

# 简化CAN和LIN车载网络测试

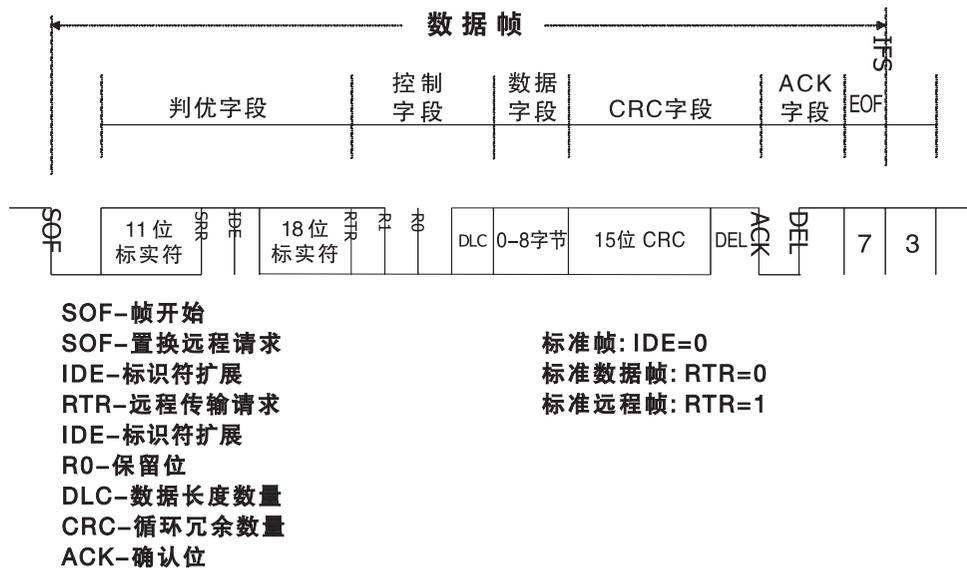


车载网络把多个模块集成起来，这些模块与环境交互，处理高速和低速信息。结果，这一网络的测试变得极具挑战性，这主要是因为有些网络部分(如节点)必须处理高速数据，以满足安全和辐射要求。其它网络部分则速度很低，其在本地

连接到照明和开关上。汽车行业主要采用两种网络技术：控制器局域网(CAN)和本地互连网(LIN)，这两种技术共存在异构网络中，使得调试和测试工作更具挑战性，更加耗时。



简化CAN和LIN车载网络测试  
▶ 应用指南



▶ 图1. 频率振荡器的容限。

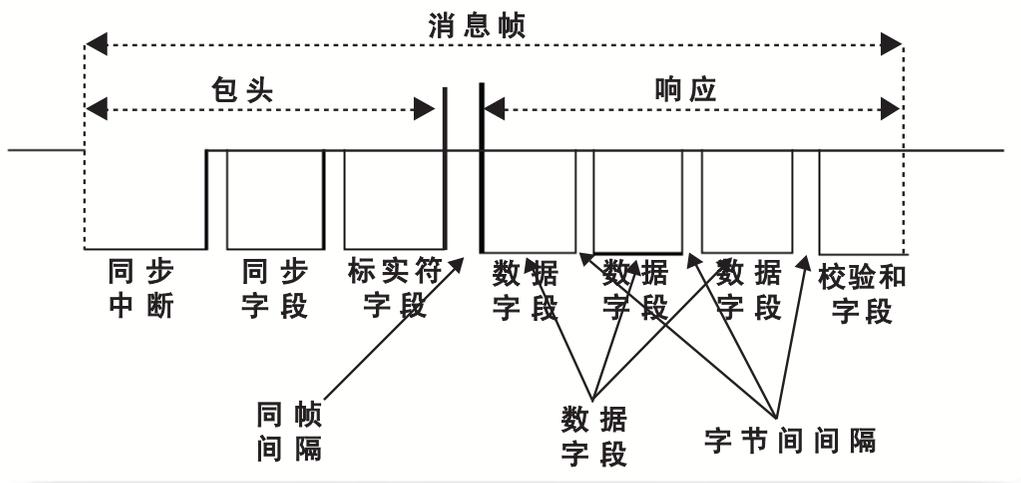
本应用指南介绍了CAN和LIN协议的基础知识。它介绍了DPO7000系列和LSA选项把集成式CAN特定触发功能与TDSVNM CAN和LIN定时和协议解码软件结合在一起，满足了在调试和测试车载网络时没有得到满足的需求。其部分主要功能如下：

- 测量频率振荡器容限和传输延迟，节约时间
- 测量总线利用率和数据速率，提高网络使用效率
- 分析CAN眼图，帮助定位CAN消息中的噪声问题
- 根据CAN帧的内容捕获CAN和LIN消息，以协议解码格式查看这些消息
- 同时捕获CAN和LIN数据，以协议解码格式查看数据，帮助定位网关上的时延
- 高级触发功能，用于物理层调试和协议解码

**CAN的基础知识**

CAN是一种连接多个控制模块使用的串行异步多主站通信协议。CAN支持1Kbps-1Mbps范围内的位速率。小于125Kbps的数据速率通常称为低速CAN。125Kbps-1Mbps的数据速率称为高速CAN。CAN节点有自己的时钟发生器，用来对进入的数据取样。可以为每个CAN节点单独配置位时间的定时参数同步段、传播段、相位段1和相位段2，即使CAN节点的频率振荡器时钟速率不同，仍能创建公共的位速率。

CAN在信令处理中使用单线、双线或容错技术。在单线CAN中，数据速率是33.3Kbps和83.33Kbps，信令采用单端信令。双线CAN数据速率是高速CAN，信令采用差分信令。容错CAN用于低速CAN数据速率。如果任何导线到电池或接地短路，那么容错CAN仍能运行。



▶ 图2.

