

Eric Hackett

### 摘要

本地互连网络 (LIN) ISO17897 是汽车中采用的一种易于实现的低成本多点通信总线。在大多数应用中，它用作控制器局域网的子总线。本应用手册介绍了 LIN 技术不可缺少的各个部分，并着重介绍了 LIN 收发器本身、协议相关信息，以及实际应用的物理层要求。

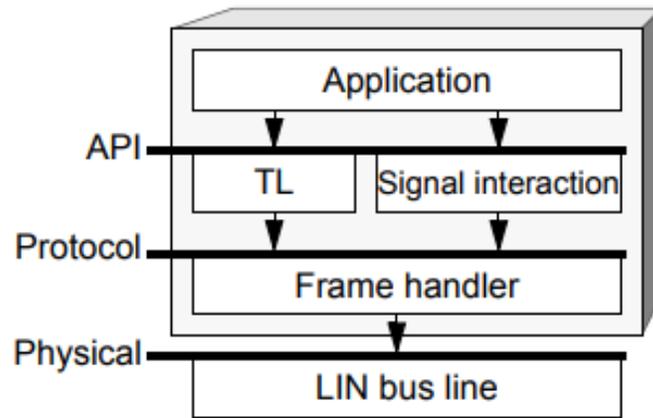


图 1-1. LIN 层次结构图

### 内容

1 引言	2
1.1 LIN 规范的发展	2
1.2 工作流程概念	3
2 网络架构	3
2.1 LIN 总线的一般布局	3
2.2 串行通信原理	4
2.3 指挥官/响应者原理	4
2.4 报文帧格式	4
3 物理层要求	5
3.1 总线信令基础	5
3.2 上拉电阻值	6
3.3 阈值	6
3.4 位速率容差和时序要求	6
3.5 同步和位采样	6
3.6 占空比	7
4 滤波、距离限制、总线上的节点	8
4.1 EMI 和信号调节	8
4.2 ESD 和瞬态	8
4.3 距离和节点限制	9
5 LIN 收发器特殊功能	10
5.1 低功耗模式	10

5.2 唤醒..... 10  
 6 优缺点..... 12  
 7 结论..... 12  
 8 修订历史记录..... 12

插图清单

图 1-1. LIN 层次结构图..... 1  
 图 1-1. 应用示意简图..... 2  
 图 1-2. LIN 工作流程..... 3  
 图 2-1. 网络中的高级 LIN 收发器..... 3  
 图 2-2. LIN 帧报头说明..... 4  
 图 2-3. LIN 帧响应..... 5  
 图 3-1. LIN 驱动器简化原理图..... 5  
 图 3-2. 发送器的总线信号阈值..... 6  
 图 3-3. 接收器的总线信号阈值..... 6  
 图 3-4. 位采样示意图..... 7  
 图 3-5. 总线占空比要求..... 8  
 图 4-1. 具有 220pF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文..... 9  
 图 4-2. 具有 10nF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文..... 9  
 图 4-3. 具有 220nF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文..... 10  
 图 5-1. LIN 唤醒模式..... 11

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

随着汽车智能化程度、安全性和舒适度不断提高，其使用的电气系统和组件数量也在不断增加。为此，制造商需要通信收发器能够以尽可能有效的方式实现这些组件和系统之间的交互。开发 LIN 就是为了以高效而直接的方式管理这些组件和系统之间的通信，因为在这类场合中无需 CAN 的高带宽和多功能性；不过，在多数情况下，LIN 都是 CAN 总线的子总线。

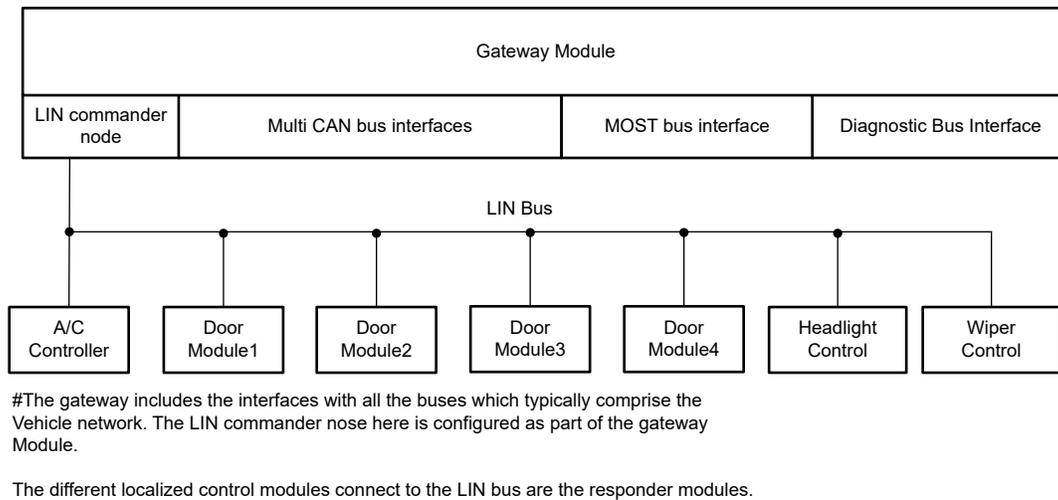


图 1-1. 应用示意简图

1.1 LIN 规范的发展

最新的 LIN 标准是在 2010 年 (LIN 2.2A, LIN 联盟) 定义的，然后由 *国际标准化组织 (ISO)* 收录成为 ISO 17897 并于 2016 年正式发布。在 2010 年之前，LIN 先后经过了一系列的修改，并在 LIN 1.1 (1999) 中首次给出了完整的定义。在该版本中，一个被称为 LIN 联盟的委员会确立了 LIN 协议规范、LIN 配置语言规范以及 LIN 应用接口规范。每项内容都是打造完整 LIN 仪表组所不可或缺的一部分，它们在整个市场内保持一致，所有汽车制造商都能够使用该通信方案。LIN 协议规范规定了物理层和数据链路层，而 LIN 配置语言则使得能够以所有开发人员都很容易理解的文件描述 LIN 仪表组。

