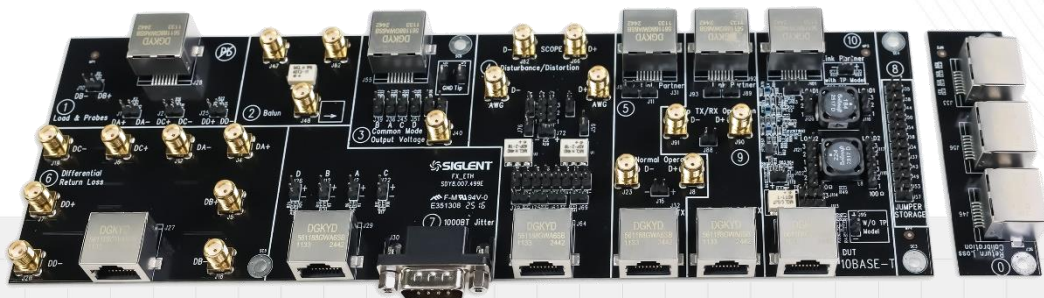


10 Base-T 以太网

电气一致性测试

用户手册

CN01A



深圳市鼎阳科技股份有限公司
SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD.

目录

1	引言	4
2	测试项目和引用标准	5
2.1	测试项目	5
2.2	引用标准	6
3	测试设备	7
3.1	设备需求	7
3.2	装箱清单	8
3.3	测试夹具板介绍	9
3.4	校准夹具板介绍	10
4	一致性测试软件介绍	11
4.1	测试配置	12
4.2	结果查看	15
4.3	报告生成设置	16
5	测试环境连接	18
5.1	带 TPM 测试环境	18
5.2	不带 TPM 测试环境	20
5.3	共模输出电压测试环境	21
5.4	回波损耗环境	22
6	链路脉冲模板测试	23
6.1	测试简介	23
6.2	带 TPM 测试	24
6.2.1	测试环境连接	24
6.2.2	测试步骤	24
6.3	不带 TPM 测试	25
6.3.1	测试环境连接	25
6.3.2	测试步骤	25

6.4	测试结果参考	26
7	TP_IDL 模板测试	27
7.1	测试简介	27
7.2	带 TPM 测试	28
7.2.1	测试环境连接	28
7.2.2	测试步骤	28
7.3	不带 TPM 测试	29
7.3.1	测试环境连接	29
7.3.2	测试步骤	29
7.4	测试结果参考	30
8	MAU 模板测试	31
8.1	测试简介	31
8.2	测试环境连接	32
8.3	测试步骤	32
8.4	测试结果参考	33
9	输出时序抖动测试	34
9.1	测试简介	34
9.2	带 TPM 测试	34
9.2.1	测试环境连接	34
9.2.2	测试步骤	35
9.3	不带 TPM 测试	35
9.3.1	测试环境连接	35
9.3.2	测试步骤	36
9.4	测试结果参考	36
10	差分峰值电压测试	37
10.1	测试简介	37
10.2	测试环境连接	37
10.3	测试步骤	37

10.4	测试结果参考	38
11	谐波分量测试	39
11.1	测试简介	39
11.2	测试环境连接	39
11.3	测试步骤	39
11.4	测试结果参考	40
12	共模输出电压测试	41
12.1	测试简介	41
12.2	测试环境连接	41
12.3	测试步骤	41
12.4	测试结果参考	42
13	发射机回波损耗测试	43
13.1	测试简介	43
13.2	测试环境连接	43
13.2.1	VNA 校准环境	43
13.2.2	DUT 测试环境	44
13.3	测试步骤	45
13.4	测试结果参考	46
14	接收机回波损耗测试	47
14.1	测试简介	47
14.2	测试环境连接	47
14.2.1	VNA 校准环境	47
14.2.2	DUT 测试环境	48
14.3	测试步骤	49
14.4	测试结果参考	50

1 引言

鼎阳科技目前可提供 10 Base-T、100 Base-TX 和 1000 Base-T 标准的电气一致性测试方案来验证以太网接口的电气性能。10 Base-T 以太网一致性测试所需设备包括高性能示波器、矢量网络分析仪、标准测试夹具、探头及分析软件，本用户手册介绍 10 Base-T 以太网一致性测试的测试夹具、测试方法和测试环境。

鼎阳科技推出的 10 Base-T 电气一致性分析方案，包括：

- 用户可以执行单项或多项测试；
- 向用户展示如何将示波器和被测设备（DUT：Device under test 的缩写）连接；
- 为每个测试项目自动设置示波器；
- 显示已执行测试的每个项目的详细信息和通过标准；
- 可创建 HTML、XML 或 PDF 测试报告。

2 测试项目和引用标准

2.1 测试项目

10 BASE-T 以太网电气一致性测试用于验证被测设备是否满足 IEEE802.3 标准所规定的 PMA 电气特性。在以太网设备的开发过程中进行以太网一致性测试是很有意义的，它是设备间互操作性能的保证。

10 BASE-T 的一致性测试项目一般包含以下项目：

- 带 TPM 测试
 - 链路脉冲模板
 - TP_IDL 模板
 - MAU 模板
 - 输出时序抖动
- 不带 TPM 测试
 - 链路脉冲模板
 - TP_IDL 模板
 - 输出时序抖动
 - 差分峰值电压
 - 谐波分量
- 一般测试项
 - 共模输出电压
- 回波损耗
 - 发射机回波损耗
 - 接收机回波损耗

2.2 引用标准

鼎阳科技推出的 10 Base-T 以太网电气一致性测试方案，遵循《IEEE802.3-2018, Subclause14》标准，表格 2-1 详述了各个测试项目所参考的标准。

更多的 IEEE802.3 标准信息请查询网站：www.ieee802.org。

表格 2-1 10 Base-T 测试参考标准

参考标准	测试项目	测试描述
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1	Link test pulse template	链路脉冲模板
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1	TP_IDL template	TP_IDL 模板
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1	MAU template	MAU 模板
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.3	Output timing jitter	输出时序抖动
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1	Peak differential voltage	差分峰值电压
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1	Harmonic content	谐波分量
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.5	Common mode output voltage	共模输出电压
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.2	Transmitter return loss	发射机回波损耗
IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.3.4	Receiver return loss	接收机回波损耗

3 测试设备

3.1 设备需求

以太网电气一致性分析需要用到下述的设备：

- 示波器 (SDS7000A)：带宽 ≥ 2 GHz，并开通一致性分析选件（10 Base-T 为 SDS7000A-CT-10 BASE-T）。
- 测试夹具 (FX-ETH)：以太网电气一致性测试夹具，在被测试设备 (DUT) 进入测试状态后提供物理连接和测试点。
- 有源差分探头和 SMA 线缆：
 - 有源差分探头（如 SAP2500D 或 SAP5000D）：带宽大于 2GHz，用于探测信号；
 - SMA 线缆：连接示波器和测试夹具，用于探测信号。
- 网络分析仪：用于回波损耗测试。
- USB 连接线：用于连接示波器的 USB Host 接口和网络分析仪 USB Device 接口，实现示波器对网络分析仪的控制和获取回波损耗测试数据。

3.2 装箱清单

以太网电气一致性测试夹具 FX-ETH 的装箱清单如表格 3-1 所示，装箱清单上列明的物品都已经交付，为确保您的权益，请您在签收后 48 小时内核对箱内物品与清单是否一致。如发现物品缺失、遗漏或损坏，请及时联系鼎阳客户服务中心或全国经销商，我们将第一时间为您处理。如未在时效内反馈遗漏、损坏情况，鼎阳科技后续将无法再次受理您的售后需求，敬请谅解。

表格 3-1 FX-ETH 装箱清单

物品名称	数量
用户手册	1
测试夹具板	1
校准夹具板	1
网线（15cm）	1
50Ω 端接器（SMA）	8
SMA 线缆（1 m）	4
SMA 线缆（0.3 m）	2
BNC-SMA 转接头	4
跳线帽	12

3.3 测试夹具板介绍

FX-ETH 是配合 SDS7000A 的以太网电气一致性测试功能而推出的测试夹具，测试夹具板是实现一致性测试功能的主要模块之一，该测试夹具板共包括 10 个区域，每个区域有不同的功能，在板上均有清晰的描述，方便测试者使用该测试夹具。

以太网电气一致性测试夹具板，如图 3-1 所示。



图 3-1 测试夹具板

各个功能区介绍如下：

区域①：用于 100 Base-TX 和 1000 Base-T 一致性测试，提供差分探头测试点。

区域②：使用巴伦器实现差分信号到单端信号转换，支持回波损耗测试。

区域③：支持 10 Base-T、1000 Base-T 的共模输出电压测试。

区域④：支持 1000 Base-T 的在带干扰信号下测试 DUT 的峰值电压、顶降（衰落）、模板，和传输失真项目。

区域⑤：100 Base-TX 一致性分析下，支持将 SDS7000A 示波器作为 Link Partner，诱导被测设备（DUT）进行发包测试。

区域⑥：支持使用 SMA 线缆对 100 Base-TX 和 10 Base-T 进行电气一致性测试。

区域⑦：支持 1000 Base-T 的抖动测试。

区域⑧：跳线帽存储区，可以存储 12 个跳线帽。

区域⑨：100 Base-TX 一致性分析下，支持将 SDS7000A 示波器作为 Link Partner，诱导被测设备（DUT）进行发包测试，区域⑨上以太网连接器上的 TX 和 RX 和和区域⑤相比是翻转，以满足特定场合的测试需求。