网络中的每个CAN节点通过发送包形式的信息进行通信。每个包将包含开销和净荷。根据通信类型，包称为数据帧、远程帧、过载帧或错帧。

对车载网络，CAN节点请求数据，然后发送一个远程帧。如果节点忙着处理数据、执行优先工作，那么节点将把过载帧放在总线上，表明它目前正忙。如果CAN节点发现有校验和错误或数据毁坏，它将发送一个错帧。数据帧包含着来自CAN消息的数据。

CAN有两种协议格式：CAN2.0A和CAN2.0B。这两种版本之间的差别是地址中使用的位数不同。CAN2.0A支持11位地址，可以兼容CAN2.0B。CAN2.0B支持29位地址，也称为扩展地址。CAN2.0B与CAN2.0A一起使用。

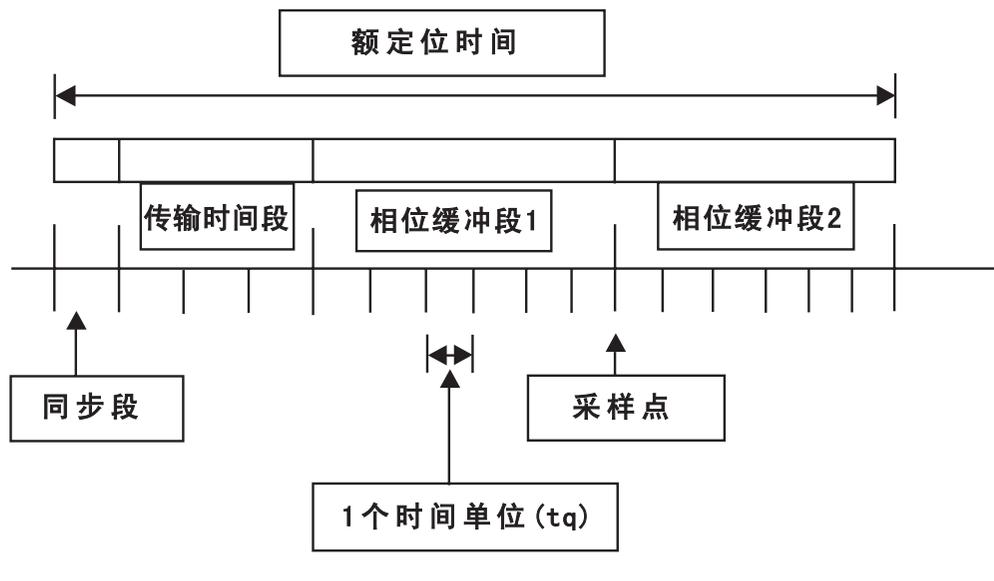
CAN2.0B的典型数据帧内容如图1所示。

#### LIN基础知识

LIN是一种基于公共UART接口的单线串行通信协议。LIN采用单主站多从站组网结构。它是为汽车传感器和驱动器组网应用开发的，用于车门控制、车灯和车窗操作。LIN主节点将LIN网络与高级网络相连，如使用控制器局域网(CAN)。

由于电磁干扰和时钟同步要求，LIN支持最大20Kbps的数据速率。

在收到和过滤标识符时，从站任务激活，开始传输消息响应。响应由2个、4个或8个数据字节和1个校验和字节组成。包头和响应部分构成了一个消息格式。LIN消息格式如图2所示



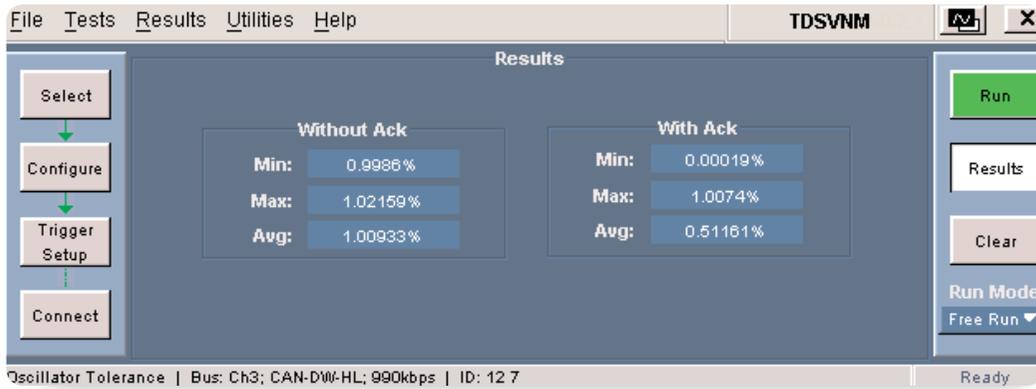
► 图3.

#### 测量频率振荡器容限和传输延迟，帮助解决位定时间问题

CAN协议的功能、位速率、位采样点和一个位周期中的样点数量都可以由用户编程。在这一过程中，用户必须知道位定时参数、参考频率振荡器容限和系统中各种信号传输延迟。

根据CAN规范，位时间分成四段，即同步段、传播时间段、相位缓冲段1和相位缓冲段2。每个段由可以编程的特定数量的时间单位组成。时间单位(tq)是位时间的基本时间单位，其长度由编程人员使用位速率预标量定义。图3说明了怎样才能

选择位时间中的时间单位，然后为4个段分配时间单位。同步段(sync\_seg)是预计发生CAN总线电平边沿的位时间部分。在sync\_seg外面发生的边沿与相位段边沿间的距离称为该边沿的相位误差。传输时间段(prop\_seg)主要用来补偿CAN网络内部的物理延时。相位缓冲段(phase\_seg1和phase\_seg2)包围在样点周围。再同步跳转宽度(SJW)规定了再同步可以在相位缓冲段规定的范围内把样点移动多远的距离，以补偿沿到沿误差。



