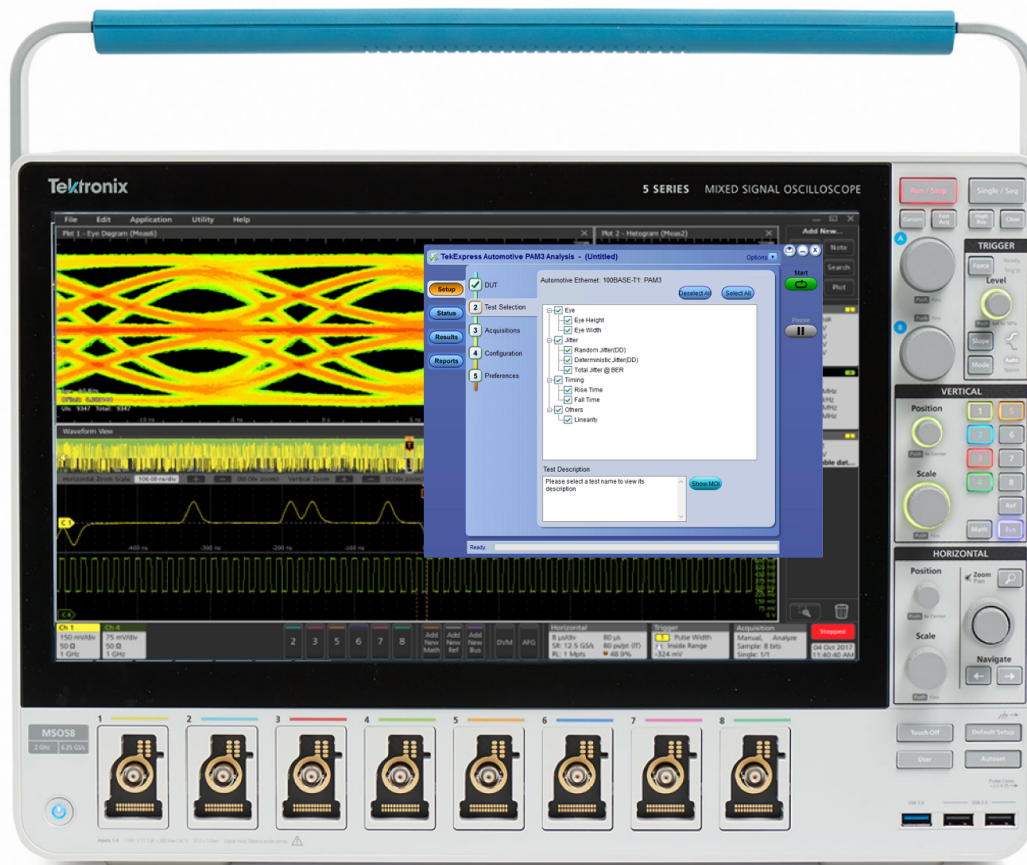


# TekExpress 汽车以太网信号分离和 PAM3 分析

## 信号完整性和协议解码产品技术资料

### 更深入地了解 PAM3 汽车以太网设计



对汽车以太网设计、测试和调试，泰克提供了完善的 PAM3 信号分析、信号质量测试和协议解码测试解决方案。

#### 主要功能

- **信号分离软件**：泰克信号分离软件(正在申请专利)可以执行信号分析或协议解码，而不会影响 ECU 系统，也不用剪断以太网电缆安装定向耦合器。
- **PAM3 分析**：您可以在实际 ECU 环境中对主 ECU 或从 ECU 执行 PAM3 分析，测量眼图张开程度，执行眼图模板测试，分离抖动，绘制 BER 图。

- **增强时钟恢复**：软件时钟恢复提供了业内最强健的时钟恢复功能，即使是严重损伤的信号。
- **信号质量测试**：您可以使用眼图执行开放联盟 TC8 信号质量测试，而不是信号质量指数(SQI)值。The Eye Diagram in a noise condition provides better insight compared to the SQI value.
- **Protocol Decode**: The Tektronix PAM3 solution offers simultaneous Protocol Decode of Master 和 Slave ECUs, using the Signal Separation technique.
- **Comprehensive Reporting**: Automated reporting with Pass/Fail screenshots of the waveforms.