区域⑩：支持 10 Base-T 以太网一致性测试。

3.4 校准夹具板介绍

校准夹具板如图 3-2 所示。



图 3-2 校准夹具板

校准夹具板标注为区域④，在使用 VNA 仪器对被测设备测试 MDI 回波损耗之前，需要用到校准夹具板对 VNA 进行开路、短路、负载校准，校准后可以对被测设备进行 MDI 回波损耗测试。

4 一致性测试软件介绍

鼎阳科技的 10 Base-T 以太网电气一致性分析软件是依据 IEEE802.3-2018 规范而推出的解决方案，该分析软件可控制示波器自动完成测试，图形化操作指导简化了测量过程，可灵活配置测试项目，测试报告记录了整个测量结果，包括测试数值及测试波形的截图。

SDS7000A 提供 10 Base-T 一致性测试功能，按照 **分析** -> **一致性测试** -> **协议类型** 选择 **10 Base-T**，点击 **ON**，即可打开一致性测试功能，如图 4-1 示。一致性测试功能分为三大部分：**测试项配置**、**结果查看**、**报告生成设置**。

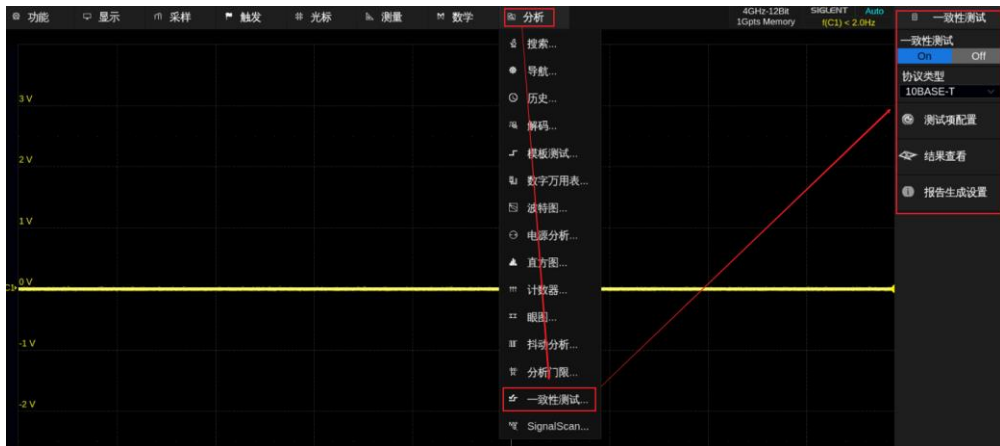


图 4-1 启动 10 Base-T 一致性分析软件

4.1 测试配置

点击 **测试项配置** 会弹出具体的测试配置窗口，如图 4-2 所示，根据测试流程分为：设置、测试项选择、配置、连接、启动测试、结果六个步骤。

- 设置：提供配置的调出、上一次、保存三个功能。



图 4-2 测试项配置窗口

- 测试项选择：在本栏目中选择需要测试的项目，如图 4-3 所示。



图 4-3 测试项选择窗口

- 配置：可设置示波器测量的信源、模板测试负载、MAU 类型、共模电压测试时间等，点击即可对相应的测试项进行配置，如图 4-4 所示。

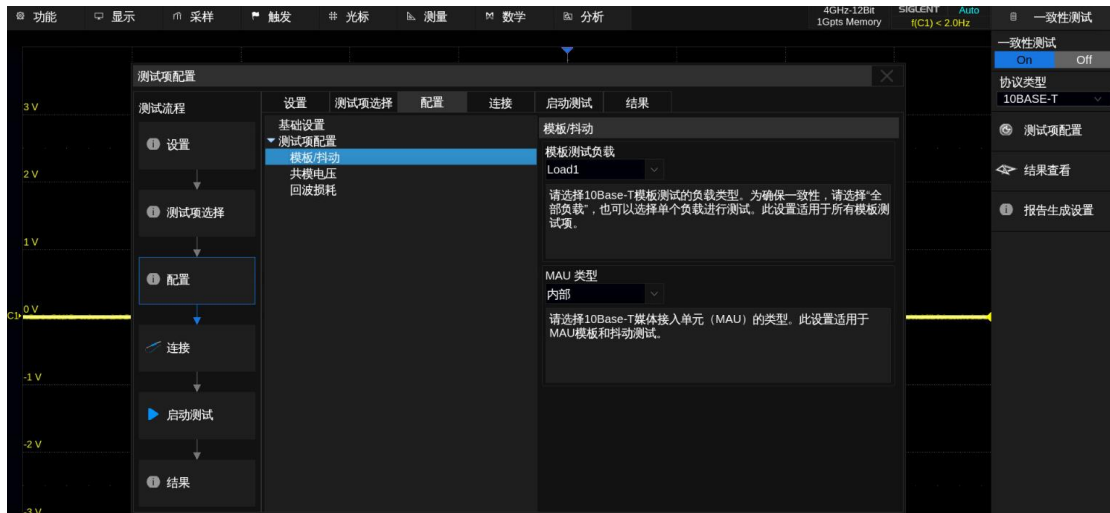


图 4-4 配置窗口

- 连接：本栏目显示测试接线图与测试步骤，如图 4-5 所示，若一次性选择了多个测试项目，只会显示第一个待测项的信息，其他测试项，如果接线图不一样会在上一个测试项结束后有单独的页面弹窗提示。

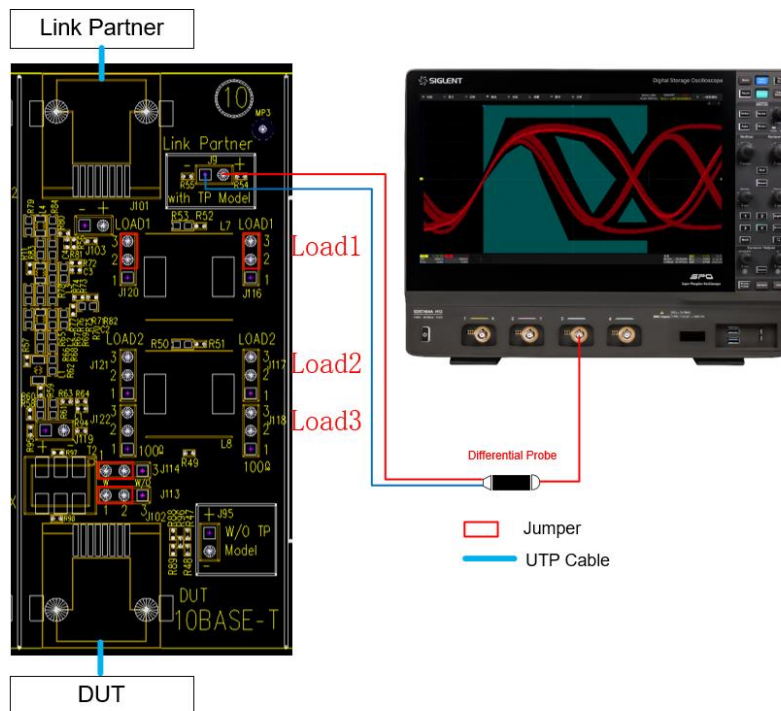


图 4-5 连接窗口显示的接线图

- 启动测试：窗口如图 4-6 所示，测试失败时，支持继续和中止两种选择，点击右下角的启动测试，在弹出的窗口中检查连接的准确性后可开始本轮测试。



图 4-6 启动测试窗口

在接下来的测试过程中，按照弹窗提示完成测试即可，测试项全部完成后会弹出测试结果。

若一轮测试中选择了多个测试项目，如果有不同的接线方式，则进行到个项目时会有页面弹窗提示该项目的连接方式，更改连接方式后点击弹窗中的 **启动测试** 即可继续测试。