▶ 图4. 频率振荡器的容限。

为使CAN网络正常运行，必须考虑物理延时和频率振荡器的容限范围，尽管位速率可以通过不同的位时间配置实现。CAN网络中的每个节点从自己的频率振荡器中得到位定时。这个位时间会随着频率振荡器的容限而变化。在实际系统中，由于初始容限偏置和老化及周围温度变化，频率振荡器参考频率 $f_{clk}$ 会偏离额定值。这些偏离之和得到总的频率振荡器容限。在对定时寄存器编程时，编程人员必须考虑这一变化。

在DPO7000系列上运行的CAN和LIN定时和协议解码软件(称为TDSVNM)自动测量频率振荡器容限。用户可以指定CAN节点的号码。TDSVNM中的结果将包括有ACK位及没有ACK位的整体频率振荡器容限。TDSVNM还将提供没有ACK位的数据，表明接收CAN节点对传输节点的影响。通过结合使用频

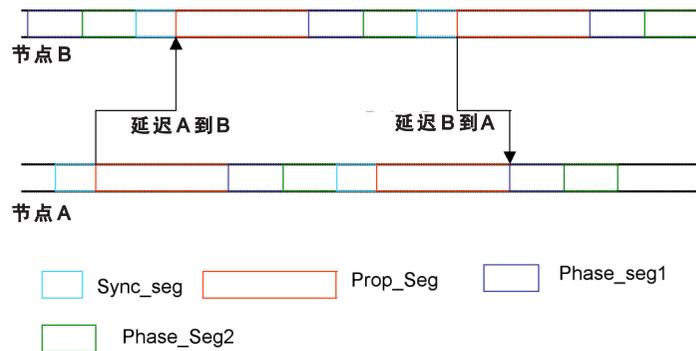
率振荡器的发送节点和接收节点容限，可以对CAN控制器定时寄存器编程，实现无差错的网络性能。

除频率振荡器容限信息外，为精确地设置样点，还要求传输延时信息。传输延迟在CAN系统中具有重要意义，这是因为CAN支持在竞争访问网络的节点之间进行非破坏性判优及同帧确认。

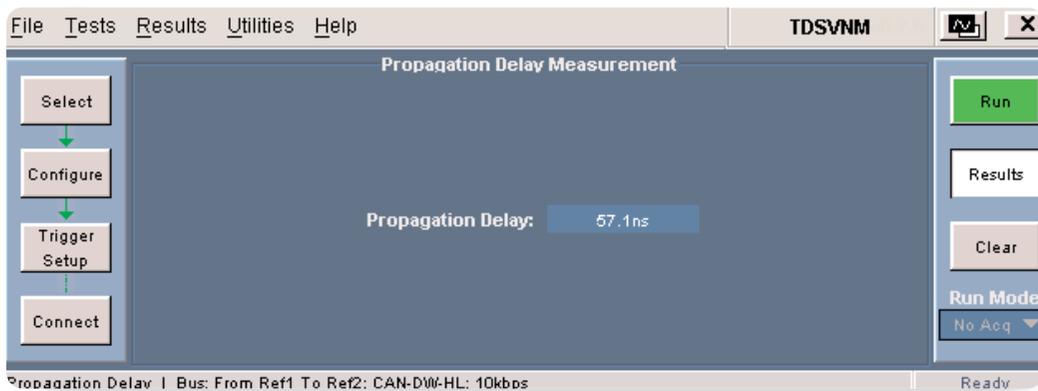
我们假设有两个CAN节点A和B。两个节点A和B之间的单向传播延迟规定为 $t_{prop}(A,B)$ 。由于两个节点之间的信号传播时间，同步到CAN总线上码流的任何CAN节点将与发射机码流不同相。

## 简化CAN和LIN车载网络测试

► 应用指南



► 图5.



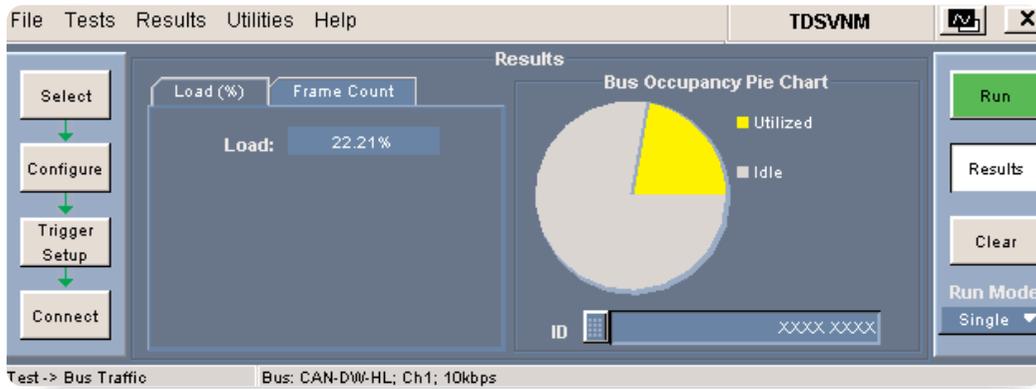
► 图6. 传播延迟。

在图5中的实例中，两个节点A和B都是对CAN总线执行判优的发射机。节点A发送帧开始位的时间比节点B早不到一个位时间，因此节点B把自己同步到收到的从隐性到显性的边沿。由于节点B是在发送后同步的这一边沿延迟(A\_to\_B)，因此B的位定时段相对于A发生位移。节点B发送优先级更高的标识符，因此在发送显性位时，在特定标识符上它会赢得判优，而节点A则传输隐性位。节点B发送的显性位将在延迟(B\_to\_A)后到达节点A。