## 1.2 工作流程概念

本应用手册主要介绍了 LIN 收发器及其实现；不过，要了解详情收发器在应用中的放置位置，务必要详细了解整个 LIN 网络。LIN 的定义不仅规定了实际的 1 和 0 数据传输，而且还规定了更高级别的网络实现：LIN 工作流程。LIN 工作流程为采用该协议的收发器提供了一种易于使用的可靠实现方案。整个网络仪表组的配置均已定义并实现了标准化，而这就是 *LIN 说明文件 (LDF)* 的来源。

LDF 用于区分不同的 LIN 仪表组，其中定义了对应仪表组的具体用途和属性（节点数量、报文帧数量及说明、报文速率等等）。这让开发人员可以生成软件文件来确定仪表组中每个节点执行的任务。LDF 可用于自动生成通信中涉及的软件，以及用于为 LIN 仪表组分析中涉及的测量和测试工具提供信息。

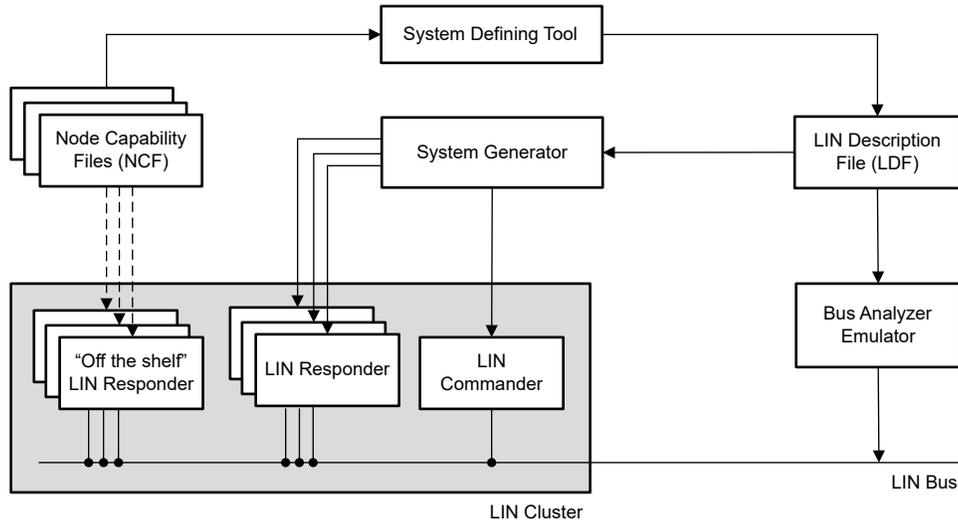


图 1-2. LIN 工作流程

LDF 采用 *LIN 配置语言规范* 中定义的语法来编写。该语法与 *系统定义工具* 结合使用来创建 LDF，进而定义整个网络。除了这些工具外，还会用到 *LIN 节点功能语言*。这让开发人员能够定义和描述 *现成节点* 的实现方案，这些节点都是专为典型应用设计的通用 LIN 节点，不仅易于实现，而且可以大量购买。

## 2 网络架构

### 2.1 LIN 总线的一般布局

LIN 仪表组定义为通过物理电缆连接的多个 LIN 节点。每个仪表组中都存在两种类型的节点：一个指挥官节点，以及最多 16 个后续响应者节点。这个指挥官节点负责管理总线与每个响应者之间的通信。节 2.3 中更为详细地讨论了 *指挥官/响应者原理*。

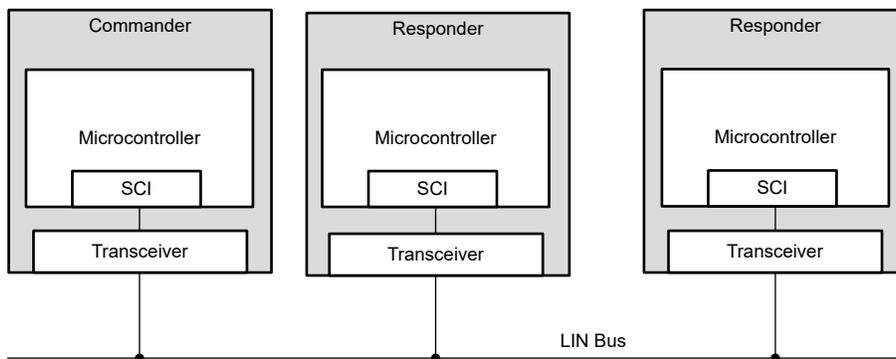


图 2-1. 网络中的高级 LIN 收发器

LIN 的理念是打造简单且具有成本效益的通信接口。这就是它为什么没有采用专用的通信控制器。相反，微控制器通过 LIN 协议进行编程，并用于通过串行接口将通信驱动至收发器。该接口被称为 *串行通信接口 (SCI)* 并已经在大多数 LIN 应用中取代了 UART。这两个接口是适用于大多数微控制器的典型接口，所需的后端安装工作较少。

LIN 总线传输只需一根线，并且采用较慢的通信速度，以便恰当地处理任何辐射发射问题。所有节点都被动地连接到总线，而上拉电阻用于确保在节点处于关闭状态时，总线为电源电压电平。

## 2.2 串行通信原理

SCI 是 LIN 收发器与微控制器在通信时使用的主要接口。最初这里使用的是 UART，但众所周知很难通过 UART 实现无故障接口。

微控制器会发送以显性开始位开始的位帧。这会使总线上的所有接收器同步，开始位之后是最低有效位至最高有效位，然后是停止位。这构成了一个 SCI 帧，而一个 LIN 报文由多个 SCI 帧组成。