4.2 结果查看

点击 **结果查看** ，查看对应的测试结果。

测试结果窗口的上半部分是测试项目，概要提供各个测试项目的结果，以及官方要求的参考门限值，如图 4-7 所示。

测试结果窗口的下半部分是对应的细节图，在测试结果窗口的上半部分点击感兴趣的项目，下半部分即可显示对应的细节，点击图片可以查看测试波形的细节，如图 4-8 所示。

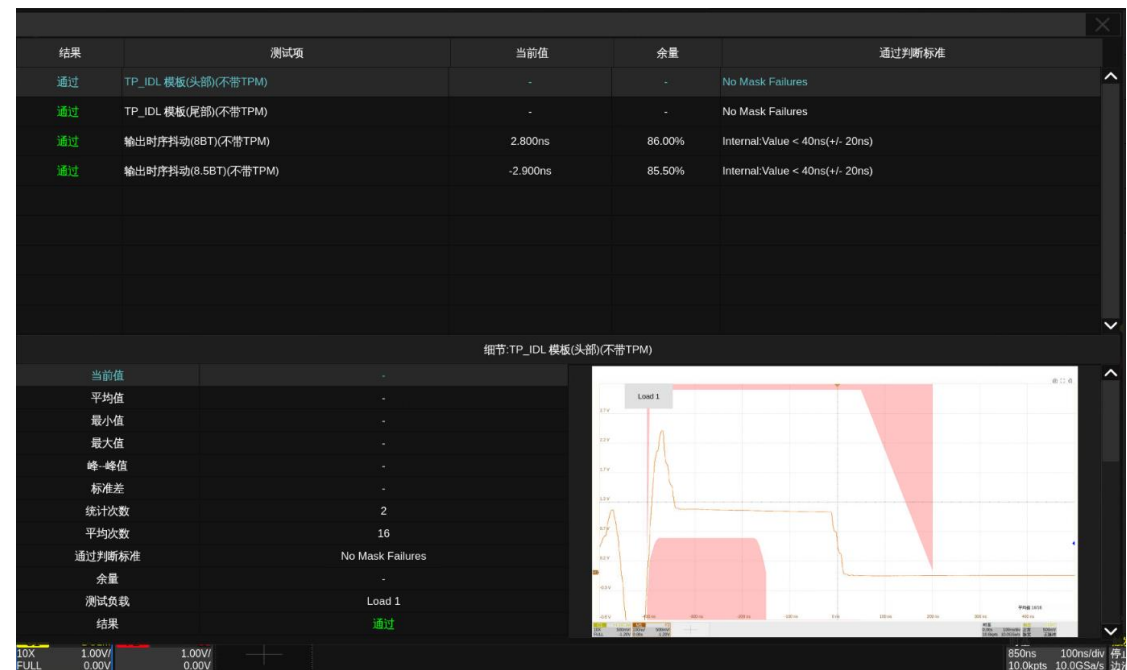


图 4-7 测试项目列表

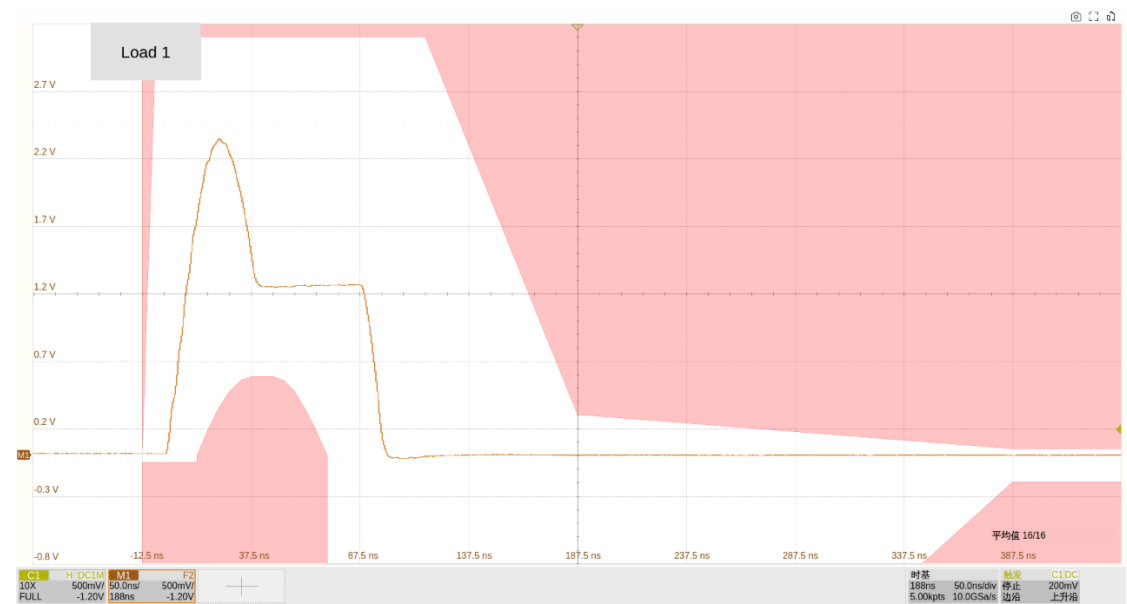


图 4-8 波形细节图

4.3 报告生成设置

点击 **报告生成设置**，填入有关的测试信息，选择报告类型；**预览报告** 可以提前查看生成报告的效果；**文件管理** 中选择保存的路径，点击 **保存** 即可保存测试结果，如图 4-9 所示。

【注意】：保存成 HTML 格式时，会生成一个文件夹与 HTML 文件，两者的文件名相同（后缀名不同），如需拷贝，需要把两者都拷走，并且两者放置在同一路径下。

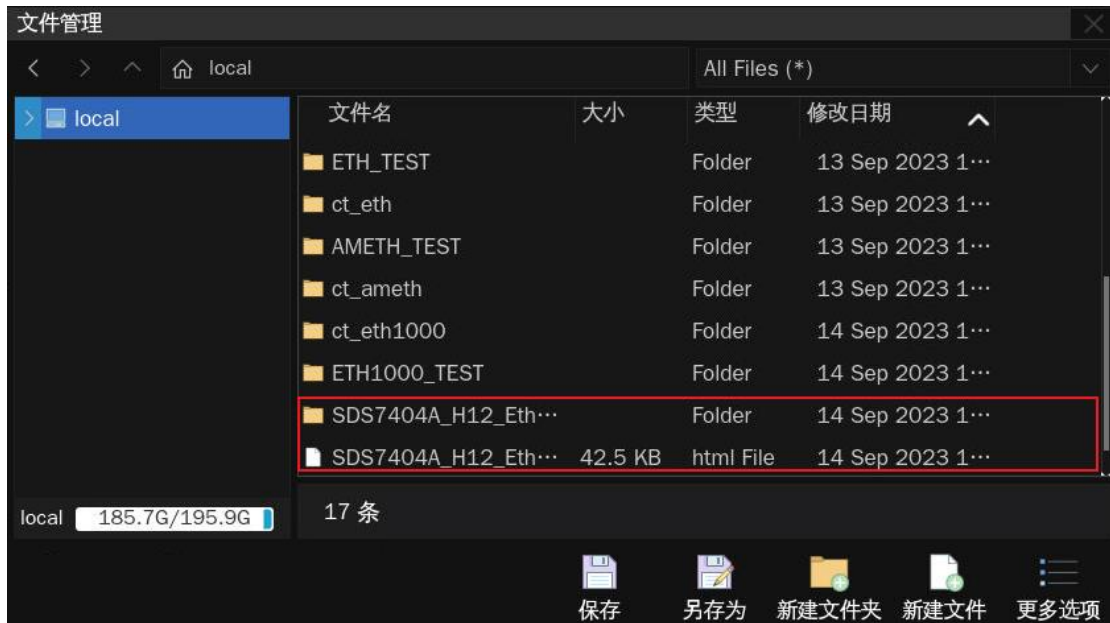


图 4-9 生成报告设置

测试报告包括所有的测试结果的摘要表，其中具有到详细信息页面的超链接，详细信息页面包括一个相关测试的屏幕截图，如图 4-10 所示。



图 4-10 测试报告

5 测试环境连接

针对不同的测试项，可分为带 TPM（twisted-pair model，双绞线模型）测试，不带 TPM 的测试，共模输出电压测试，回波损耗测试四种测试环境，本章节主要介绍这几种测试环境连接，使用不同负载的测试环境连接在对应章节详述。

5.1 带 TPM 测试环境

TPM（双绞线模型）是用来模拟以太网传输链路（simplex link segment）的衰减特性的电路，IEEE802.3 Subclause 14.3.1.2 定义的 TPM 模型如图 5-1。

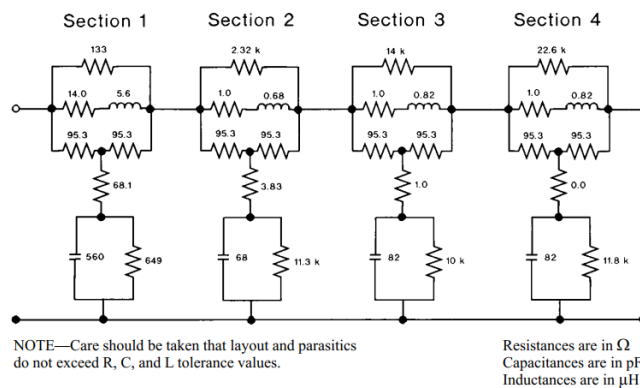


图 5-1 TPM 模型

带 TPM 模型下链路脉冲模板、TP_IDL 模板、MAU 模板、输出时序抖动测试项用到测试夹具的区域⑩，DUT 分别输出的链路脉冲波形、TP_IDL 波形以支持这些项目的测试，FX-ETH 测试夹具支持使用有源差分探头探测信号，使用有源差分探头的连接方式如图 5-2 所示，连接步骤为：

- (1) 短网线的一端连接到测试夹具区域⑩上的连接器 J102，另一端连接到 DUT。
- (2) 将另一根短网线的一端连接到测试夹具区域⑩上的连接器 J101，另一端连接到 Link Partner。
- (3) 将两个跳线帽分别短接测试夹具区域⑩的 J113 和 J114 的 1/2 端口，配置夹具工作在 with TP Model 模式。
- (4) 有源差分探头的一端连接到测试夹具区域⑩上的测试点 J9（with TP Model），另一端连接到示波器的一个输入通道。
- (5) 依据测试项内容选择测试负载，短接夹具区域⑩的 J116 和 J120 的 2/3 端口为测试负载 1（LOAD1），短接夹具区域⑩的 J117 和 J121 的 2/3 端口测试负载 2（LOAD2），短接夹具区域⑩的 J118 和 J122 的 2/3 端口测试负载 3（100Ω）。