由于频率振荡器容限，节点A的样点的实际位置可能会位于节点A同相的段额定范围内的任何地方，因此节点B传输的位必须在phase\_seg1开始前到达节点A。这一条件定义了prop\_seg的长度。

如果节点B传输的从隐性到显性的边沿在phase\_seg2开始后到达节点A，那么可能会发生节点A对隐性位、而不是显性位取样的情况。这会导致误码，并使用错误标记破坏当前帧。

这个问题要求工程师在对CAN控制器的定时寄存器编程时考虑精确的数据。现在，TDSVNM软件提供了自动测量传输延迟的功能。TDSVNM可以自动测量频率振荡器容限和传输延迟，用户可以使用来自车载网络的实际环境数据对寄存器编程。参见图6。



► 图7.总线利用率结果。

### 测量总线利用率和数据速率，高效利用车载网络

汽车行业推荐，车载网络应以总线负荷的30%运行，以高效利用网络。如果运行负荷超过30%，会导致汽车中节点可能产生过载帧，或者可能不允许发生优先级低的活动。其结果，会导致车载网络不能正常运行。

CAN节点在总线空闲时传输消息。由于有线方式和逻辑，在两个节点开始同时传输消息时，优先级高的消息会优先于优先级低的消息。优先级最低的节点会再次试着在总线空闲时访问总线。由于总线过载，可能会出现优先级低的节点一直不能访问总线进行传输的情况。优先级较低的节点会长于希望的时延。为分析总线利用率和调试问题，应该知道总线在哪种情况下会发生过载，比如：

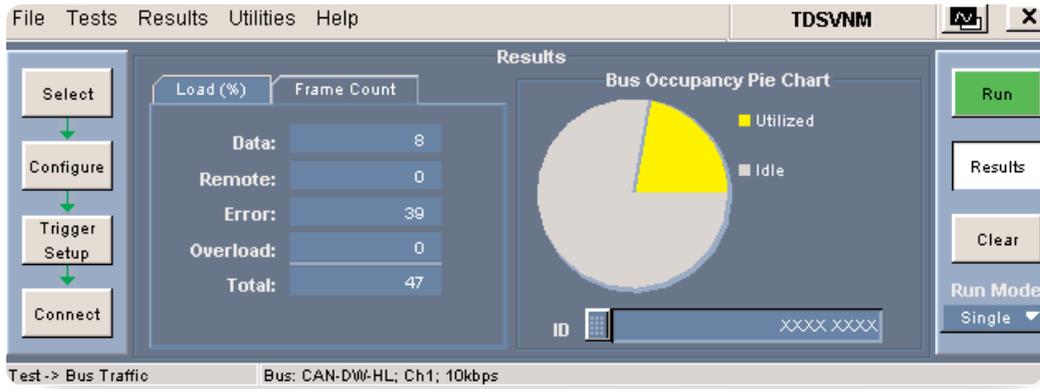
1. 具有特定ID的消息
2. 错帧
3. 过载帧

在检测到特定号码、数据内容、错帧或过载帧时，TDSVNM软件现在能够测量总线的利用率。通过使用这种功能，可以调试在不同车辆工作条件下的网络负载。图7显示了总线利用率测试结果。

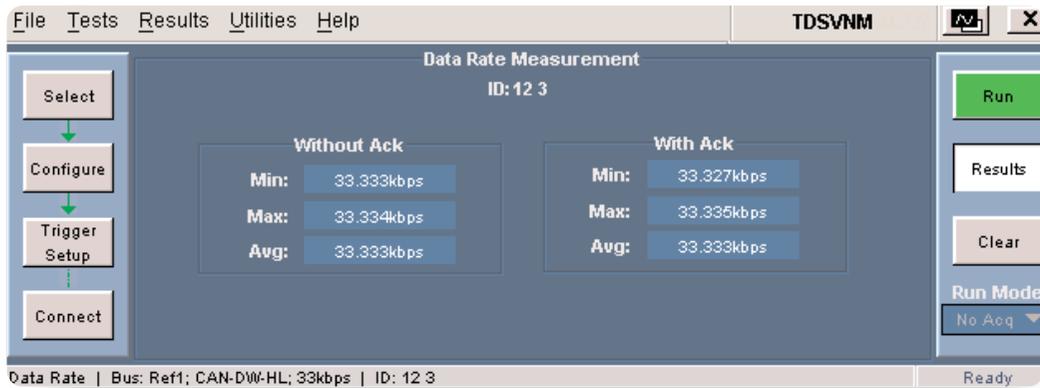
为进一步分析总线利用率，用户可以选择查看饼图中的不同帧数。帧数图提供了数据帧数、错帧数、远程帧数和过载帧数。这种分布可以找到CAN总线过载的原因。在数据帧内部，还可以查看特定ID的数据帧数。这应有助于测试优先级高的节点是否正在占用总线。通过使用这一结果，可以对CAN时间表编程，以实现更加可以接受的性能，并在要求时重新分配CAN节点的优先级，以高效地使用CAN总线。图8显示了CAN流量中帧的分布情况。