### Automotive Ethernet overview

The Autonomous Driving Assistance System (ADAS) 和 human-to-machine subsystems generate vast amount of data to transport through a vehicle. Requirements for greater integration between vehicle subsystems are driving fundamental architectural changes, moving from simple ring networks to more complex topologies, including gateways connected to an Automotive Ethernet backbone.

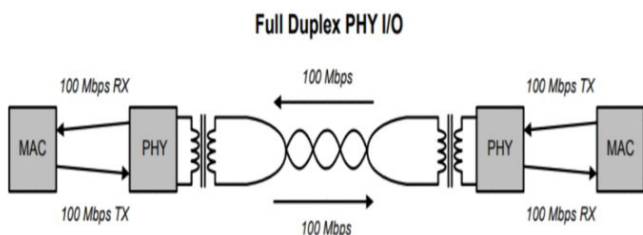
Automotive Ethernet is quickly becoming the fastest growing technology for in-vehicle networks.

Automotive Ethernet provides significant advantages including:

- PAM3 modulation supports high data rates 和 reliability
- Unshielded 和 single twisted-pair cabling lowers cost 和 weight
- Full-duplex communication allows devices to send 和 receive simultaneously on a link
- Proven IT technology with reliable data throughput for safety critical systems

整合汽车以太网技术对全方位设计验证提出了更高的要求，确保多个 ECU 和设备之间的互操作性和可靠性，保证其在苛刻的环境中可靠运行。为满足严格的一致性测试，并对设计在真实世界条件下运行时的裕量树立更大的信心，必需拥有完整的测试解决方案。

### 汽车以太网和全双工通信



汽车以太网采用双绞线电缆作为全双工通信链路操作。全双工通信及 PAM3 信令增加了在真实世界条件下验证 ECU 的复杂度。

为在链路上执行信号分析及在真实系统环境中进行协议解码，汽车设计人员需要分开查看每条链路，这要求用户先分离信号再执行分析。遗憾的是，当前许多测试解决方案都要断开汽车以太网电缆才能执行测试。这带来了额外的测试挑战。泰克 PAM3 信号分析应用提供了完善的测试解决方案，解决了这些问题。

### 应用

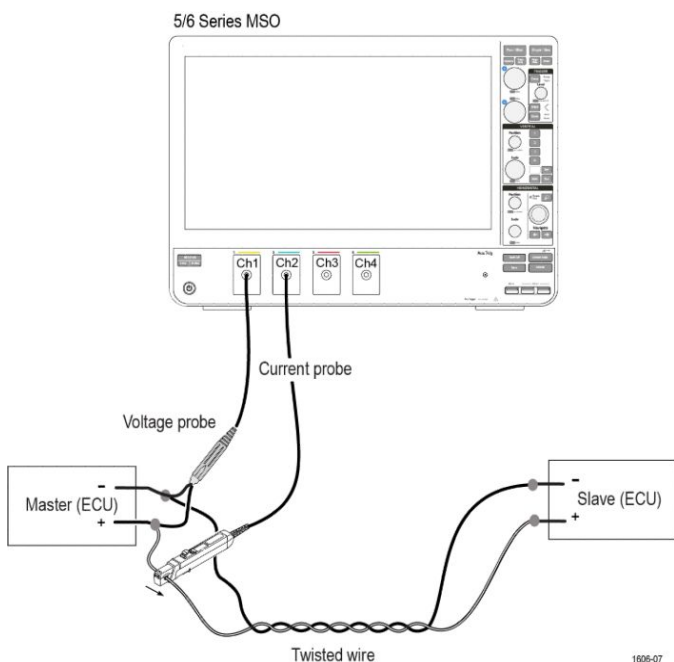
客户	DUT 类型	要完成的任务
PHY Silicon 公司	汽车以太网 PHY Silicon	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 根据开放联盟标准进行一致性测试</li> <li>● 在系统级进行协议测试</li> </ul>
一级汽车公司, 电缆制造商	ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 根据开放联盟标准进行一致性和互操作测试</li> <li>● 信号质量测试</li> <li>● 协议测试</li> </ul>
	系统 : ECU 到 ECU, ECU 到传感器, 电缆	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系统在噪声下的性能</li> <li>● 电缆选择</li> </ul>
	性能测试	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性能测试                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 制造差异测试</li> </ul> </li> </ul>
汽车 OEM	车内测试	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性能测试                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 制造差异测试</li> </ul> </li> <li>● 各种场景下性能测试                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 撞击</li> <li>○ DC 马达</li> </ul> </li> <li>● 协议测试</li> <li>● 调试</li> </ul>