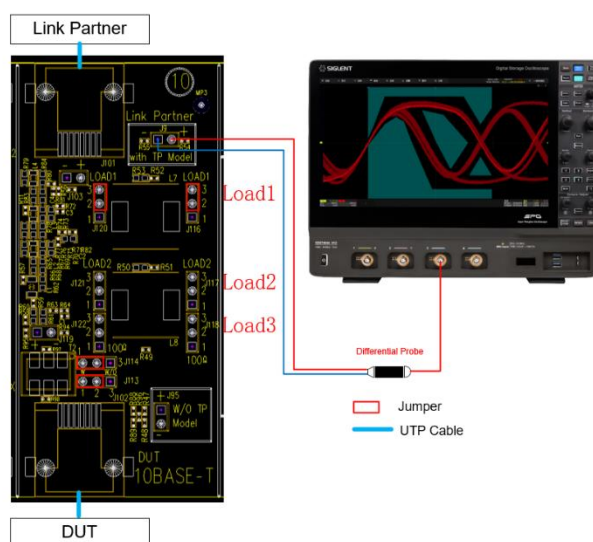


图 5-2 带 TPM 连接方式

5.3 共模输出电压测试环境

共模电压测试使用到测试夹具的区域③，使用 SMA 线缆的连接方式如图 5-4 所示，连接步骤为：

- (1) 短网线连接 DUT 到测试夹具区域③的连接器 J55。
- (2) SMA 线缆的一端连接到测试夹具区域③上的测试点 J40，另一端连接到示波器上的任意一个输入通道。
- (3) 使用一个导线，将 DUT 的 GND 和测试夹具的 GND（测试夹具区域③上的 J85/J86）连接起来，实现 DUT 和测试夹具共地。
- (4) 将一个跳线帽短接测试夹具区域③上的 J36。

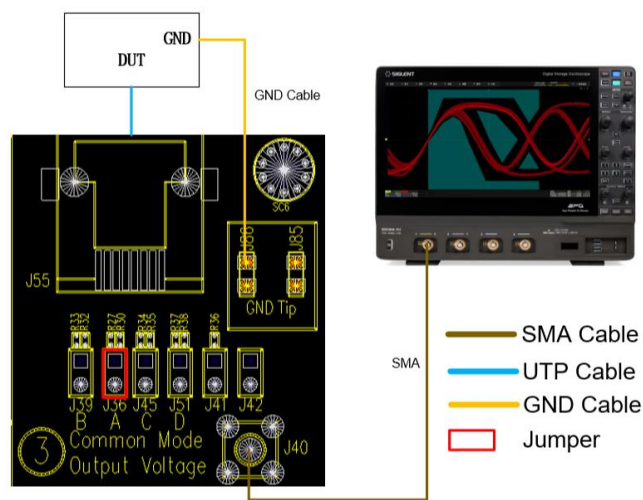


图 5-4 共模电压测试的 SMA 线缆连接

5.4 回波损耗环境

进行回波损耗测试时，需要使用到矢量网络分析仪，使用到测试夹具的区域②、区域⑥和校准件。发射机回波损耗的测试环境连接如图 5-5 所示，接收机回波损耗的测试环境连接如图 5-6 所示，对矢量网络分析仪进行校准方法及测试连接说明见对应章节。

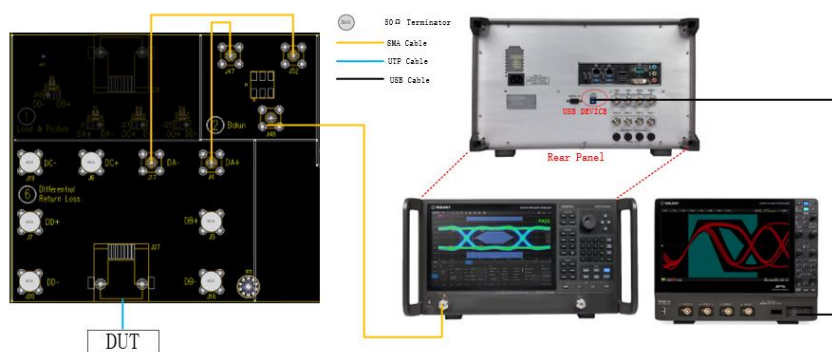


图 5-5 发射机回波损耗测试接线方式

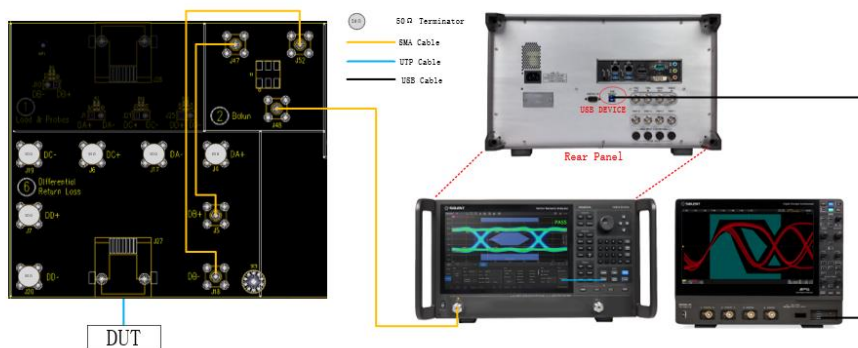


图 5-6 接收机回波损耗测试接线方式

6 链路脉冲模板测试

6.1 测试简介

该测试项用于确保链路脉冲波形需在 IEEE 802.3-2018 14.3.1.2.1 定义的链路脉冲模板区域内，信号模板如图 6-1 所示，脉冲信号处于模板指定范围内，则符合标准要求。该测试项区分带 TPM 和不带 TPM 模式。

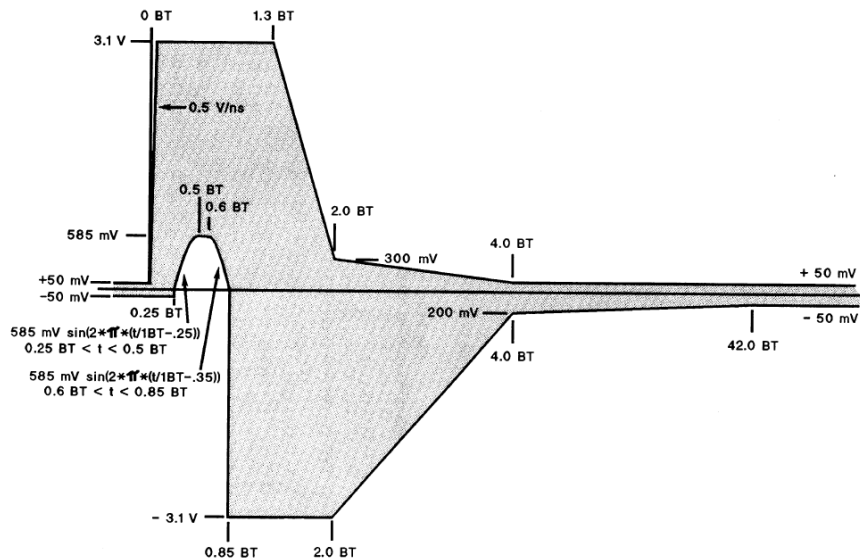


Figure 14-13—Transmitter waveform for link test pulse

图 6-1 链路脉冲模板

IEEE802.3 Subclause 14.3.1.2 定义 3 种不同的负载 LOAD1, LOAD2, 100Ω, LOAD1 和 LOAD2 的等效模型如图 6-2 所示，该测试项需在 LOAD1, LOAD2, 100Ω 三种负载下进行测试。

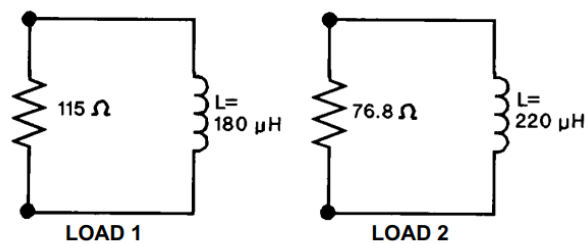


图 6-2 测试负载

6.2 带 TPM 测试

6.2.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.1 章节的图 5-2，需配置 DUT 处于 10BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出正确的链路脉冲测试波形，带 TPM 模式的链路脉冲测试波形如图 6-3 所示。

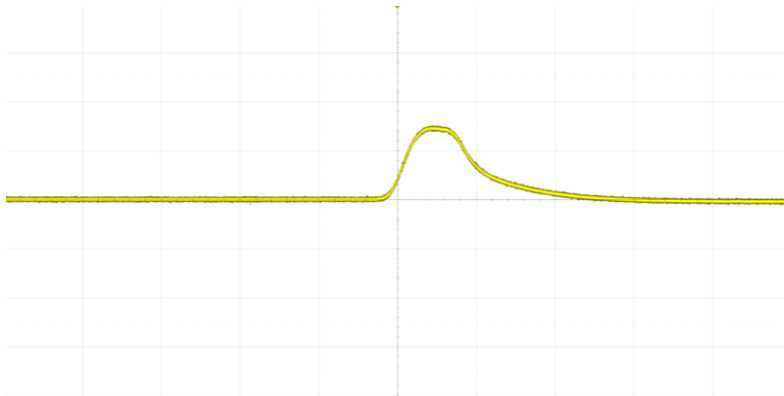


图 6-3 带 TPM 的链路脉冲波形

6.2.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **带 TPM** > **链路脉冲模板 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和模板测试负载类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.1。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 测试过程中根据提示切换夹具板上的负载，连接 J116 和 J120 的 2/3 端口为测试负载 1 (LOAD1)，连接 J117 和 J121 的 2/3 端口为负载 2 (LOAD2)，连接 J118 和 J122 的 2/3 端口测试负载 3 (100Ω)。
- (6) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (7) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号调整与模板位置关系，输出测试结果。