## 简化CAN和LIN车载网络测试

► 应用指南



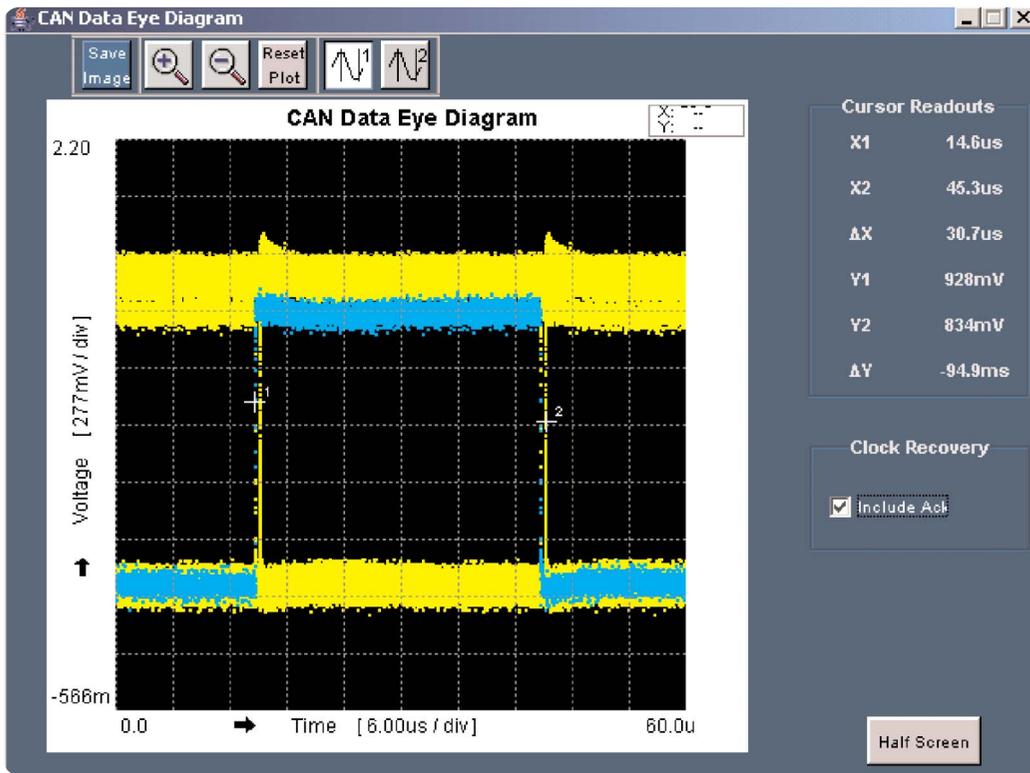
► 图8. 按帧类型划分的总线利用分布情况。



► 图9. 数据速率结果。

车载网络拥有大量的节点。大家都知道，每个CAN节点都可以以不同的CAN系统时钟运行。但是，通过使用定时寄存器波特率预分频，可以使所有CAN节点都以一个固定数据速率运行。由于人为错误及CAN系统时钟变化，在集成到车载网络中时，数据速率可能与CAN总线数据速率不一致。在这个节点发送或接收任何CAN消息时，节点会生成错误消息，导致网络效率低下。

DPO7000系列和选项LSA把TDSVNM CAN和LIN定时和协议解码软件与集成式CAN特定触发功能结合在一起，通过这一系统，用户可以对特定ID捕获CAN消息，测量数据速率。通过使用这一测量，可以迅速定位数据速率与其它CAN节点数据速率不一致的节点。参见图9。



▶ 图10. CAN眼图，带有ACK位。

### CAN眼图分析帮助定位CAN消息中的噪声问题

车载网络在具有电气噪声的环境中运行。这导致CAN信号很容易受到电气噪声影响，进而导致幅度畸变，在信号中增加抖动、尖峰和毛刺。这种失真的信号会导致车载网络不能正常运行。

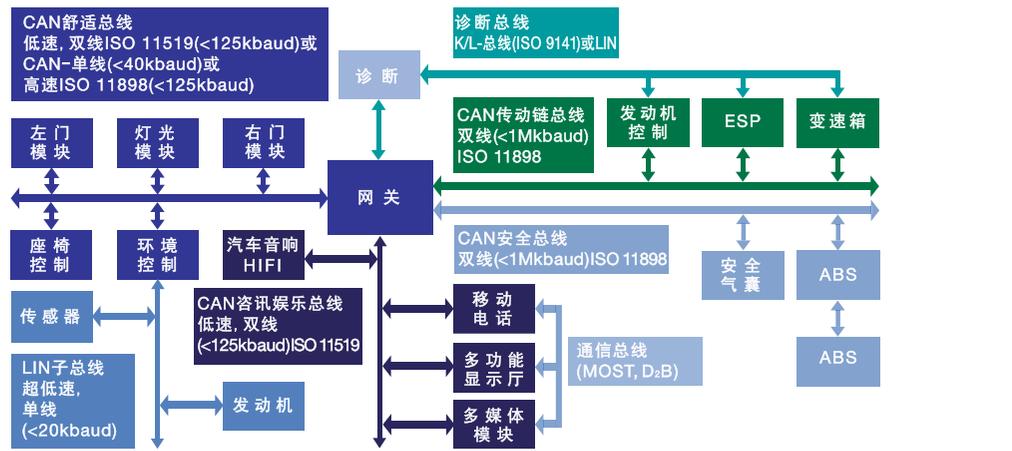
通过使用TDSVNM软件，用户可以指定ID作为触发条件，来

触发和捕获希望的CAN消息。TDSVNM自动设置示波器，以非常高的时间和幅度分辨率捕获希望的CAN消息，从而捕获所有信号信息。眼图会迅速显示信号中的幅度偏差和抖动变化。

