断帧功能吗？

->FM33LG0XXA LIN Demo 暂不支持诊断服务，可用户定义诊断帧 PID 下的处理任务，LIN2.1 协议栈支持相关功能。



版本信息

版本号	发布日期	更改说明
2.2.1.0	2022.3	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/>