6.3 不带 TPM 测试

6.3.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.2 章节的图 5-3，需配置 DUT 处于 10BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出正确的链路脉冲测试波形，不带 TPM 模式的链路脉冲测试波形如图 6-4 所示：

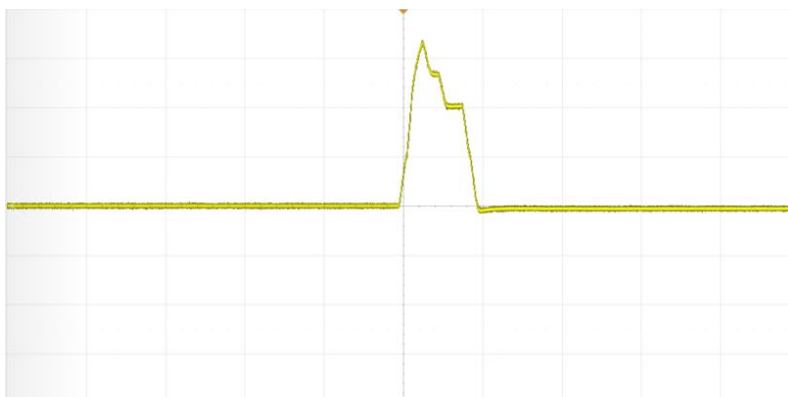


图 6-4 不带 TPM 链路脉冲波形

6.3.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **不带 TPM** > **链路脉冲模板 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和模板测试负载类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.2。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 测试过程中根据提示切换夹具板负载，连接 J116 和 J120 的 1/2 端口为测试负载 1 (LOAD1)，连接 J117 和 J121 的 1/2 端口为负载 2 (LOAD2)，连接 J118 和 J122 的 1/2 端口测试负载 3 (100Ω)。
- (6) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性，当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (7) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

6.4 测试结果参考

链路脉冲模板的测试结果如图 6-5 所示。

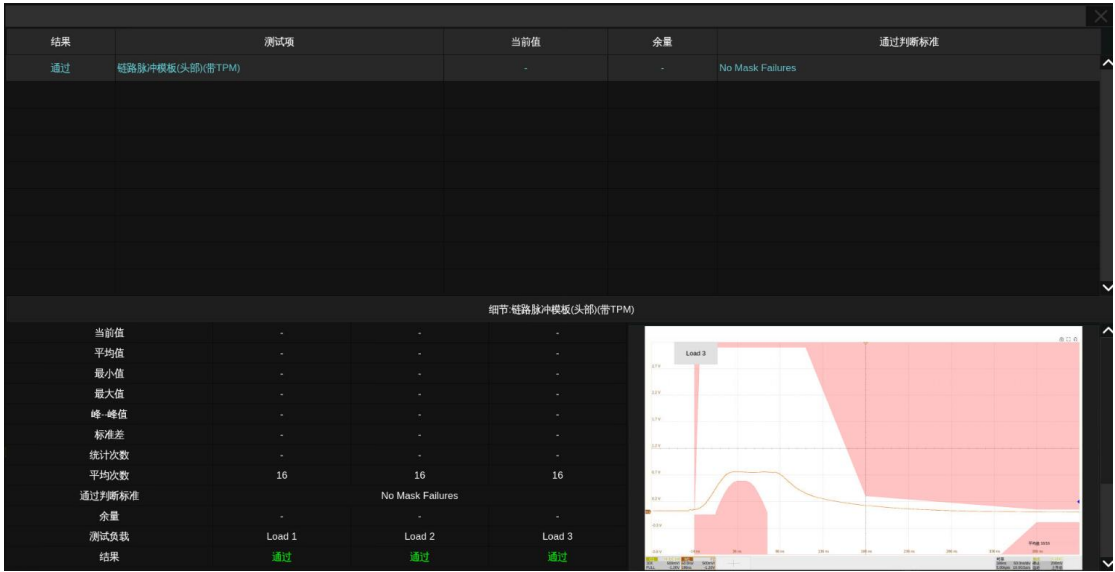


图 6-5 链路脉冲模板测试结果

7 TP_IDL 模板测试

7.1 测试简介

该测试项用于确保信号转换到空闲状态后能正常工作，测试信号需在 IEEE 802.3-2018, 14.3.1.2.1 定义的 TP_IDL 模板区域内，信号模板如图 7-1 所示。TP_IDL 信号处于模板内不压模板，则符合标准要求。测试项区分带 TPM 和不带 TPM 模式，测试夹具分别配置 3 种不同的负载 LOAD1, LOAD2, 100 Ω 进行测试。

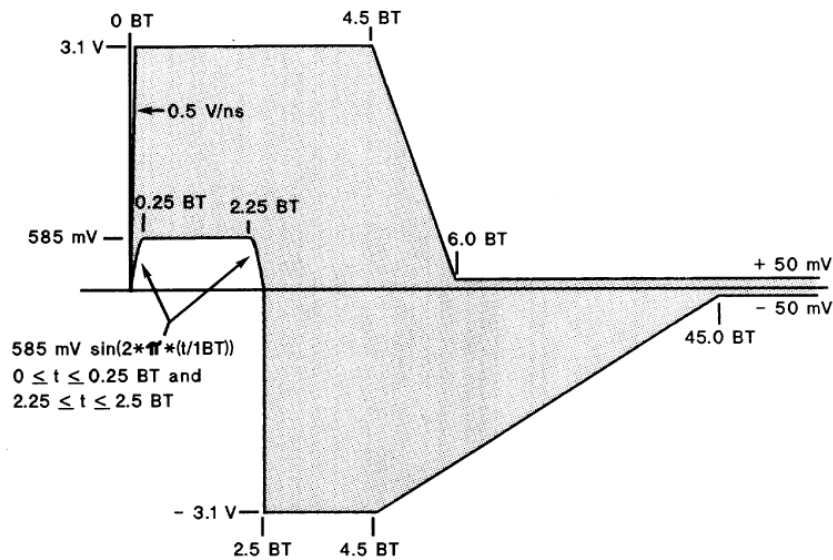


Figure 14-11—Transmitter waveform for start of TP_IDL

图 7-1 TP_IDL 模板

7.2 带 TPM 测试

7.2.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.1 章节的图 5-2，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出正确的随机数据波形，带 TPM 模式的 TP_IDL 测试波形如图 7-2 所示。

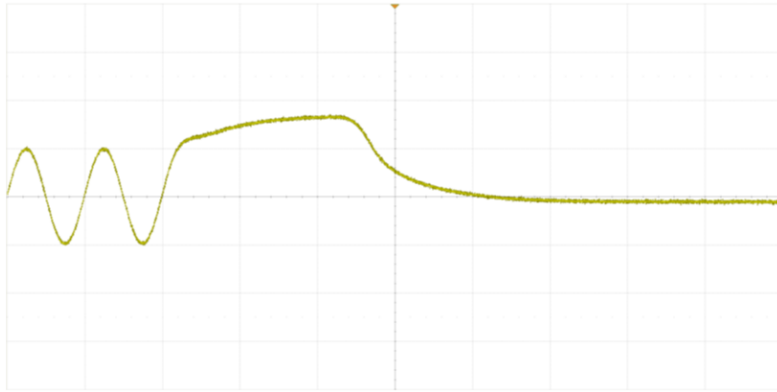


图 7-2 TP_IDL 波形

7.2.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **带 TPM** > **TP_IDL 模板 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和模板测试负载类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.1。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 测试过程中根据提示切换夹具板上的负载，连接 J116 和 J120 的 2/3 端口为测试负载 1 (LOAD1)，连接 J117 和 J121 的 2/3 端口为负载 2 (LOAD2)，连接 J118 和 J122 的 2/3 端口测试负载 3 (100Ω)。
- (6) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (7) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

7.3 不带 TPM 测试

7.3.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.2 章节的图 5-3，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出正确的链路脉冲测试波形，不带 TPM 模式的 TP_IDL 测试波形如图 7-3 所示：

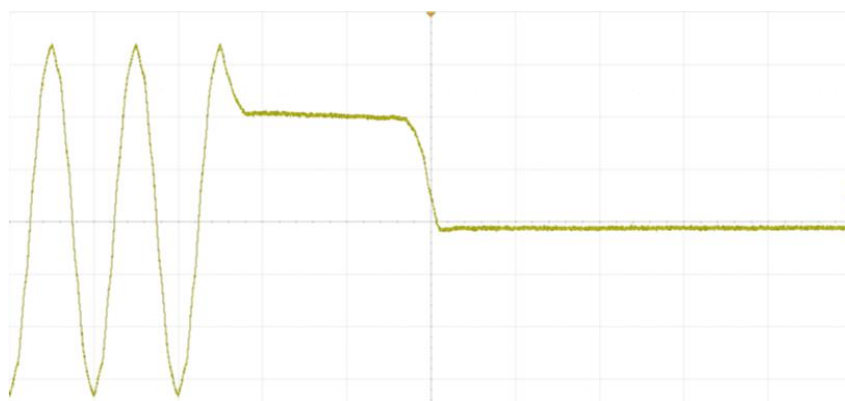


图 7-3 不带 TPM 的 TP_IDL 波形

7.3.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **不带 TPM** > **TP_IDL 模板 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和模板测试负载类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.2。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 测试过程中根据提示切换夹具板负载,连接 J116 和 J120 的 1/2 端口为测试负载 1 (LOAD1)，连接 J117 和 J121 的 1/2 端口为负载 2 (LOAD2)，连接 J118 和 J122 的 1/2 端口测试负载 3 (100Ω)。
- (6) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (7) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

