Tektronix®

汽车以太网一致性之 MDI 模式转换损耗测试

应用文章

摘要

随着汽车安全性和娱乐性的要求不断提高，车载网络 (IVN) 的数据速率要求也在不断提高。高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和驾驶舱信息娱乐系统等系统变得越来越快，越来越复杂。制造商正在转向车载网络的研究，用以支持 ADAS 和驾驶舱信息娱乐系统中设备的数据速率传输。为了保障汽车以太网环境下，设备能够正常运行，发射端、接收端和电缆 / 连接器组件等部件必须通过一系列一致性测试。

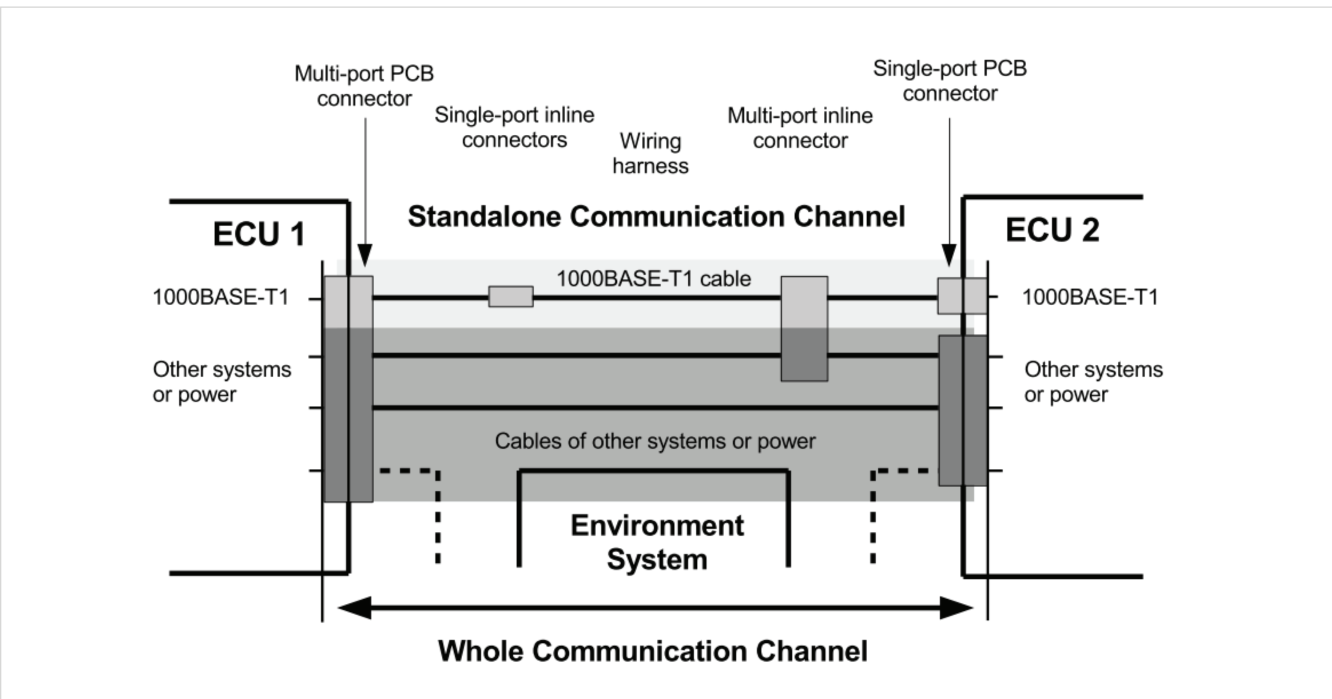
MDI 模式转换损耗测量可确保 ECU 到 ECU 的通信产生的 EMI/EMC 符合一致性。