## 2.3 指挥官/响应者原理

每个仪表组中都存在一个指挥官节点，以及最多 16 个响应者节点。指挥官节点负责控制总线上的所有通信，并包含要发送的指挥官和响应者任务。响应者节点无法互相通信，仅包含响应者任务，并只有在报文针对的是自己时，才会响应指挥官。指挥官以报头（帧开头）形式将请求发送到指定的响应者，然后对应的响应者以响应帧形式响应指挥官。另外还存在一种情况，即指挥官向响应者发送报头和响应帧，而响应者只会侦听，但不作出响应。这两种情况都可以保证可预测而确定的总线流量，在大多数情况下不允许发生冲突，因为始终由指挥官发起通信。这种可预测性质使得能够对报文进行调度。

如果 LIN 仪表组的开发人员正确地完成了报文规划工作并计算了其长度，那么便可以制定计划，保证不会发生冲突。计划是指报文帧与时隙的组织结构，用于设定所有报文的发送时间，从而在任何给定的时间发送报文。指挥官会按照计划在这些指定的时间发送令牌（也称为“请求”）。这些令牌会发送给响应者，而响应者可以将其忽略，或者做出响应，或者只是接收数据。令牌和数据（报头和响应）一同构成 LIN 报文，而每个仪表组最多可以定义 64 个报文。

指挥官/响应者系统的问题是指挥官负责控制所有通信，如果指挥官发生故障，整个仪表组就会发生故障。在所有节点都可以用作指挥官和响应者的方案中，则不会出现该问题，正因为存在该问题，LIN 无法用于安全相关应用（另外，报文速率较慢）。LIN 仪表组本身还无法实现事件驱动的通信，因为 LIN 响应者只能在收到请求时与总线通信。

## 2.4 报文帧格式

每个 LIN 报文都采用特定的结构：第一部分是令牌，第二部分是数据（报头和响应）。令牌始终通过指挥官任务发送，并分为同步中断、同步域和受保护标识符 (PID)。同步中断和同步域用于将 LIN 总线上的所有响应者与指挥官的时序进行同步（无需任何晶体或振荡器），而 PID 用于定义哪个响应者将响应、接收或忽略所发送的报文头。报头总共包含至少 13 个同步中断位、1 个定界位、10 个同步域位（1 个开始位、8 个同步位和 1 个停止位）以及 10 个标识符位（1 个开始位、6 个标识符位、2 个奇偶校验位和 1 个停止位）。

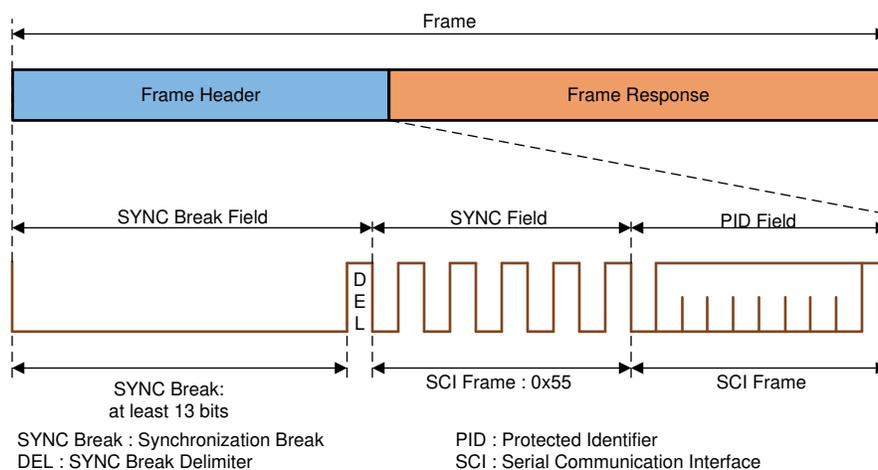


图 2-2. LIN 帧报头说明

报文的数据（响应）部分通过响应者任务发送，而响应者任务可由指挥官或响应者节点发送，具体取决于 PID “指令”。响应分为多个数据字节（最多 8 个）和一个校验和。校验和是针对数据字节的一种保护方案，负责确认所发送的报文是预期报文，并且传输过程中没有引入任何错误。任何节点都可以接收帧响应，但实际由哪个节

点使用该响应取决于 LDF。响应总共包含每个数据字节各 10 位（1 个开始位、8 个数据位和 1 个停止位，最多 8 个数据字节）以及 10 个校验和位（1 个开始位、8 个校验和解位以及 1 个停止位）。

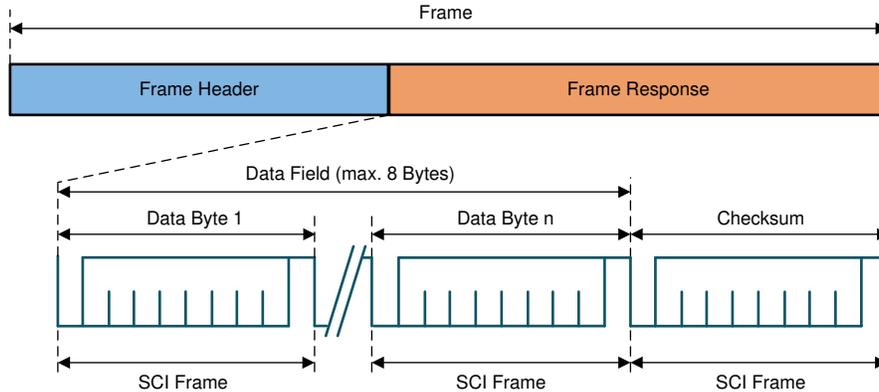


图 2-3. LIN 帧响应

### 3 物理层要求

LIN 物理层基于 ISO 9141 标准，并针对汽车应用做了一些调整，尤其是 EMC、ESD、瞬态脉冲响应等等。它是一种双向的总线通信接口，通过电阻器和二极管偏置到汽车的电池电压（仅限指挥官节点），并会连接到 LIN 仪表组中每个节点的收发器。