图10是CAN眼图。可以使用光标进行幅度和抖动测量。带有ACK位和没有ACK位的眼图可以隔离发送节点或接收节点中的问题。蓝色轨迹表示CAN眼图中的ACK位。

## 简化CAN和LIN车载网络测试

► 应用指南

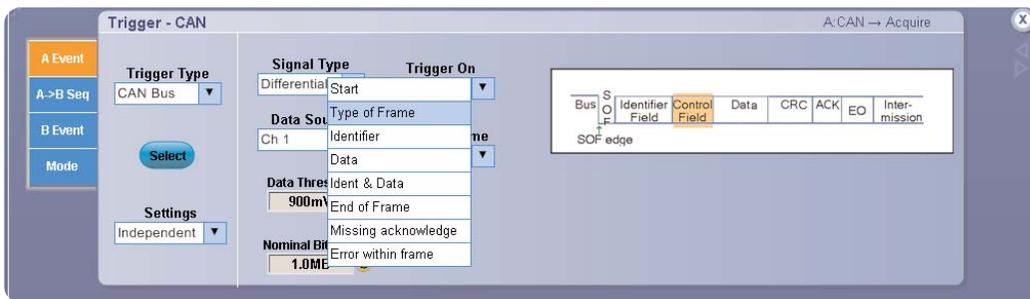


► 图11.典型的车载网络。

### CAN和LIN消息的协议解码

一旦物理层在车载网络中全面运行，固化软件将与ECU(发动机控制单元)集成在一起。在这一活动过程中，用户可以以数据链路层格式查看OSI的物理层活动。图11是典型的车载网络。

在图11中，多条总线使用网关互连起来。舒适总线和资讯娱乐总线通常以低于125Kbps的速率运行，传动链总线和安全总线以500Kbps-1Mbps的数据速率运行。



▶ 图12. TDSVNM中的触发设置。

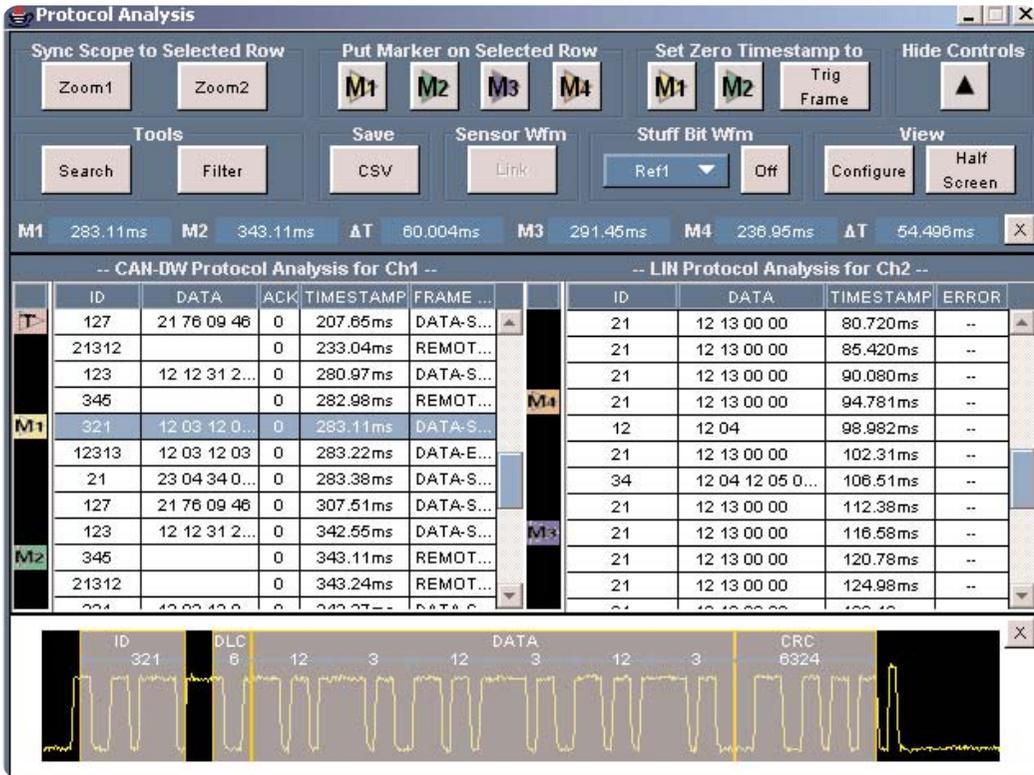
LIN总线接入到舒适总线上。在不同总线之间使用网关交换数据。在这个异构网络中，需要进行的分析如下：

- 触发特定CAN帧内容，捕获总线业务，以数据链路层格式查看信息
- CAN消息之间的时戳
- 检定不同网段之间的通信
- 能够同时查看两个网段中的协议活动。两个网段可以是CAN-CAN或CAN-LIN
- 检定网关的性能，确定网段之间信息交换的时延及信息交换的准确性

DPO7000系列和LSA选项提供了协议解码功能，其把集成式CAN特定触发功能与TDSVNM软件结合在一起，为满足上述需求提供了领先的解决方案。

通过使用与DPO7000系列集成式CAN触发功能接口的TDSVNM软件，用户可以捕获特定CAN帧内容上的CAN业务。TDSVNM解决方案可以监测CAN2.0A或CAN2.0B帧。用户可以灵活地选择帧类型，如数据帧、过载帧、远程帧或错帧。根据帧中的内容，用户可以指明要监测的内容，并发起捕获。DPO7000触发设置用户界面如图12所示。

简化CAN和LIN车载网络测试  
▶ 应用指南



▶ 图13.CAN和LIN协议解码信息。

但是，采用YT格式捕获的数据很难解释NRZ数据，很难知道CAN消息中的内容。TDSVNM解码YT波形，以十六进制或二进制格式显示数据，节约了时间，不会产生人为错误。协议解码结果如图13所示。

TDSVNM软件提供了各种分析工具，允许用户以许多不同的

形式分析数据。例如，它使用参考触发条件的时戳，并可以灵活地选择希望的帧，作为使用标尺的参考标准。通过在任意两条希望的CAN消息之间放置两个标尺，用户可以知道两条消息之间的时间。可以同时找到在两条不同总线之间交换数据的准确性及通信时延。市场上没有任何其它示波器软件能够做到这一点。