导言

IEEE P802.3bw D3.3 和 IEEE P802.3bp 标准确定了几种一致性测试，以确保设备的互操作性。

介质相关接口 (MDI) 模式转换损耗是一项重要测试。共模电压到差模电压，或者差模电压到共模电压的转换，会产生不想要的信号，转换规范目的就是限制无用信号的能量。MDI 转换损耗测试用于评估 MDI 的损耗，以确认在规范规定的特定频率范围内，反射功率能维持在设定限定值以下。

MDI 模式转换损耗测试通常使用矢量网络分析仪 (VNA) 的端口 1 和端口 2 进行测试。



来源 : Open Alliance

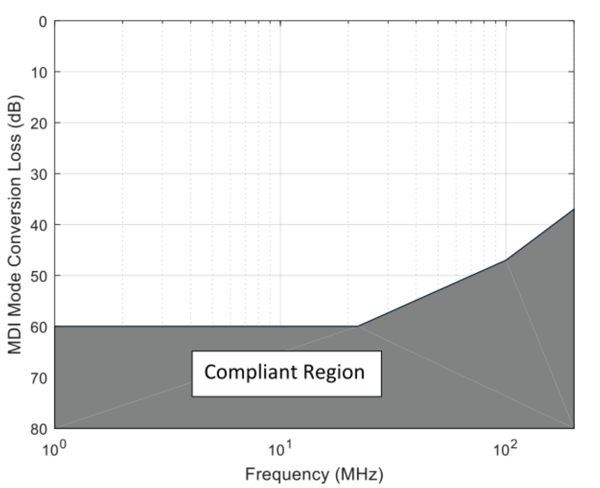
技术洞察

规范要求的 100BASE-T1/1000BASE-T1 设备理想情况下，具有 100Ω 的差分特性阻抗；但是，MDI 输出的正负极性不匹配会导致模式转换。

在有线信号中，差模和共模之间的转换会降低传输信号的质量，并导致环境中的电磁兼容问题。因此，要求传输线组件必须测试其转换损耗特性，如纵向转换损耗 (LCL)、横向转换损耗 (TCL) 和混合模式 S 参数。

100BASE-T1 MD 链路段的共模和差模转换 TCLT 和 TCTL (定义在 S 参数：Sdc11、Sdc22、Sdc21 和 Sdc12 中) 应满足或超过以下公式中从 1MHz 到 200MHz 的所有频率要求。

$$TCL(f) = \begin{cases} 60 & dB \quad for\ 1\ MHz \le f < 22\ MHz \\ 60 - \left(\frac{13}{\log_{10}(100/22)}\right) \times \log_{10}(f/22) & dB \quad for\ 22\ MHz \le f < 100\ MHz \\ 47 - \left(\frac{10}{\log_{10}(200/100)}\right) \times \log_{10}(f/100) & dB \quad for\ 100\ MHz \le f < 200\ MHz \end{cases}$$



100BASE-T1 一致性测试区域：1000BASE-T1 链路段的纵向转换损耗 (LCL) 和横向转换损耗 (TCL) 模式转换，在 MDI 处测量的 PHY，LCL (Sdc11) or TCL (Scd11) 应满足在 10MHz 到 600MHz 范围内的所有频率都可以满足以下公式：

$$\text{ConversionLoss}(f) \ge \begin{cases} 55 & 10 \le f \le 80 \\ 77 - 11.51\log_{10} f & 80 < f \le 600 \end{cases} \text{dB}$$

where

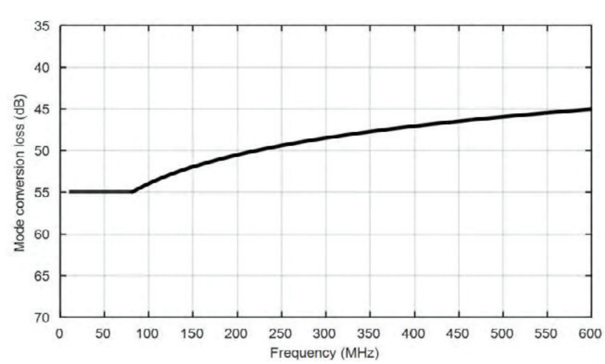
f is the frequency in MHz; $10 \le f \le 600$