收发器的作用是协助实现总线与网络之间的通信。LIN 收发器将来自微控制器的位逻辑转换到更高的电压电平并通过总线传输，反之亦然。LIN 收发器的 TXD（发送）和 RXD（接收）通过电压转换促进总线的进出通信，其中电压转换发生在信号通过收发器时。TXD 连接到微控制器，负责发送并在 LIN 总线上广播报文。RXD 会监测总线并将 LIN 总线上的报文转换为微控制器可以解析的电压电平，然后响应总线上发生的通信。TXD 和 RXD 的典型电压电平是大多数微控制器的典型电平：3.3V 和 5V。LIN 总线和 LIN 收发器通常采用 9V 至 18V 范围内的电压工作，但有些器件最高可以采用 30V 电压（取决于具体应用）。汽车系统通常采用 12V 电池，但有些大型汽车最高会采用 24V 电池。

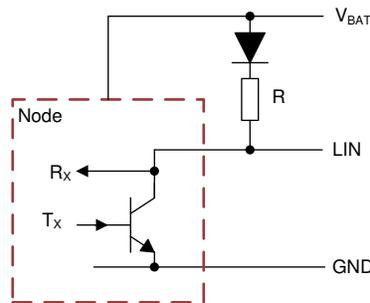


图 3-1. LIN 驱动器简化原理图

#### 3.1 总线信令基础

关于总线上的这些电压电平，存在大多数收发器都遵守的阈值，有些公司采用的阈值可能与这些标准值略有偏差。由于采用的是单端通信方案并且这些阈值无法由电压差来设定，这些阈值基于系统中的电池电压百分比。这些阈值决定什么时候是“隐性位”，什么时候是“显性位”。隐性与显性分别就是总线上高电平和低电平的不同表述方式。该命名约定来自于总线与收发器彼此之间的交互方式以及 IC 侧的信号生成方式这两个概念。

在高电平状态下，仪表组相当于一个开漏电路，这意味着总线需要一个上拉电阻，并且所有节点均通过收发器被动地连接到总线。收到提示时，收发器会控制总线上的电压电平。上拉电阻确保当收发器的 TXD 控制处于关闭状态时，所说总线上的电压电平达到或接近电池电压电平。在收发器被激活且 TXD 控制晶体管导通后，总线会驱动为低电平，接近接地电平，并且高电平状态会被覆盖。因此，当收发器关断或处于无源状态时，总线会被拉至高电平，也就是“隐性”状态。当收发器 TXD 开始导通并变为有效状态时，总线会驱动为低电平，也就是“显性”状态。

### 3.2 上拉电阻值

指挥官节点的上拉电阻值和响应者节点的上拉电阻值并不相同。根据 LIN 规范，指挥官节点需要一个外部上拉电阻器和一个二极管。典型值为  $1\text{k}\Omega$ （其他典型值为  $600\Omega$  和  $500\Omega$ ），与一个二极管串联（提供反极性保护）并连接到电池电压。LIN 响应者的典型上拉电阻值为  $30\text{k}\Omega$ ，并且在所有现代 LIN 收发器中，该电阻器均集成在 IC 中，因此响应者配置中无需外部上拉电阻。

### 3.3 阈值

若要满足这些隐性和显性电压电平要求，发送器和接收器分别需要达到不同的电平。对于显性脉冲（低电平），发送器必须将电压电平向下驱动至电池电压电平的 20%，而接收器将在其终端电压电平达到 40% 时解析显性位。对于隐性脉冲（高电平），发送器必须将电压驱动至电池电压的 80%，而接收器会在总线上的电压电平达到 60% 时解析隐性位。接收器与发送器之间的电平差异是外部电源电压与实际 LIN 总线电压之间的差异导致的。导致外部电源与总线电平之间出现偏差的主要原因包括布线上可能出现的压降、接地漂移，或者只是总线上滤波器件导致的变化。

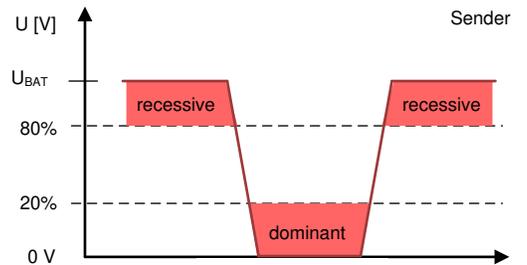


图 3-2. 发送器的总线信号阈值

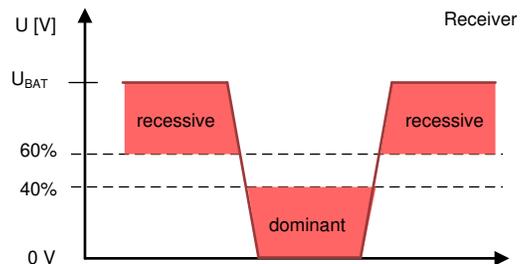


图 3-3. 接收器的总线信号阈值

### 3.4 位速率容差和时序要求

LIN 的位速率范围为 1 至 20 千比特/秒，位速率容差为  $\pm 14\%$ 。14% 这个值是使用低成本的片上振荡器造成的，借助内部校准功能，可以实现优于  $\pm 14\%$  的精度。此精度支持检测报文流中的中断，而借助使用同步域实现的时序校准，报文帧本身就能确保报文的收发。温度变化和电压漂移都可能导致位速率发生变化，在测量位速率和生成报文帧其余部分（在同步域后）时，这些变化由片上振荡器导致。

### 3.5 同步和位采样

除了一种特殊用例外，所有位时间都以指挥官节点的位时序作为参考。同步字节由“0x55”（8 个由 1 和 0 交替构成的位，以 0 开头）组成，其本质上就是给定频率的时钟信号。该模式的下降沿用于实现同步，它与开始位和停止位（总共 10 位）相结合，因此响应者节点的同步总共需要 4 个下降沿。这还使得能够准确地测量位宽 ( $T_{\text{BIT}}$ )。不过，市场上采用的不同同步方法在位采样（不一定都在开始位的下降沿）方面有所不同，因此 LIN 2.2 规范中移除了开始位采样规范。这样一来，支持开始位采样的所有方法便可以满足位域同步时序要求（ $t_{\text{BFS}}$ ，定义为  $T_{\text{BIT}}$  典型值的 1/16 或  $T_{\text{BIT}}$  最大值的 2/16）。