7.4 测试结果参考

TP_IDL 模板的测试结果如图 7-4 所示。

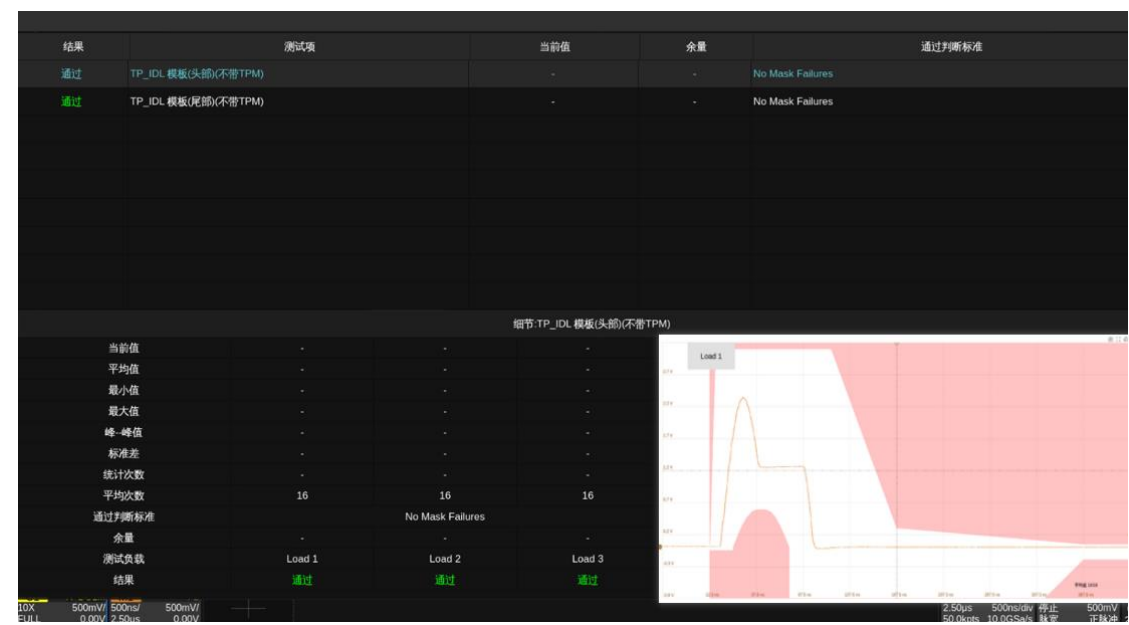


图 7-4 TP_IDL 模板测试结果

8 MAU 模板测试

8.1 测试简介

该测试项用于确保 DUT 输出均衡在指定范围内，测试信号需在 IEEE 802.3-2018 的 14.3.1.2.1 小节中所定义的模板内，信号模板如图 8-1 所示。该测试项仅在 TPM 模式下配置 100Ω 的负载条件下测试，DUT 发出 512bit 伪随机序列随机数据，示波器分别使用上升沿、下降沿触发方式捕获波形，模板的容限因子为 0.9 至 1.1，脉冲信号处于模板内不压模板，则符合标准要求。

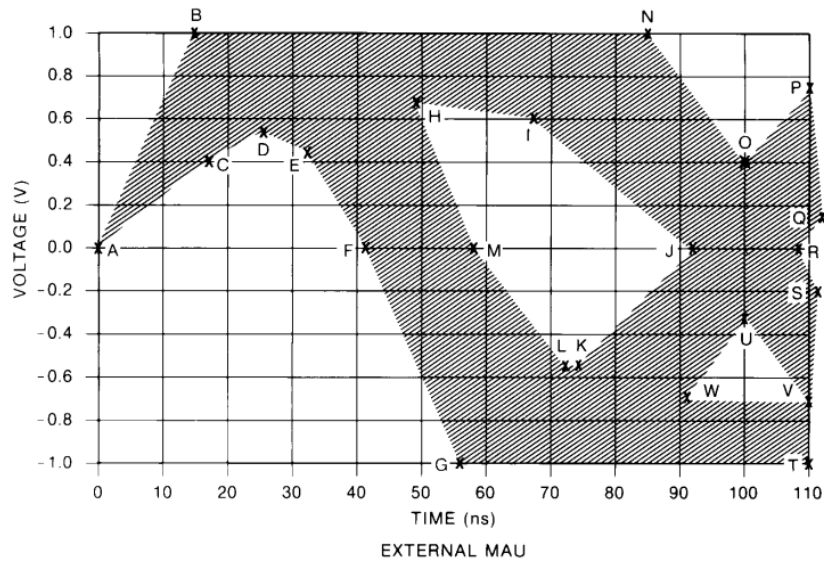


Figure 14-10—Voltage template

图 8-1 MAU 模板

该测试项区分内部外部模板，内部外部 MAU 模板的定义如图 8-2 所示。

Table 14-1—Voltage template values for Figure 14-10

Reference	Time (ns)		Voltage (V)
	External MAU	Internal MAU	
A	0	0	0
B	15	15	1.0
C	15	15	0.4
D	25	25	0.55
E	32	32	0.45
F	42	39	0
G	57	57	-1.0
H	48	48	0.7
I	67	67	0.6
J	92	89	0
K	74	74	-0.55
L	73	73	-0.55
M	58	61	0
N	85	85	1.0
O	100	100	0.4
P	110	110	0.75
Q	111	111	0.15
R	108	111	0
S	111	111	-0.15
T	110	110	-1.0
U	100	100	-0.3

Reference	Time (ns)		Voltage (V)
	External MAU	Internal MAU	
V	110	110	-0.7
W	90	90	-0.7

图 8-2 内外部模板定义

8.2 测试环境连接

测试环境连接见 5.1 章节的图 5-2，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出正确的随机数据波形，带 TPM 的 MAU 模板测试波形如图 8-3 所示。

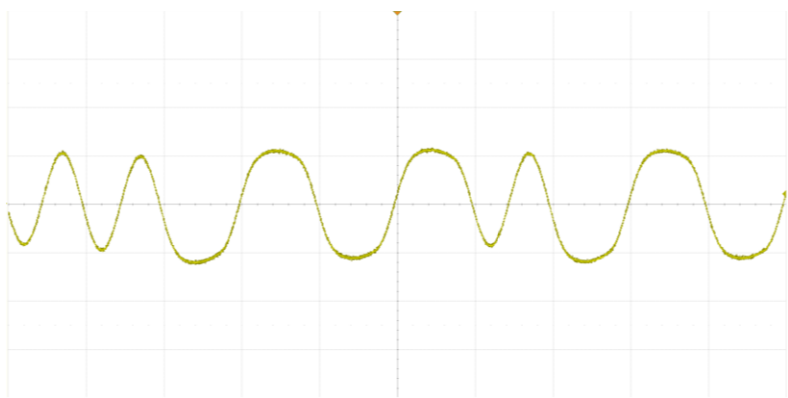


图 8-3 MAU 测试波形

8.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择， **测试项选择** > **带 TPM** > **MAU 模板 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)** 。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和模板类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.1。
- (4) 点击 **启动测试** ，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

8.4 测试结果参考

MAU 模板的测试结果如图 8-4 所示。

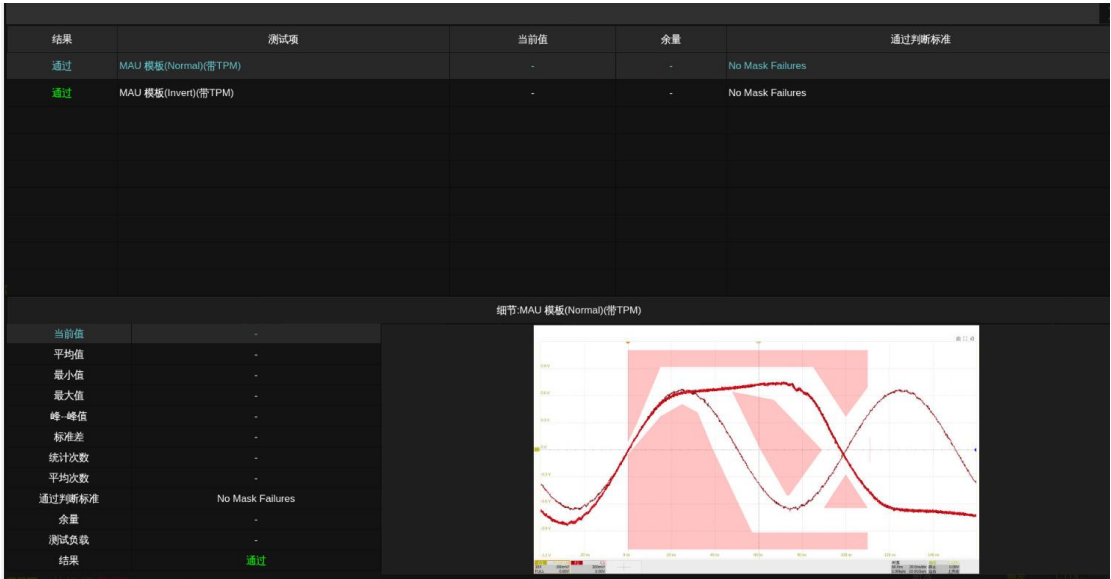


图 8-4 MAU 模板测试结果

9 输出时序抖动测试

9.1 测试简介

输出定时抖动测试用以验证以太网电路输出的数据波形在零点的抖动是否在 IEEE802.3 的 14.3.1.2.3 章节定义的规范以内，测试项区分带 TPM 和不带 TPM 模式，仅在负载为 100Ω 条件下进行测试。