CAN触发功能	DPO7000系列 内置CAN触发器	ATM1触发模块
基本功能	数据帧 错帧 远程帧 过载帧 ID,数据,ID和数据 ACK 帧头/帧尾	数据帧 错帧,无源和有源 远程帧 过载帧 ID,数据,DLC ACK,表单,CRC
高级功能		ID和数据值可以设为<,>,/,位于范围内和位于范围 外任意三条CAN 2.0A/B消息之间逻辑关系OR If-then-else状态触发 状态数量: 3 每个if/then事件最大数量: 2 每个if/then触发操作最大数量: 3 计数器和定时器数量: 每套两个

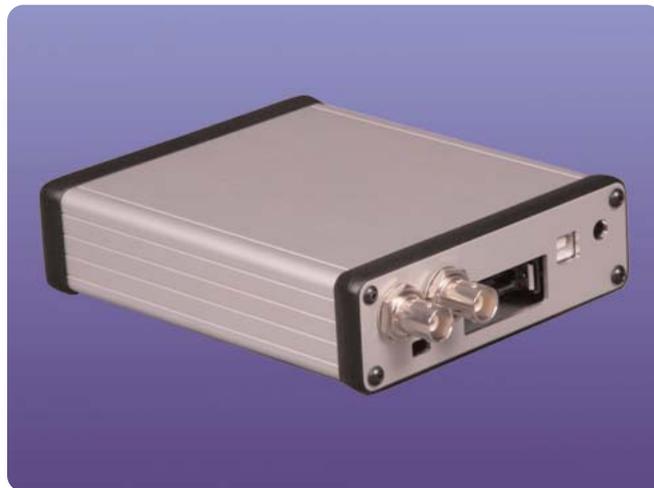
▶ 表1. 配有ATM1模块的触发功能。

### 通过更多的触发功能，完成更多的协议调试工作

通过使用DPO7000系列的内置触发功能，用户还可以同步帧头或帧尾、特定标识符、数据、甚至帧内未确认或错误。

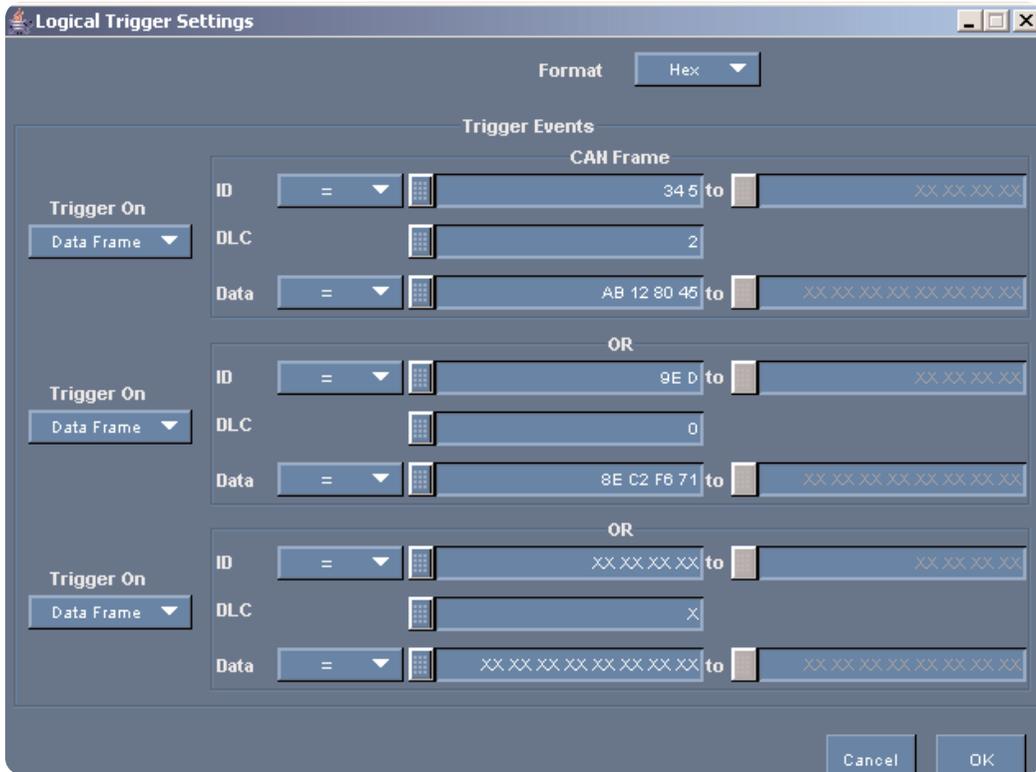
但是，如果用户需要更多的调试功能，如复合触发和数据过滤，那么Crescent Heart软件公司提供的ATM1自动触发模块为满足这些需求提供了业内领先的解决方案。通过使用ATM1，用户可以触发帧内的DLC、无源错帧或有源错帧，还可以执行级联触发或if-then-else触发。