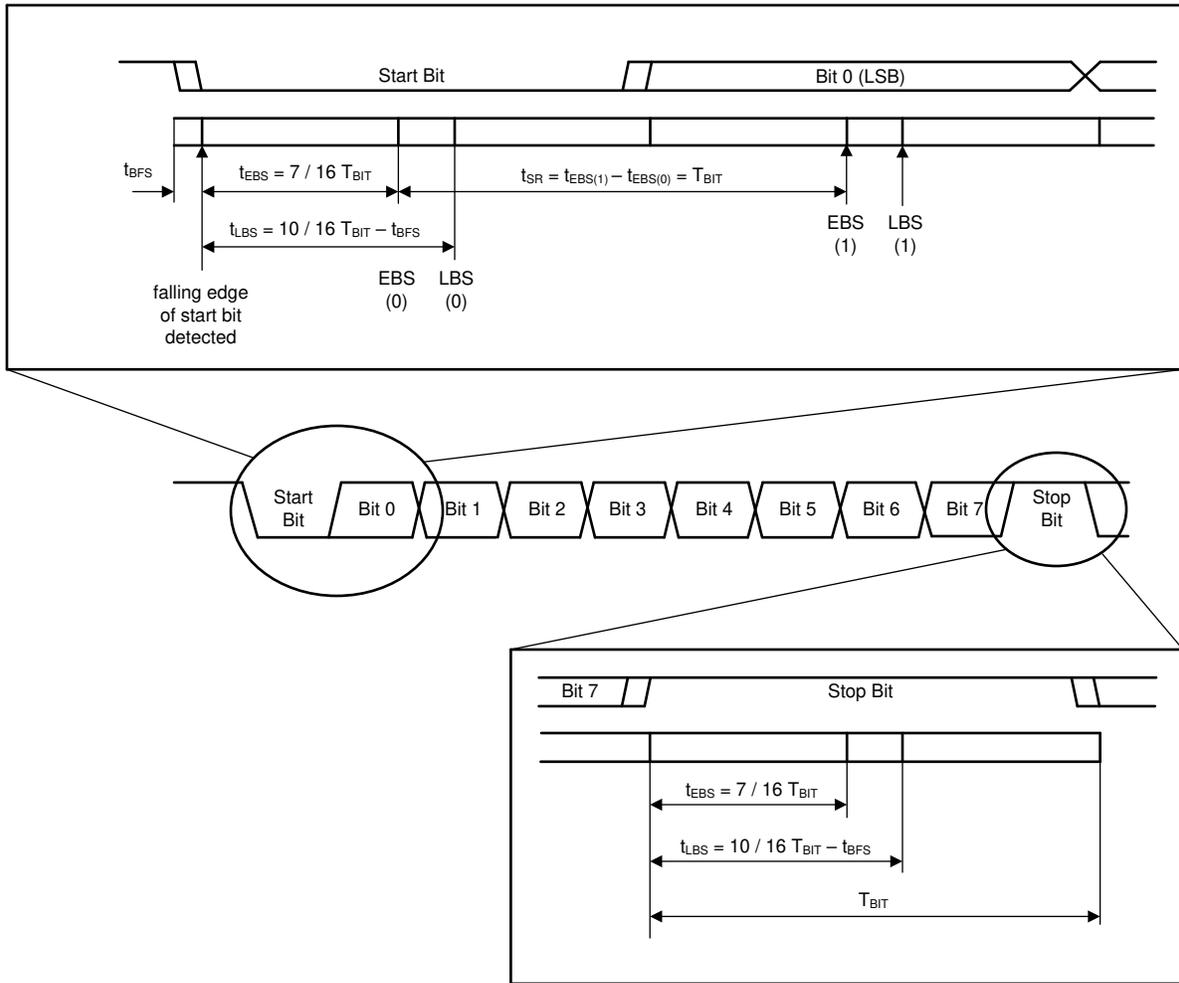


图 3-4. 位采样示意图

响应器节点完成同步后，必须准确地对每个位进行采样，以确保 LIN 仪表组能够正确地解析报文。每个位都应该在第一个位样本 ( $t_{EBS}$ ) 和最后一个位样本 ( $t_{LBS}$ ) 之间进行采样； $t_{LBS}$  取决于  $t_{BFS}$ ，如方程式 1 所示：

$$t_{LBS} = 10/16 T_{BIT} - t_{BFS} \quad (1)$$

$T_{EBS}$  定义为  $7/16 T_{BIT}$  最小值。然后，以采样率 ( $t_{SR}$ ) 对第一个位之后的其余位进行采样。这些基于前一个位 ( $n - 1$ ) 的第一个位样本和当前位 ( $n$ ) 的第一个位样本，如以下公式所示：