## 信号分离

汽车以太网采用全双工通信方式，两个 ECUs 可以在同一条链路上同时收发数据。为在实际系统环境中执行信号分析或协议解码，必需把主 ECU 与从 ECU 的业务分开。

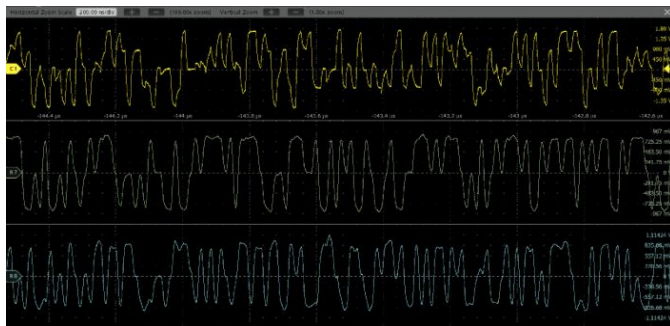
分离全双工信号的方法之一是采用定向耦合器。这种方法要求用户剪断电缆，安装定向耦合器。使用定向耦合器增加了自己的插损和回损，可能会给测试结果带来负面影响。尽管可以在设置层面补偿损耗，但定向耦合器方法会扰乱系统，很难确定错误是不是由新增硬件引起的。

为避免测量错误，泰克独特的信号分离技术使用高级软件来分离全双工信号。信号分离解决方案使用泰克专有的信号分离算法，从主测试或从测试或同时从两侧访问电压和电流波形。这种方法显示真实的 ECU 信号（主和从），而不会影响 ECU 系统。



泰克信号分离软件可以分离全双工业务，测试实际 ECU 测试条件，包括不同的电缆长度和类型、不同的 ECU、ECU 到开关情况、ECU 和协议分析仪、不同的噪声情况及车内汽车以太网联网情况。

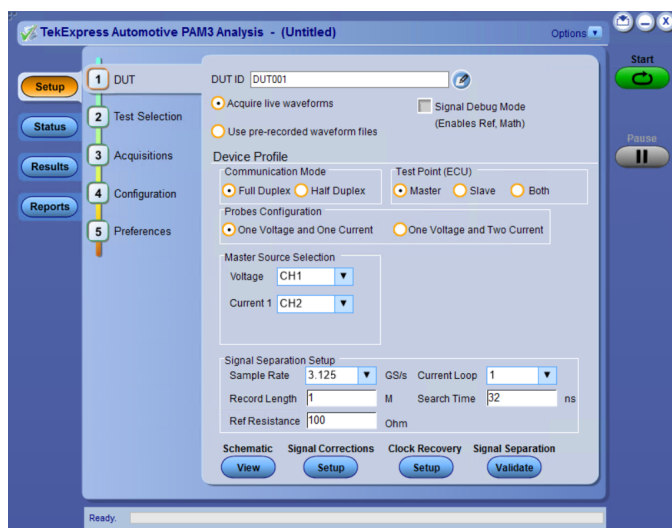
参见“信号访问”部分，进一步了解怎样根据不同测试情况连接电压探头和电流探头。



使用软件方法分离全双工信号

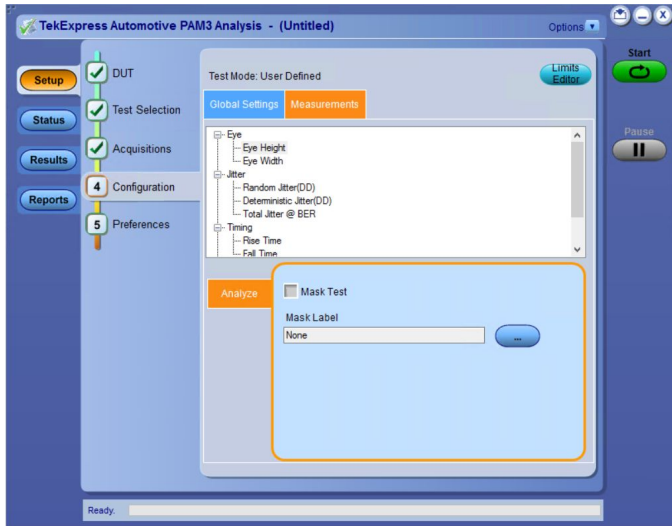
**使用简便：**简便地连接电压探头和电流探头，而不会扰动电缆。可以直接把探头连接到 ECU 连接器上。如果需要夹具访问信号，泰克可以协助设计连接电压探头和电流探头的夹具。