模式规范适用于：

- 使用 S 参数 SDC11/SDC22 描述纵向转换损耗 (LCL) 以及共模到差模的回波损耗

  20*log10(abs 0.5*(S11+S12-S21-S22)

- 使用 S 参数 SCD11/SCD22 描述横向转换损耗 (TCL) 以及差模至共模回波损耗
- 使用 S 参数 SDC12/SDC21 描述纵向回波损耗 (LCTL) 以及共模到差模插入损耗
- 使用 S 参数描述 SCD12/SCD21 的横向转换损耗 (TCTL) 以及差模至共模插入损耗



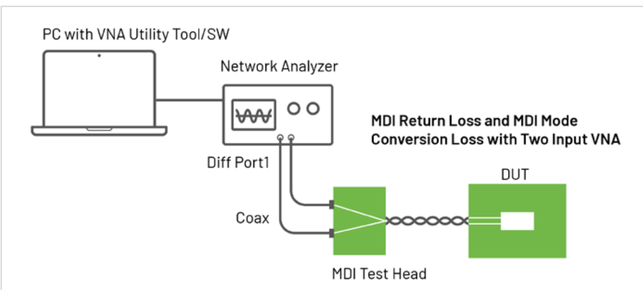
1000BASE-T1 兼容区域

推荐测试设置

注意：MDI 模式转换损耗测量通常使用矢量网络分析仪 (VNA) 执行。根据 VNA 的设计，可能只有一个输入端口，如果是这种情况，则需要使用巴伦将 DUT 的差分传输转换为 VNA 的单端输入。但是，如果 VNA 有两个或更多输入端口，则不需要巴伦。

使用 VNA 时，必须在多端口网络分析仪上进行 MDI 模式转换损耗测量。测量模式转换损耗时，测试装置中布线和测试夹具的阻抗匹配至关重要。除了使用的测试夹具外，尤其建议在测试设置下放置一个参考接地，并牢固地连接到测试夹具以实现充分接地。将 DUT 的 MDI 和测试设备连接起来的夹具都应具有足够的模式转换损耗裕度，以满足 MDI 的要求。

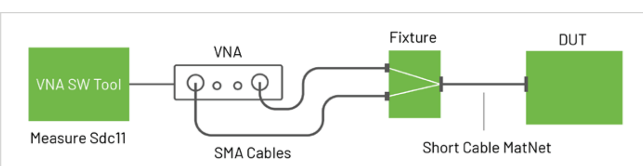
典型设置



在 VNA 中，设置测试的起始和终止频率。根据 Open Alliance 规范，必须根据汽车以太网比特率选择合适的频率范围：

数据速率	起始频率	终止频率
100BASE-T1	300 KHz	66 MHz
1000BASE-T1	1 MHz	1000 MHz

实际设置



MDI 模式转换损耗测试报告集成指南

适用于 100 Base-T1 / 1000 Base-T1 的 TekExpress 汽车解决方案，提供了将 MDI 模式转换损耗 (MCL) 的外部结果集成到 TekExpress 报告中的选项。

该解决方案提供了一个选项，可以选择特定的 S2P 文件格式 (具有 Sdc11 (Re/Im)) 进行浏览。该解决方案读取 Sdc11 实部和虚部，将其转换为 dBm 单位，并根据一致性测试指标范围进行绘图。

MDI 模式转换损耗测试 S2P 文件格式

解决方案支持的 S2P 文件的格式如下：

```
!Freq Sdd11: Re/Im Sdc11: Re/Im Scd11: Re/Im
Scc11: Re/Im

# Hz S RI R 50
```