$$t_{SR} = t_{EBS(n)} - t_{EBS(n - 1)} = T_{BIT} \quad (2)$$

### 3.6 占空比

为了确保发送的报文得到正确解析，LIN 总线必须满足根据电池电压而定的正确电压电平，并且必须在接收器的正确位采样时间内达到这些电压。

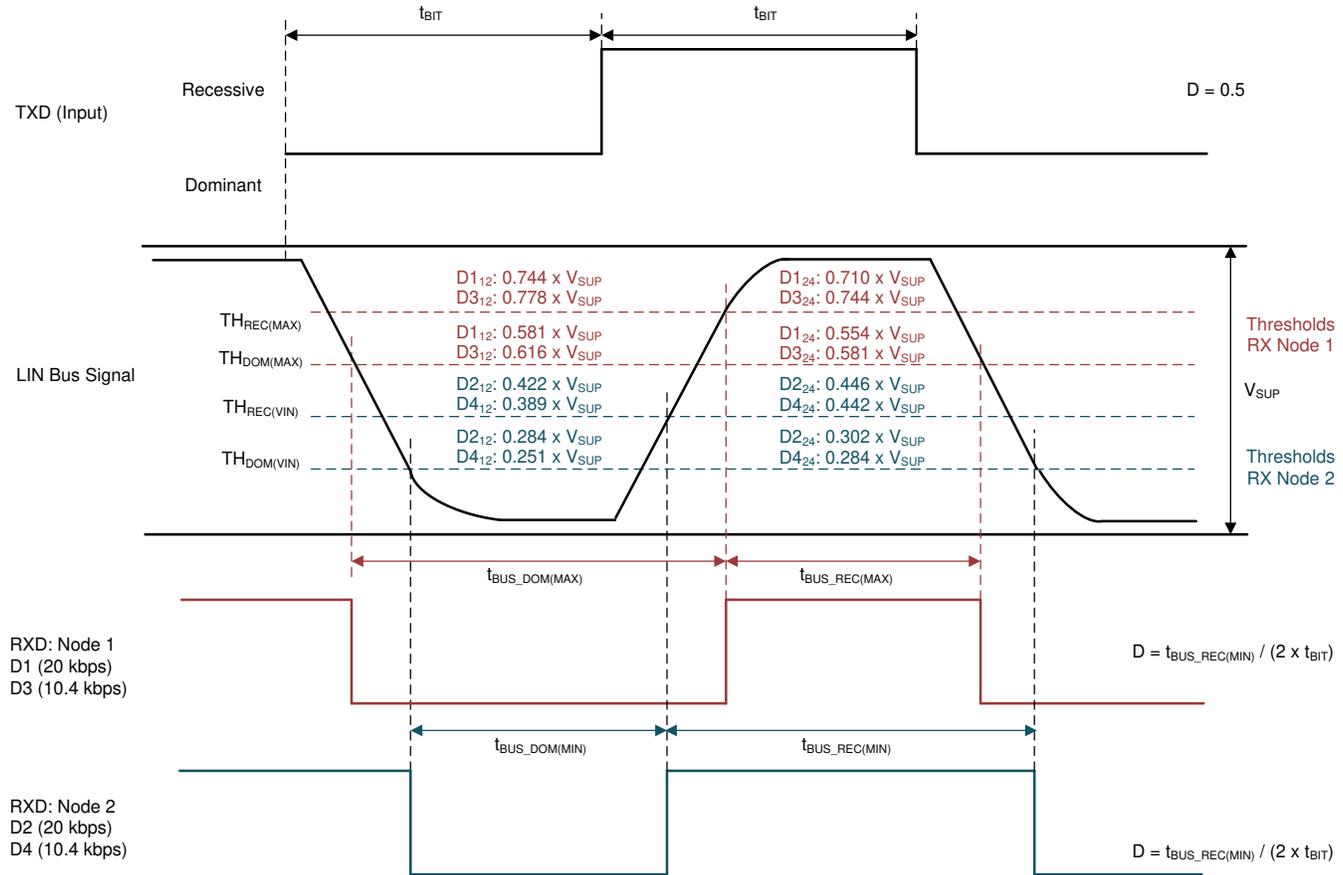


图 3-5. 总线占空比要求

图 3-5 来自 [TLIN1029-Q1 具有显性状态超时的本地互连网络 \(LIN\) 收发器](#)，并参考了 LIN 规范。它将总线时序定义为对每个位进行正确采样所需的一项要求。根据该定义，在收发器的设计中，从 TXD 传播到 LIN 以及从 LIN 传播到 RXD 时，占空比不会失真。由于这里不会随报文发送时钟信号，并且同步基于同步域，如果占空比变化太大，指挥官时钟或响应者时钟也会发生变化。这会影响到该下电上电剩余时间内的时序。

## 4 滤波、距离限制、总线上的节点

### 4.1 EMI 和信号调节

为了缓解任何 EMI 问题（来自或影响收发器）并帮助应对瞬态脉冲和 ESD 冲击，强烈建议对 LIN 总线进行 EMI 滤波，这也是一项必要措施。除了 LIN 报文本身会通过上升沿、下降沿以及非对称波形辐射噪声外，汽车内其余部分的噪声也可能会渗透到 LIN 总线上。布线、GND 或电池线路本身都会导致该问题。电池线路是尤其令人不悦的噪声罪魁祸首，因为它会连接到汽车中的所有其他系统，尽管与其他 ECU 之间的隔离和强滤波有助于解决这个问题。

总线滤波至少由指挥官处和每个响应者节点处各一个分流电容器组成。必须仔细考虑，确保总线上的电容不会出现过载，因为这会导致边沿速度变慢很多并会破坏总线上的位解析。在响应者节点上，总线电容的典型值为 220pF，最高可达指挥官节点上该值的十倍。使用的其他方法包括与总线连接电感器，使用铁氧体磁珠，以及使用电感器-电容器-电感器 T 滤波器。铁氧体磁珠和 T 滤波器的价格往往更贵一些，因此标准做法更倾向于使用电感器。这会与总线构成一个 LC 滤波器，而后者是一种比较合适的低成本抑制技术。

### 4.2 ESD 和瞬态

ESD 冲击和瞬态脉冲抑制对于 LIN 总线也很重要。任何应用中都存在 ESD 冲击和瞬态脉冲，但汽车环境中尤其如此，因为汽车中有很多 ECU 彼此靠近放置。这些系统不得因为这些高压现象导致的任何破坏或功能中断而受到影响，这一点尤其重要。总线上的电容器通过减慢脉冲边沿，有助于缓解 ESD 冲击问题，但这并不足以阻止它将电流驱动至器件并可能导致通信中断。特制的 ESD 保护和 TVS 二极管便是为应对这种情况而设计的。LIN 收发

器经过测试，确保可以承受这些冲击。在这些测试中，对于 ESD 直接接触，典型通过级别值为  $\pm 6\text{kV}$ ；对于瞬态脉冲，该值为  $\pm 100\text{V}$ 。

### 4.3 距离和节点限制

LIN 规范定义了可连接到 LIN 总线的最大节点数量：1 个指挥官节点和 16 个响应者节点，最大电缆线束长度：40m。根据上述定义，与其他通信接口相比，这时不必担心总线上的节点太多，也不用担心电缆太长。为了进行正确通信，总线上的电容仍需要保持在合理的范围内，而这可能会受到电缆长度、节点或总线滤波的影响。