**自动化：**TekExpress 以太网信号分离和 PAM3 分析软件是一种全自动测试解决方案。在使用泰克 TekExpress 自动化平台时，其用户界面会一步步引导您配置系统，执行分析。



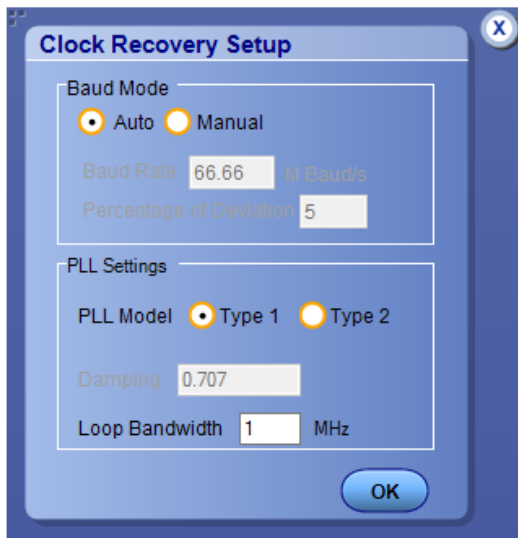
**PAM3 分析：**下面三个 PAM3 电平给信令引入了额外的复杂度，对测试方法提出了新的需求。PAM3 分析工具提供了多种测量和可视化功能，提高了汽车以太网 PAM3 设计验证的效率。