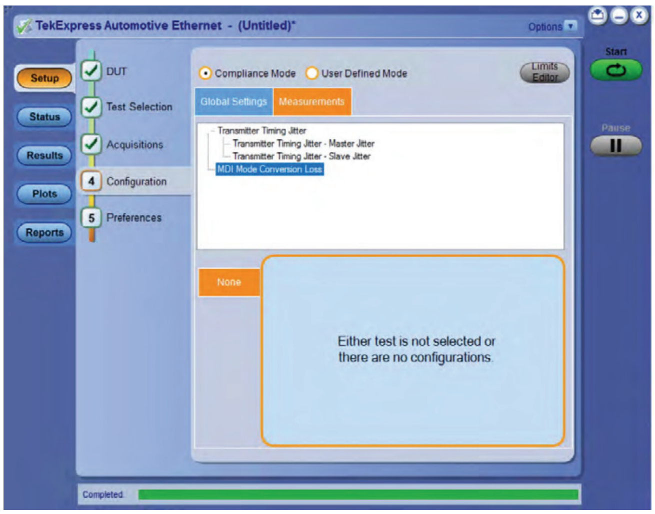
Sdc11 位于第 2 位，其 Re/Im 分别位于第 4 列和第 5 列。典型值如下所示。

```
!Freq        Sdd11: Re/Im        Sdc11: Re/Im      Scd11: Re/Im       Scc11: Re/Im
# Hz S RI R 50
 3.00000000E+05   3.42949793E-02  -5.45207859E-02  -1.69233003E-03   1.89603165E-03  -1.43617389E-03   2.68125362E-03   7.43583425E-01   2.71751253E-01
 3.29850000E+06  -5.18687295E-02   6.65671342E-03   1.81436483E-02   1.09954551E-02   1.34712758E-02  -1.31590543E-02   7.95012790E-01   4.35403997E-02
 6.29700000E+06  -1.06090604E-02  -2.01409283E-02   2.47342985E-04  -2.39323412E-03  -1.93048488E-04   3.24118576E-05   8.88858073E-01  -2.28935726E-02
 9.29550000E+06  -1.32605366E-02  -2.40028100E-02  -3.60961572E-05  -2.30821079E-03  -2.61963845E-04   2.45757172E-04   8.86339999E-01  -5.31124458E-02
 1.22940000E+07  -1.60502571E-02  -2.78786611E-02  -3.86143127E-04  -1.69958520E-03   9.86620162E-05  -8.22334303E-04   8.79926839E-01  -8.00865468E-02
 1.52925000E+07  -1.94723812E-02  -3.16367277E-02  -6.96749636E-04  -1.36841563E-03  -2.75383371E-04  -1.15532076E-03   8.69156873E-01  -1.04265526E-01
 1.82910000E+07  -2.35257130E-02  -3.45817579E-02  -1.38070641E-03  -2.51070351E-03   3.02207325E-04  -1.12884683E-03   8.55095616E-01  -1.24888101E-01
 2.12895000E+07  -2.75730432E-02  -3.72184775E-02  -2.13075118E-04  -1.16262545E-03  -1.06141344E-03  -1.81464948E-03   8.36737208E-01  -1.41550119E-01
 2.42880000E+07  -3.17941792E-02  -3.96991282E-02  -1.06928337E-04  -2.12887903E-03  -9.55015385E-04  -1.21231334E-03   8.15903747E-01  -1.51274660E-01
```

配置 MDI MCL 测试

100 Base-T1 or 1000Base-T1 测试

- 进入 “DUT Panel” 选择套件
- 进入下面的“Test Panel” 并选择测试



- 点击 MDI 模式会话 S2p “浏览” 选项

- 点击运行
- 生成报告，并显示全部细节

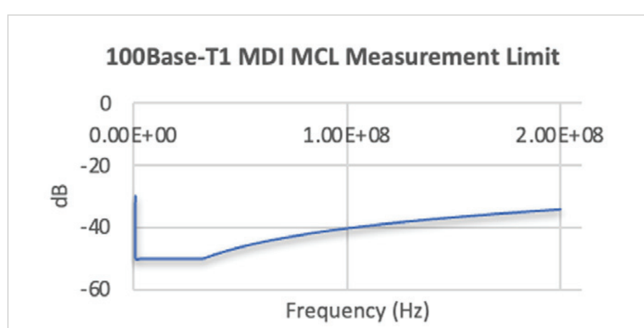
MDI 模式转换测试 TekExpress 报告

100BASE-T1 MDI 模式转换损耗 (MCL) 测试限定值

$$\text{MDI mode conversion loss}(f) \geq \left\{ 50 - 20 \times \log_{10}\left(\frac{f}{33}\right) \quad \text{dB} \quad \text{for} \quad 33\ \text{MHz} \leq f \leq 200\ \text{MHz} \right.$$

where
MDI mode conversion loss(f) is the MDI mode conversion loss at frequency f
f is the frequency in MHz