定义中限制了电缆长度和节点数量，因此要注意的唯一参数是任何增加的电容；最好遵循以下原则：在通信速度为 20kbps 时，总线总电容保持在低于或接近 10nF。图 4-1、图 4-2 和图 4-3 展示了标称电容量产生的影响，以及电容过大时会出现的情况。当电容过大时，上升沿无法及时达到完整电压电平来传输下一个位，因此会出现位解析错误，如 RXD 波形所示。

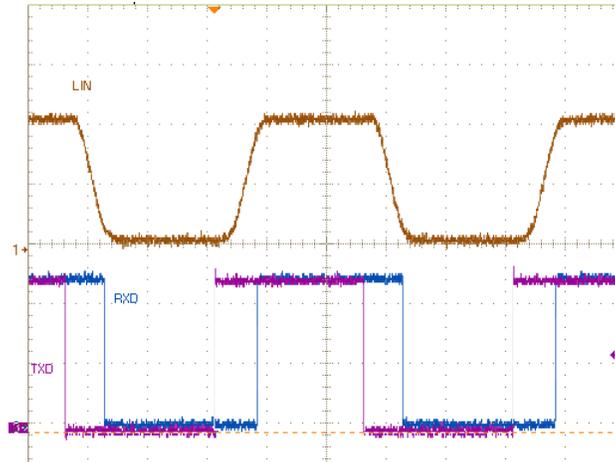


图 4-1. 具有 220pF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文

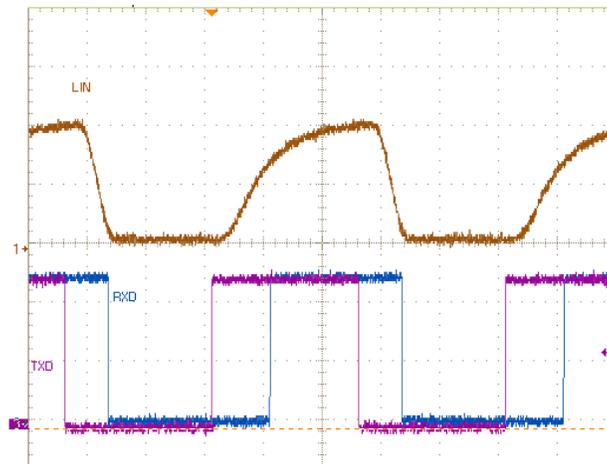


图 4-2. 具有 10nF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文

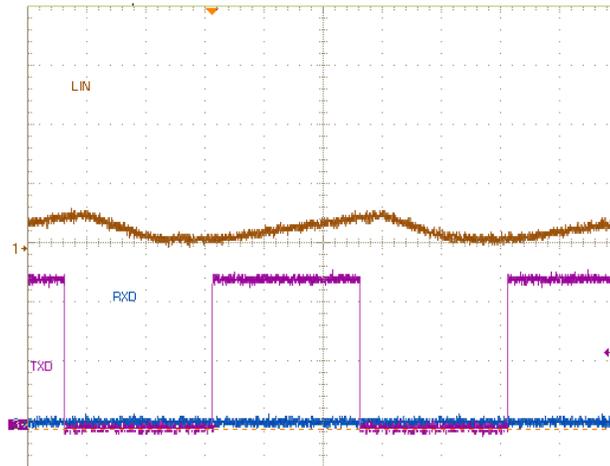


图 4-3. 具有 220nF 电容的 LIN 总线，20kbps 报文

## 5 LIN 收发器特殊功能

大多数新型 LIN 收发器都具有一些特殊功能，可帮助满足特定的应用需求。这里列出的功能大多适用于专注低功耗的系统。虽然对这些功能的描述是针对 TI 器件的，但可以泛化用于业内的所有收发器。对于其他公司制造的器件，收发器模式和特定内部功能的模式及功能命名约定可能会有所不同。

### 5.1 低功耗模式

#### 5.1.1 睡眠模式

*睡眠模式* 是 LIN 收发器的低功耗模式。在系统的任何部分不需要 LIN 收发器时，该模式可起到省电的作用。将器件的使能引脚（若有的话）置于逻辑低电平，通常可以进入该模式。从 *睡眠模式* 这一名称可以看出，器件处于功能较少的状态，但仍能够监测 LIN 总线上有没有任何唤醒信号（详见节 5.2）。

在睡眠模式中，如果 LIN 总线因为任何原因而短接至地，则 LIN 驱动器会被禁用，内部 LIN 总线终端也会被关断，从而最大限度地减少电流消耗。低功耗接收器会被启用，而正常的接收器功能会被禁用，而 EN 输入仍处于有效活动状态。

#### 5.1.2 待机模式

*待机模式* 也是一种低功耗模式，如果已发送唤醒请求，但 EN 引脚仍处于低电平状态，收发器便会进入该模式。待机模式与睡眠模式的主要区别在于，在待机模式下，RXD 输出为低电平，而在睡眠模式下，RXD 输出为悬空。这会向控制器表明，器件在唤醒请求后处于待机模式，并可以通过控制 EN 引脚转换为 *正常模式*。LIN 收发器会在开启后默认进入待机模式，而无需在上电时将 EN 引脚保持为高电平。

### 5.2 唤醒

#### 5.2.1 引脚唤醒

所有 LIN 收发器都具有专门的引脚以从睡眠模式唤醒器件（如果器件具有睡眠模式），这些引脚可用于代替 LIN 总线唤醒请求。LIN 收发器上的 WAKE 引脚通常为高压引脚，可以响应负转换（从高电压电平到低电压电平）和/或正转换（从低电压电平到高电压电平）。