**PAM3 测量配置：**PAM3 分析工具内部的配置面板可以配置运行 PAM3 分析所需的大多数单元。设置工具包括选择测量来源、时钟恢复和阈值配置。

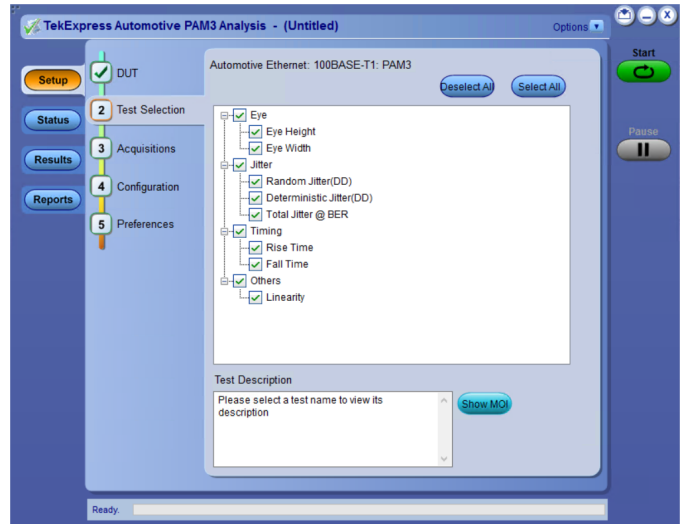


测量配置

**时钟恢复:**可配置的 PLL (锁相环) 时钟恢复功能可靠地提取符号时钟, 即使是对高度损伤的信号, 把重建的时钟波形导出到基准通道, 然后查看波形。



**PAM3 测量:** PAM3 分析软件提供了一套全面的测量, 可以更深入地查看信号特点, 加快验证或表征 PAM3 设计, 支持不同的电缆长度、噪声条件、ECU 配置等。



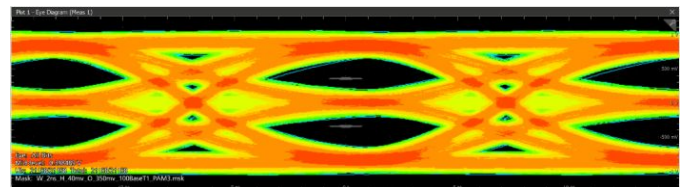
PAM3 测量

PAM3 测量

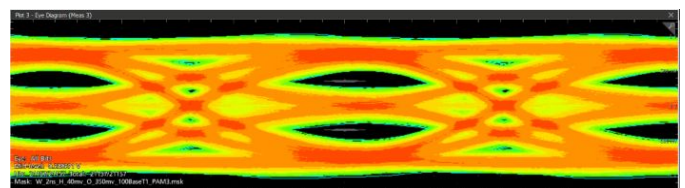
测量组	测量
眼图	眼图高度
	眼宽
	眼图模板
抖动	随机抖动 (DD)
	确定性抖动 (DD)
	总抖动 @ BER
时序	上升时间(符号 0->1, -1->1 和 -1->0)
	下降时间(符号 0->-1, 1->0 和 1->-1)
PAM3 调制	线性度

**可视化:**全面的示图, 查看测量数据。这些示图可以查看信号特点, 为调试提供实用信息。

示图工具与示图交互, 帮助您把重点放在关心的领域上, 更仔细地进行检查, 进一步进行分析。

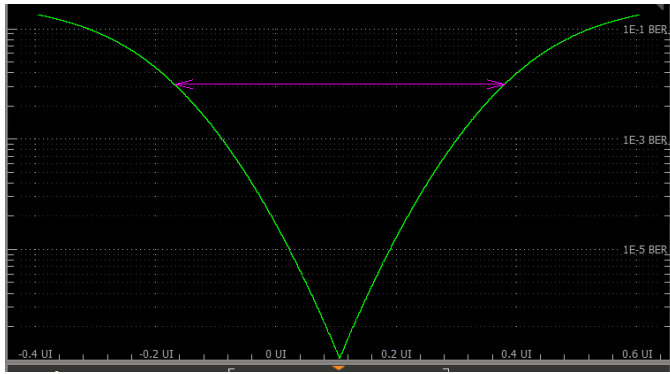


汽车以太网近端眼图

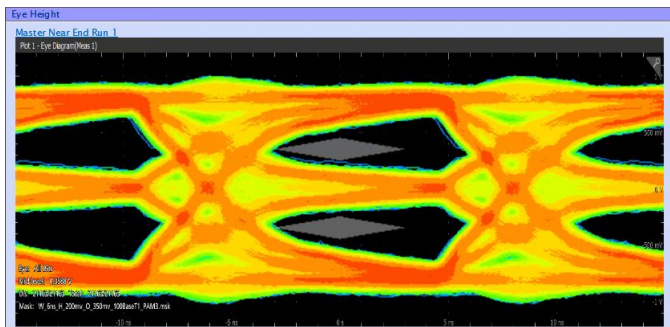


汽车以太网远端眼图



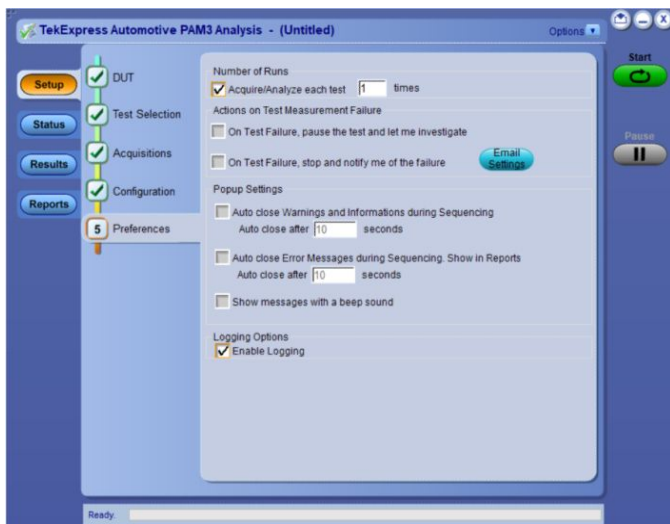


BER 浴缸图



眼图模板测试

多轮测试表征信号：PAM3 分析解决方案可以多次运行测量，使用不同条件表征 ECU。您还可以把 PAM3 自动化软件设置成失败时暂停，调试问题。来自不同测试轮次的所有波形都可以保存在一个文件夹中，后面再进行分析 and 调试。