下面的图表显示了 IEEE 100BASE-T1/ 1000BASE-T 一致性测试的限定值：



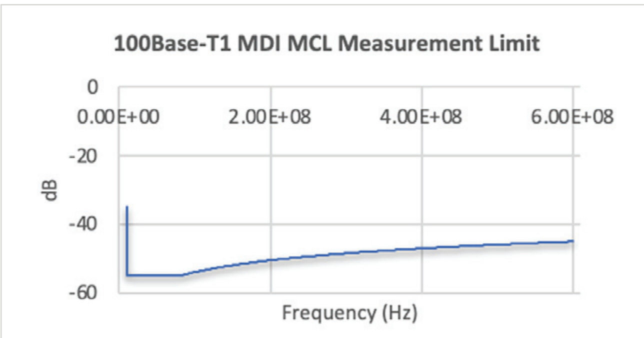
备注 : IEEE P802.3bw/ D3 规范定义了这些限定值

1000BASE-T1 MDI 模式转换损耗 (MCL) 测试限定值

$$\mathrm{ConversionLoss}(f) \geq \left\{ \begin{array}{ll} 55 & 10 \leq f \leq 80 \\ 77 - 11.51\log_{10} f & 80 < f \leq 600 \end{array} \right\} \mathrm{dB}$$

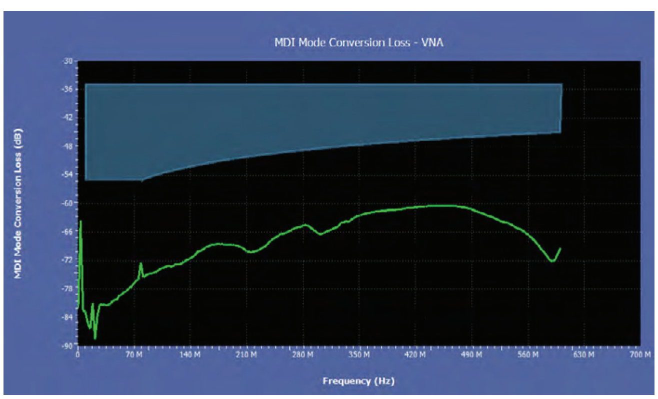
where

f is the frequency in MHz; $10 \leq f \leq 600$



此限定值来自 IEEE Std 802.3bp-2016。

使用 Matnet 测试夹具的不同端口的 MDI 模式转换损耗的仿真数据。



MDI 模式转换 TekExpress 图表

总结

MDI 模式转换测试使用外部 VNA(矢量网络分析仪) 执行。该测量将有助于检查 ECU 到 ECU(电子控制单元) 的共模 EMI / EMC 一致性性。对于用户来说，提供单个一致性性报告始终是一个挑战。但是，针对 100/1000 Base-T1 的测试， 泰克汽车一致性性解决方案提供了一个选项，可以将 MDI 模式转换损耗 (MCL) 的外部结果整合到泰克 TekExpress 报告中。

泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

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
北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城•国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编：100015
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编：200335
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编：610063
电话：(86 28) 6530 4900
传真：(86 28) 8527 0053

泰克西安办事处
西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编：430074
电话：(86 27) 8781 2760

泰克香港办事处
香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话：(852) 3168 6695
传真：(852) 2598 6260

更多宝贵资源，尽在 WWW.TEK.COM.CN

080123 SBG 61C-74017-0