EN 引脚是 IO 电平引脚，也可用于进入和退出睡眠模式，不过这时需要考虑转换极性。负转换会将器件置于睡眠模式，而正转换会将器件置于正常模式。

#### 5.2.2 LIN 唤醒

LIN 唤醒是收发器处于睡眠模式期间在 LIN 总线上提出的一种请求。该请求是收发器在总线处于低功耗模式期间检测到的一种特定模式。该模式是一种隐性到显性的转换，其中显性位置会保持特定的时长。在显性脉冲保持了一段正确的时长后，LIN 收发器会转换到待机模式，而 RXD 会保持低电平。图 5-1 展示了该过程的时序图。

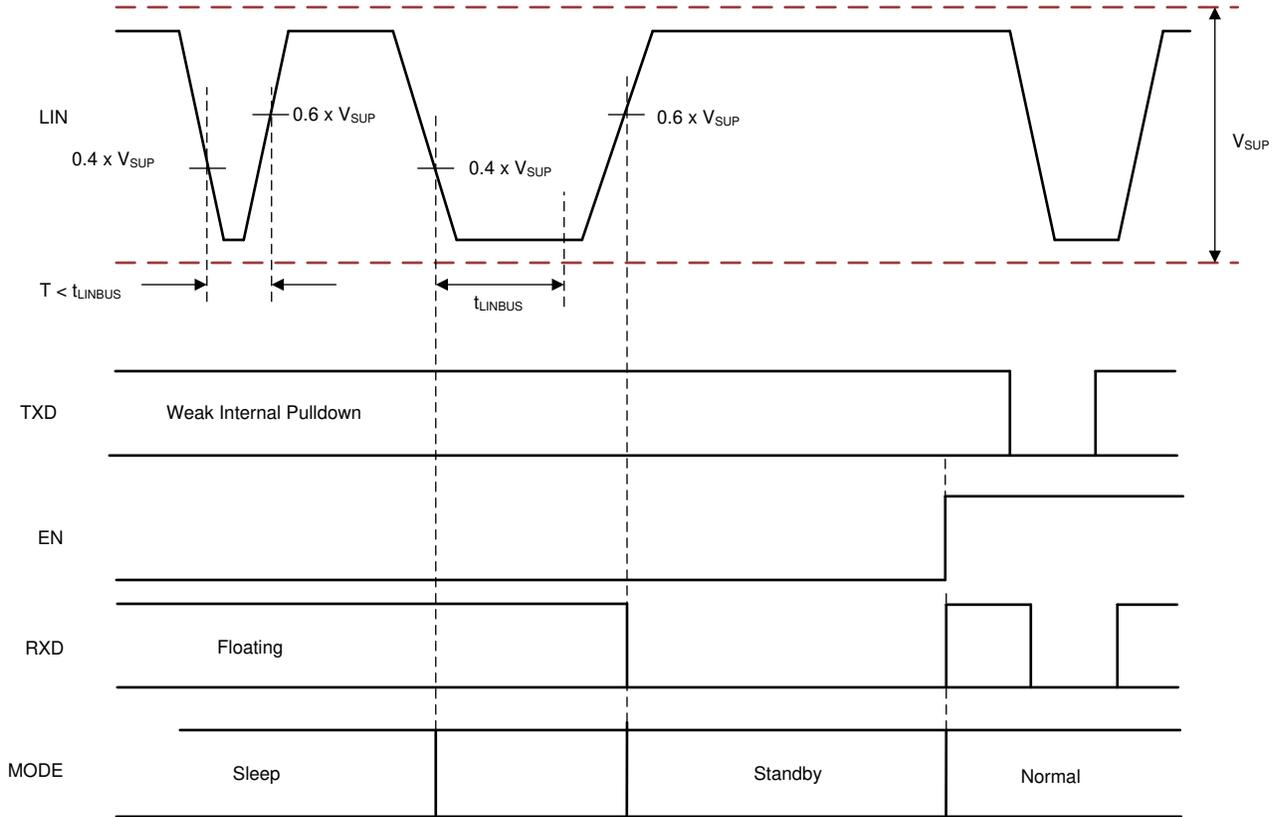


图 5-1. LIN 唤醒模式

### 5.2.3 显性超时

显性超时是 LIN 总线失效防护的一种状况，但仅会在正常模式下出现。如果 TXD 被意外地长时间驱动为低电平（显性），LIN 总线将会超时。这意味着，发送器会被禁用，并且总线会被拉高至隐性状态。对于 TI 器件，这个长时间通常为  $20 \mu s$ ，但根据设计初衷，可能会因器件而异。在 TXD 上检测到上升沿后，保护会被清除且计时器会复位。在这种情况下，发送器会被禁用，器件会保持在正常模式下，而 RXD 会跟随 LIN 总线。该保护功能旨在确保 LIN 保持为显性期间发生电池短路时不会消耗过多的功率。

## 6 优缺点

与更强大的通信接口相比，LIN 的主要优点在于其简易性。LIN 接口成本低、易于实现，并且相对于 CAN ( 以及其他差分接口 ) ，只需少量现成组件。单线实现带来了成本的降低和实现的简易性 ( 线束布线较少 ) ，同时具有自同步功能 ( 无需外部振荡器 ) 。低速有助于消除 EMI 的影响，而通信方案的确定性则使得报文帧具有可预测性。另外，在完善的系统中，它不会引入任何冲突。

该接口存在一些与速度和 *指挥官/响应者* 概念相关的缺点。速度较慢造成该接口不适用于汽车中的任何安全系统或其他重要系统；低带宽对此也没有帮助。另外，指挥官负责控制总线上的所有通信，因此无法进行事件驱动的通信。与 *指挥官/响应者* 方案相关的另一个严重问题是，如果指挥官丢失，整个仪表组便会失去作用，因为没有器件来驱动总线上的通信。

## 7 结论

如今，几乎所有汽车中都会采用 *本地互连网络*。它是对 CAN 的极大补充，降低了汽车内舒适系统的价格、复杂性和空间限制性。这样一来，无需提高价格，也不必牺牲燃油效率和用户体验，便可在汽车中增添更多有趣的实用技术。

## 8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

<b>Changes from Revision * (February 2018) to Revision A (August 2022)</b>	<b>Page</b>
• 将提到的所有旧术语实例更改为“指挥官”和“响应者” .....	1

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司