首选设置

### 通过/未通过测试报告

MHT 或 PDF 格式汇总报告，快捷方便地创建测试报告文档。报告提供测试通过/未通过状态，在测试执行完成后自动生成。报告中包括测试配置细节、波形图、示波器显示画面和裕量分析，以更深入地了解设计特点。

Test Name Summary Table	Result
Eye Height	Pass
Eye Width	Pass

Symbol Level Name	Iteration	Symbol Level Data
Master Near End	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>High Symbol Level: 0.8264 V</li> <li>Mid Symbol Level: -0.0512 V</li> <li>Low Symbol Level: -0.6276 V</li> </ul>
Master Far End	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>High Symbol Level: 0.7134 V</li> <li>Mid Symbol Level: -0.0880 V</li> <li>Low Symbol Level: -0.7190 V</li> </ul>

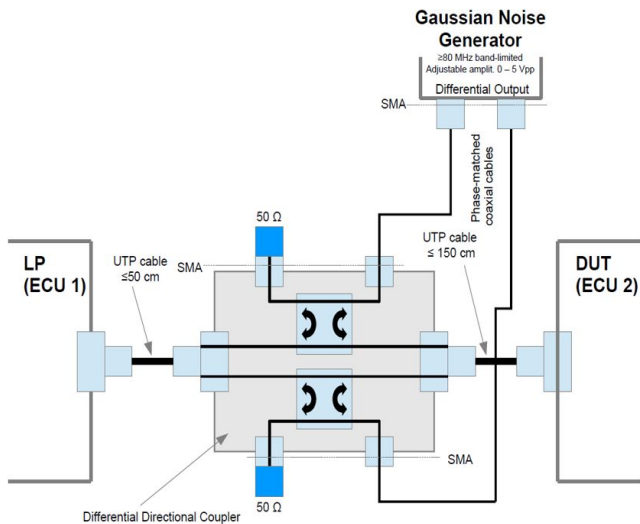
Measurement Details	Measured Value	Units	Test Point	Signal Type	Eye Section	Test Result	Margin	High Limit	Low Limit
Mask Hits: Master Near End	0	hits	Master Near End	N/A	Pass	Pass	L: 0.0280ns H: 0.000ns	0	0
Eye Height: Master Near End Upper Eye	423.4711	mV	Master Near End	Upper Eye	Pass	Pass	L: 383.4211 mV H: 57 mV	1000	40
Eye Height: Master Near End Lower Eye	411.3714	mV	Master Near End	Lower Eye	Pass	Pass	L: 371.3714 mV H: 58 mV	1000	40
Mask Hits: Master Far End	0	hits	Master Far End	N/A	Pass	Pass	L: 0.000ns H: 0.000ns	0	0
Eye Height: Master Far End Upper Eye	295.5207	mV	Master Far End	Upper Eye	Pass	Pass	L: 195.521 mV H: 76 mV	1000	40
Eye Height: Master Far End Lower Eye	231.4145	mV	Master Far End	Lower Eye	Pass	Pass	L: 191.414 mV H: 75 mV	1000	40

Measurement Details	Measured Value	Units	Test Point	Signal Type	Eye Section	Test Result	Margin	High Limit	Low Limit
Eye Width: Master Near End Upper Eye	7.3121	ns	Master Near End	Upper Eye	Pass	Pass	L: 5.312ns H: 4.680ns	1.2	2
Eye Width: Master Near End Lower Eye	7.1075	ns	Master Near End	Lower Eye	Pass	Pass	L: 5.107ns H: 4.891ns	1.2	2
Eye Width: Master Far End Upper Eye	6.5916	ns	Master Far End	Upper Eye	Pass	Pass	L: 4.592ns H: 5.498ns	1.2	2
Eye Width: Master Far End Lower Eye	4.5983	ns	Master Far End	Lower Eye	Pass	Pass	L: 2.598ns H: 7.468ns	1.2	2