表1详细列出了ATM1自动触发模块提供的触发功能。



▶ 图14. ATM1外部触发模块。

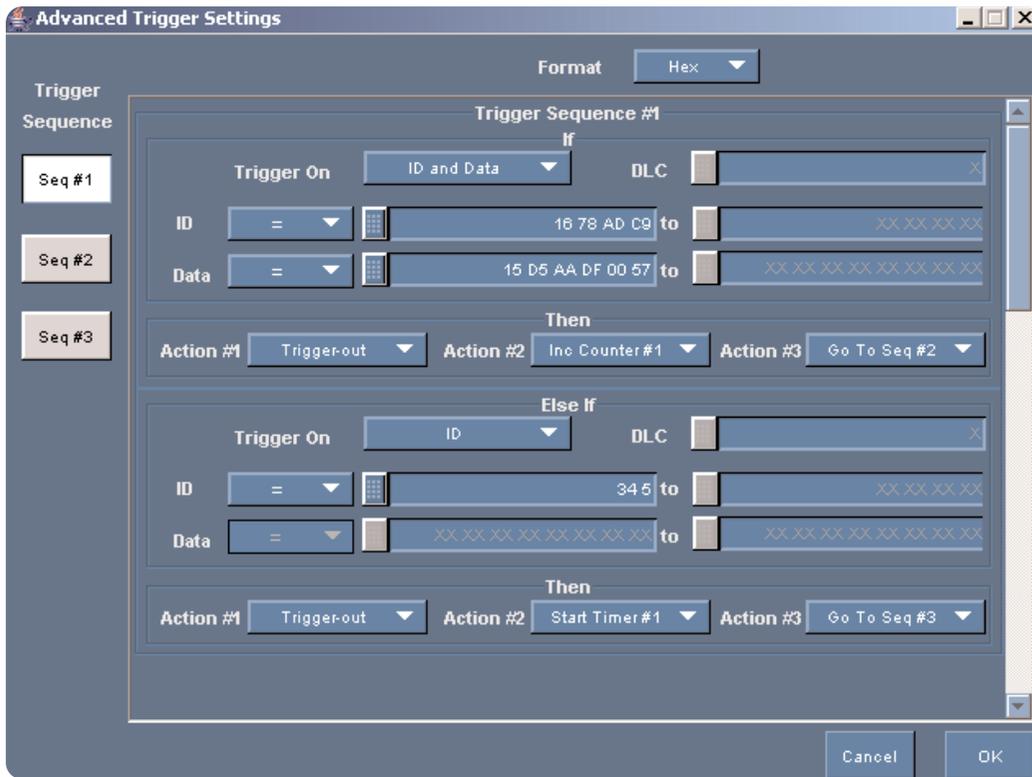
简化CAN和LIN车载网络测试  
▶ 应用指南



▶ 图15.任意三个帧内容之间的逻辑触发设置。

图15和图16说明了怎样在TDSVNM软件中设置ATM1触发功能。LSA选项把集成式CAN特定触发功能与TDSVNM CAN和LIN定时和协议解码软件结合在一起，把通用的泰克DPO7000系列示波器转换成完善的车载网络管理工具。它提供了业内领先的功能。

- 测量频率振荡器容限和传播延迟，节约时间
- 测量总线利用率和数据速率，提高网络使用效率
- 分析CAN眼图，帮助定位CAN消息中的噪声问题



▶ 图16. 可监控多重触发条件的If-then-else触发功能。

- 根据CAN帧的内容捕获CAN和LIN消息，以协议解码格式查看这些消息
- 同时捕获CAN和LIN数据，以协议解码格式查看数据，定位网关中的时延
- 高级触发功能，用于物理层调试和协议解码
- 采用额外的ATM1触发模块，实现复合触发和数据过滤

通过DPO7000系列，您可以更好地查看车载网络，更快地完成工作，保证无缝可靠地运行网络。

#### 参考资料

- 飞利浦公司应用指南AN97046
- 博世公司技术文章：CAN位定时的配置

**泰克科技(中国)有限公司**  
上海市浦东新区川桥路1227号  
邮编: 201206  
电话: (86 21)5031 2000  
传真: (86 21)5899 3156

**泰克北京办事处**  
北京市海淀区花园路4号  
通恒大厦1楼101室  
邮编: 100088  
电话: (86 10)6235 1210/1230  
传真: (86 10)6235 1236

**泰克上海办事处**  
上海市静安区延安中路841号  
东方海外大厦18楼1802-06室  
邮编: 200040  
电话: (86 21)6289 6908  
传真: (86 21)6289 7267

**泰克广州办事处**  
广州市环市东路403号  
广州国际电子大厦2807A室  
邮编: 510095  
电话: (86 20)8732 2008  
传真: (86 20)8732 2108

**泰克深圳办事处**  
深圳市罗湖区深南东路5002号  
信兴广场地王商业大厦G1-02室  
邮编: 518008  
电话: (86 755)8246 0909  
传真: (86 755)8246 1539

**泰克成都办事处**  
成都市人民南路一段86号  
城市之心23层D-F座  
邮编: 610016  
电话: (86 28)8620 3028  
传真: (86 28)8620 3038

**泰克西安办事处**  
西安市东大街  
西安凯悦(阿房宫)饭店322室  
邮编: 710001  
电话: (86 29)8723 1794  
传真: (86 29)8721 8549

**泰克武汉办事处**  
武汉市武昌区民主路788号  
白玫瑰大酒店924室  
邮编: 430071  
电话: (86 27)8781 2760/2831  
传真: (86 27)8730 5230

**泰克香港办事处**  
香港铜锣湾希慎道33号  
利园3501室  
电话: (852)2585 6688  
传真: (852)2598 6260

#### 了解更多信息

TEKTRONIX维护一个全面的和不断扩展的应用文章, 技术简介和其他资源的集锦, 可帮助工程师使用最新的技术, 请访问: [WWW.TEKTRONIX.COM](http://WWW.TEKTRONIX.COM)



版权所有 © 2005, Tektronix, Inc. 版权所有。Tektronix 产品受美国 and 外国专利权(包括已取得的和正在申请的专利权) 的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改产品规格和价格的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。引用的其它所有商标名称均为他们各自公司的服务标志、商标或注册商标。 10/05 FLG/BT 61C-19063-1

**Tektronix**  
Enabling Innovation