详细的测试报告

### 信号质量测试

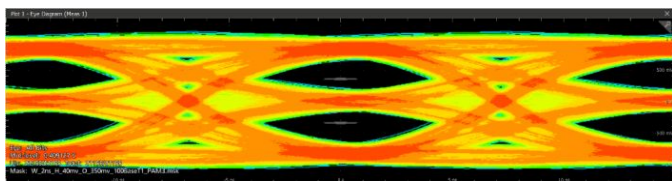
开放联盟 TC8 信号质量测试要求在以太网电缆上增加高斯噪声，以检查 ECU 全双工通信会在什么噪声水平下中断。尽管用户可以从汽车以太网 PHY 中读取 SQI 寄存器值，算出信号质量指数，但 SQI 值不能表示眼图或任何调试工具来找到问题的根本原因。



通过泰克信号分离软件，您可以分离全双工信号，显示眼图，进一步进行调试。PAM3 分析工具可以调试链路失效的原因。您还可以执行协议解码测试，检查链路在什么情况下失效。

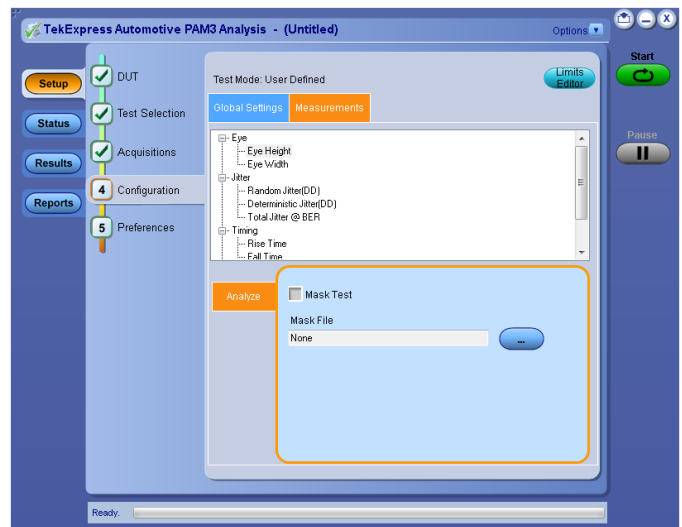
**电缆性能测试、生产通过/失败测试和 ECU 信号完整性测试：**开放联盟规定了各项汽车以太网测试，包括回损和插损。必需知道不同电缆长度和电缆类型会给汽车以太网信号完整性带来哪些影响。

泰克信号分离软件可以针对不同电缆长度和电缆类型绘制眼图，对比性能。



3 米电缆的眼图

**模板测试：**您可以定义自己的模板，针对不同电缆长度执行眼图测试，执行生产通过/失败测试或 ECU 性能测试。TekExpress 解决方案还提供了预先确定的模板，可以用来满足您的要求。



测量配置

### 协议解码

泰克协议解码解决方案不要求定向耦合器来分离业务。您可以在设计级执行协议解码，开发 ECU，调试系统进行车内测试，而不用扰动系统。您还可以在多个 ECU 上同时执行协议解码，执行定时分析或进行调试。用户可以定义各种协议级条件，在发生特定事件时停止采集，进行调试。



全双工 ECU 汽车以太网协议解码

## MSO 示波器



### 6 系列 MSO 示波器

凭借高达 8 GHz 模拟带宽、25 GS/s 采样率和 12 位模数转换器(ADC)，泰克 5/6 系列 MSO 为以高信号保真度和分辨率捕获波形提供了所需的性能，可以查看汽车以太网信号上细小的波形细节。

5/6 系列 MSO 提供了所需的性能，可以捕获关心的信号，同时最大限度地降低不想要的噪声影响，可以捕获高幅度信号，同时查看更小的信号细节。5/6 系列 MSO 的核心是 12 位模数转换器，其垂直分辨率是传统 8 位 ADC 的 16 倍。

### 探头和测试夹具

如果想直接探测 DUT，建议使用带宽  $\geq 1$  GHz 的差分电压探头及和 带宽  $\geq 120$  MHz 的电流探头。建议使用泰克 TDP1500 或 TDP3500 差分电压探头和 TCP0030A 或 P6022 电流探头进行 100BASE-T1 测试。

在 ECU 级访问信号可能要求夹具来分离信号。如需进一步了解 ECU 定制夹具设计，请联系泰克科技公司。

## 订购信息

<b>要求的硬件</b>	5 系列 MSO 示波器 (1 GHz 选项 5-BW-1000 或 2 GHz 选项 5-BW-2000) 或 6 系列 MSO 示波器, 带宽不低于 1 GHz (选项 6-BW-1000, 6-BW-2500, 6-BW-4000, 6-BW-6000, 6-BW-8000) 选项 5-WIN, 选项 6-WIN 或 SUP5-WIN, SUP6-WIN (可拆卸固态硬盘, 装有 Microsoft Windows 10 操作系统)
<b>要求的软件</b>	选项 5-AUTOEN-SS 或 6-AUTOEN-SS (汽车以太网信号分离软件) 选项 5-PAM3 或 6-PAM3 (PAM3 分析) 选项 5-DJA 或 6-DJA (高级抖动和眼图分析) 选项 5-CMAUTOEN 或 6-CMAUTOEN (TekExpress 100BASE-T1/1000BASE-T1 汽车以太网一致性测试) 选项 5-SRAUTOEN1 或 6-SRAUTOEN1 (100BASE-T1 协议解码)
<b>推荐选项</b>	选项 5-AUTO-BND 或 6-AUTO-BND (汽车以太网一致性测试, 信号分离, PAM3 分析 (要求选项 5-DJA), 100BASE-T1 串行解码 (捆绑选项)) 选项 5-RL-125M 或 SUP5-RL-125M (增加 125 M 记录长度) 选项 5-SRAUTO 或 6-SRAUTO, SUP5-SRAUTO 或 SUP6-SRAUTO (增加 CAN, CAN FD, LIN, FlexRay 串行总线触发和解码) 选项 5-SREMBD 或 6-SREMBD, SUP5-SREMBD 或 SUP6-SREMBD (增加 I <sup>2</sup> C, SPI 串行总线触发和解码)
<b>探测</b>	TDP1500 或 TDP3500 差分探头, TCP0030A 或 P6022 电流探头
<b>推荐的测试夹具</b>	ECU 相关夹具请联系泰克
<b>推荐的其他项目</b>	外部电脑监视器 USB 键盘 USB 鼠标



泰克经过 SRI 质量体系认证机构进行的 ISO 9001 和 ISO 14001 质量认证。



产品符合 IEEE 标称 488.1-1987、RS-232-C 及泰克标称规定和规格。



接受评估的产品领域：电子测试和测量仪器的规划、设计/开发和制造。





东盟/澳大拉西亚 (65) 6356 3900  
比利时 00800 2255 4835\*  
中东欧和波罗的海 +41 52 675 3777  
芬兰 +41 52 675 3777  
香港 400 820 5835  
日本 81 (3) 67143086  
中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777  
中华人民共和国 400 820 5835  
韩国 +822-6917-5084, 822-6917-5080  
西班牙 00800 2255 4835\*  
台湾 886 (2) 2656 6688

澳大利亚 00800 2255 4835\*  
巴西 +55 (11) 3759 7627  
中欧和希腊 +41 52 675 3777  
法国 00800 2255 4835\*  
印度 000 800 650 1835  
卢森堡 +41 52 675 3777  
荷兰 00800 2255 4835\*  
波兰 +41 52 675 3777  
俄罗斯和独联体 +7 (495) 6647564  
瑞典 00800 2255 4835\*  
英国和爱尔兰 00800 2255 4835\*

巴尔干、以色列、南非和其他国际电化学会成员国 +41 52 675 3777  
加拿大 1 800 833 9200  
丹麦 +45 80 88 1401  
德国 00800 2255 4835\*  
意大利 00800 2255 4835\*  
墨西哥、中南美洲和加勒比海 52 (55) 56 04 50 90  
挪威 800 16098  
葡萄牙 80 08 12370  
南非 +41 52 675 3777  
瑞士 00800 2255 4835\*  
美国 1 800 833 9200

\* 欧洲免费电话号码。如果打不通，请拨打 +41 52 675 3777

了解详细信息。Tektronix 拥有并维护着一个由大量的应用说明、技术简介和其他资源构成的知识库，同时会不断向知识库添加新的内容，帮助工程师解决各种尖端的技术难题。敬请访问 [cn.tek.com](http://cn.tek.com)。

版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。Tektronix 产品受美国和外国专利权（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。所有提及的其他商标为其各自公司的服务标志、商标或注册商标。



14 Oct 2019 61C-61593-0

[cn.tektronix.com](http://cn.tektronix.com)

**Tektronix**<sup>®</sup>