在进行抖动测试时，示波器触发位置距离中心零点为 800 ns (8 BT) 或 850 ns (8.5 BT)，示波器将创建一个水平直方图，在捕获 N 个穿过零点的波形后，计算出直方图的最大/最小峰值即为 10 BASE-T 信号偏离理想边沿的抖动。通过判断标准：

1. 带 TPM 测试：外置 MAU 的抖动容限为 $8.0\text{ BT} \pm 7\text{ ns}$ 及 $8.5\text{ BT} \pm 7\text{ ns}$ ，内置 MAU 的抖动容限为 $8.0\text{ BT} \pm 11\text{ ns}$ 及 $8.5\text{ BT} \pm 11\text{ ns}$ 。
2. 不带 TPM 测试：外置 MAU 的抖动容限为 $8.0\text{ BT} \pm 16\text{ ns}$ 及 $8.5\text{ BT} \pm 16\text{ ns}$ ，内置 MAU 的抖动容限为 $8.0\text{ BT} \pm 20\text{ ns}$ 及 $8.5\text{ BT} \pm 20\text{ ns}$ 。

9.2 带 TPM 测试

9.2.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.1 章节的图 5-2，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保发出至少 511bit 的曼彻斯特编码伪随机序列，带 TPM 模式的伪随机序列测试波形如图 9-1 所示。

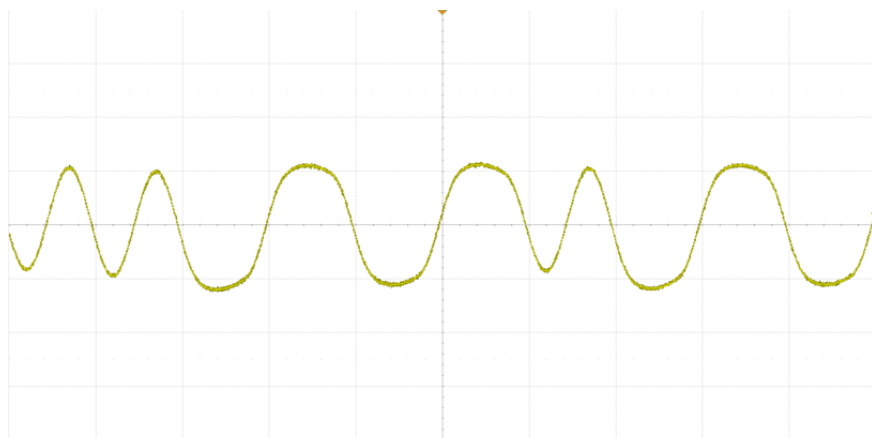


图 9-1 带 TPM 的伪随机序列

9.2.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择， **测试项选择** > **带 TPM** > **输出时序抖动 (IEEE802.3 14.3.1.2.3)** 。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和 MAU 模板内部、外部类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.1。
- (4) 点击 **启动测试** ，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

9.3 不带 TPM 测试

9.3.1 测试环境连接

测试环境连接见 5.2 章节的图 5-3，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保发出至少 511bit 的曼彻斯特编码伪随机序列，不带 TPM 模式的伪随机序列测试波形如图 9-2 所示。

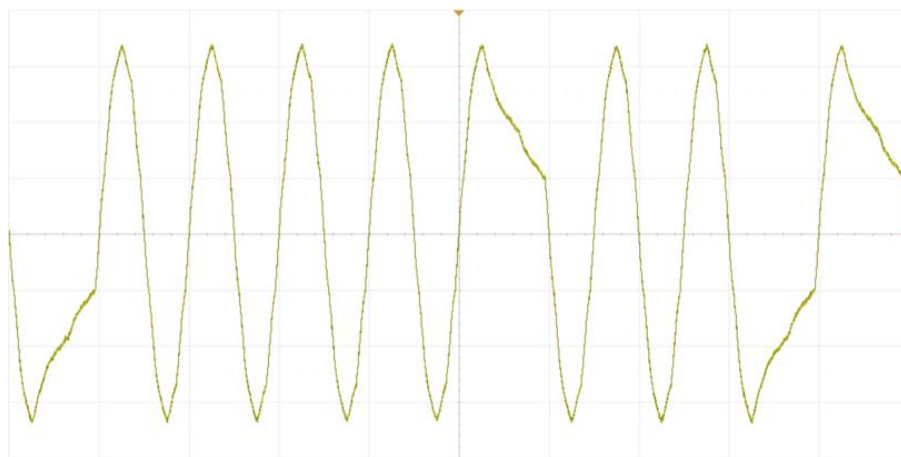


图 9-2 不带 TPM 的伪随机序列

9.3.2 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **不带 TPM** > **输出时序抖动 (IEEE802.3 14.3.1.2.3)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源和 MAU 模板内部、外部类型。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.2。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

9.4 测试结果参考

输出时序抖动的测试结果如图 9-3 所示。

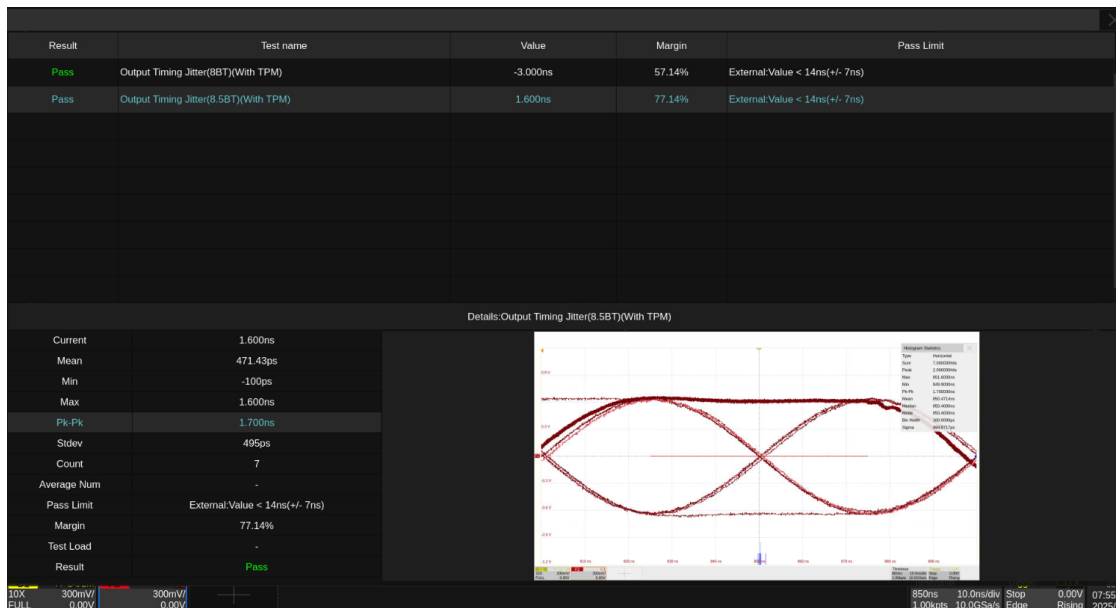


图 9-3 输出时序抖动测试结果

10 差分峰值电压测试

10.1 测试简介

差分峰值电压测试用以验证以太网电路输出的数据波形在零点的抖动是否在 IEEE802.3 的 14.3.1.2.1 章节定义的规范以内，该测试项仅在不带 TPM 模式下配置 100 Ω 的负载条件下测试。在进行差分峰值电压测试时，需要将 DUT 设置为 IEEE Test 10 Mbps 下的 5 MHz 差分信号或者 10 MHz 差分信号，即发出 512 bit 伪随机序列。

通过判断标准：10 BASE-T 输出的差分信号峰值在 2.2 V 至 2.8 V 之间

10.2 测试环境连接

测试环境连接见 5.2 章节的图 5-3，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出 512 bit 伪随机序列波形，不带 TPM 的伪随机序列波形如图 10-1 所示：

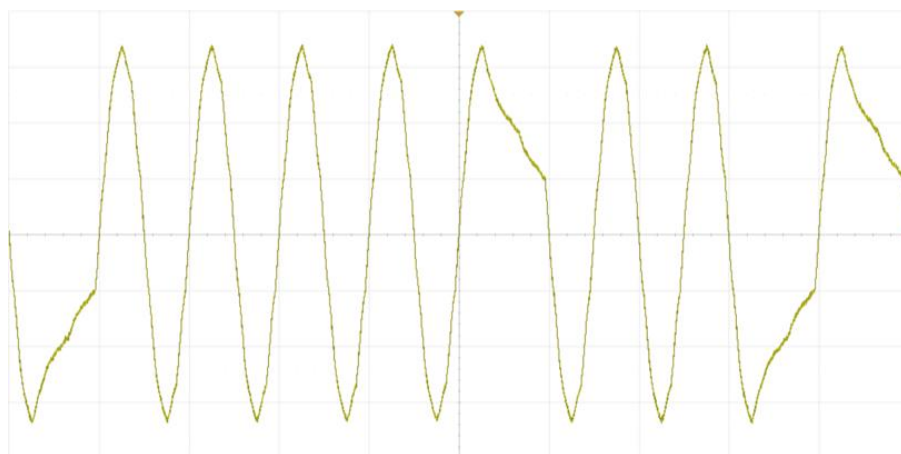


图 10-1 伪随机序列波形

10.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **不带 TPM** > **差分峰值电压 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.2。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。

- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

10.4 测试结果参考

差分峰值电压的测试结果如图 10-2 所示。

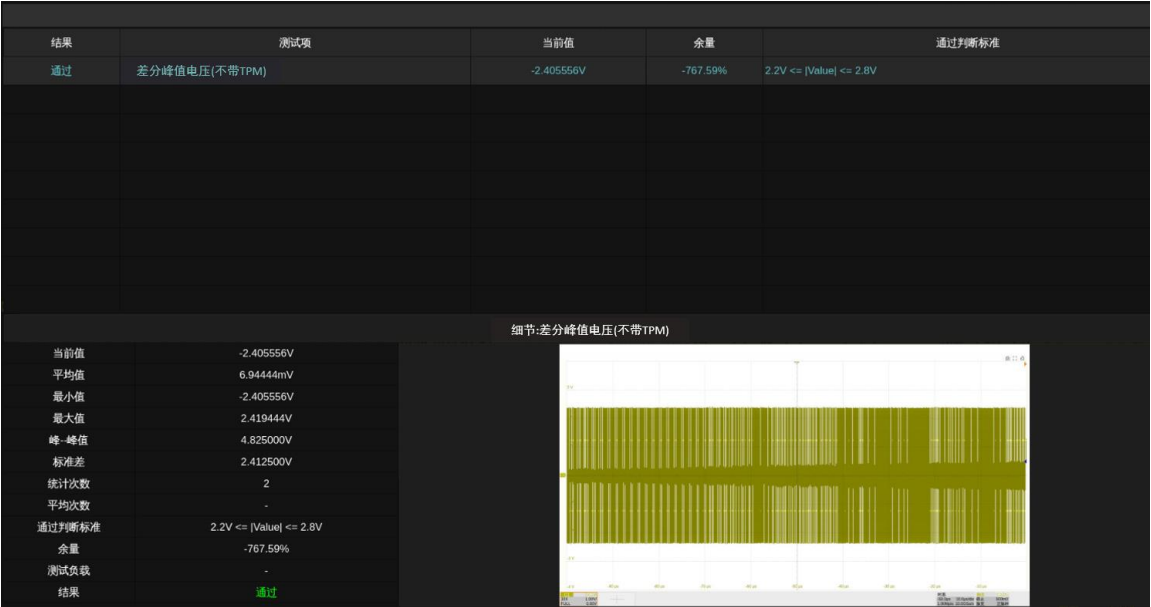


图 10-2 差分峰值电压测试结果

11 谐波分量测试

11.1 测试简介

谐波分量测试用以验证以太网电路输出的数据谐波分量是否在 IEEE 802.3-2018, Subclause 14.3.1.2.1 定义的规范以内，该测试项仅在不带 TPM 模式下配置 100Ω 的负载条件下测试。

在进行谐波测试时，一致性分析软件控制示波器捕获 N 个 100 us 内的数据波形并得到平均波形，然后示波器对平均波形进行 FFT 频谱分析并测量基频分量功率、2 次谐波功率、3 次谐波功率、4 次谐波功率、5 次谐波功率，计算基频分量和谐波分量的功率差。

通过判断标准：所有谐波分量的功率均至少要低于基频分量 27 dB。

11.2 测试环境连接

测试环境连接见 5.2 章节的图 5-3，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式，输出全“1”或全“0”的曼彻斯特编码序列，不带 TPM 模式的谐波分量测试波形如图 11-1 所示。

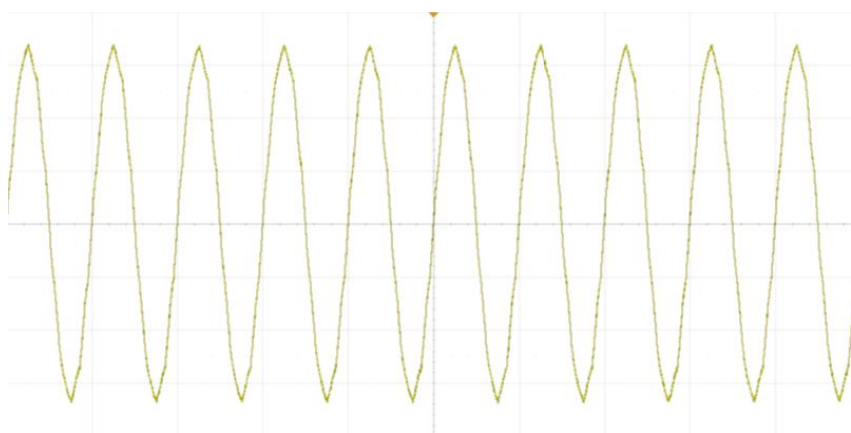


图 11-1 谐波分量测试波形

11.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **不带 TPM** > **谐波分量 (IEEE802.3 14.3.1.2.1)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见章节 5.2。

- (4) 点击 **启动测试** ，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。
- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

11.4 测试结果参考

谐波分量的测试结果如图 11-2 所示。

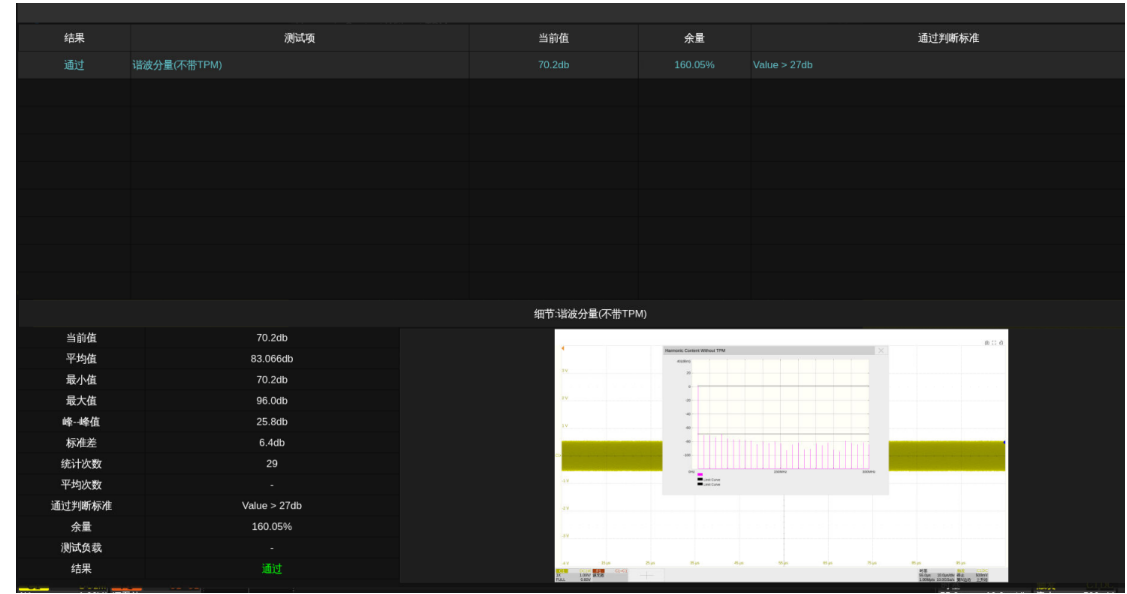


图 11-2 谐波分量测试结果

12 共模输出电压测试

12.1 测试简介

共模输出电压测试用于验证待测设备 MDI 共模输出电压的峰峰值是否在一致性测试的限制范围内，依据 IEEE802.3-2018，Subclause 14.3.1.2.5 规范，共模输出电压的最大值、最小值的绝对值需要小于 50 mV，DUT 设置为 10 BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出随机数据。示波器测试共模信号的最大值和最小值，取绝对值与 50 mV 作比对。

通过判断标准：共模输出电压的最大最小值的绝对值 ≤ 50 mv。

12.2 测试环境连接

测试环境连接见 5.3 章节的图 5-4，需配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式输出伪随机数据，伪随机数据波形如图 12-1 所示。

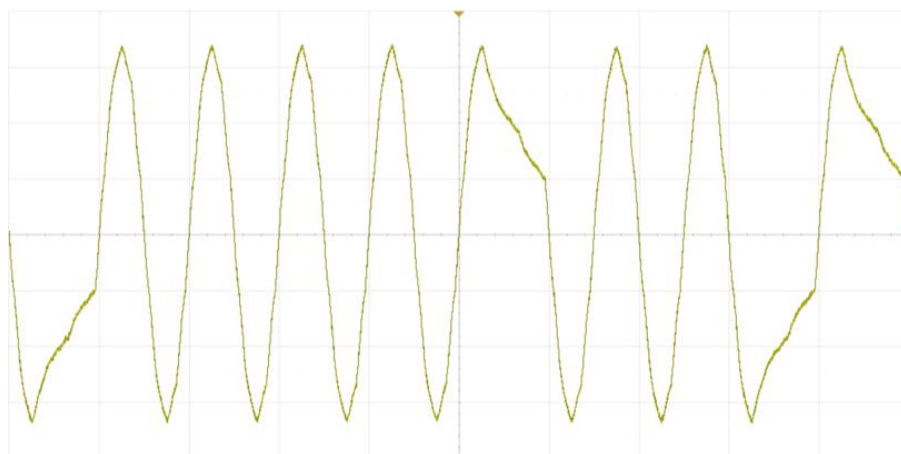


图 12-1 不带 TPM 的伪随机序列

12.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **一般测试项** > **共模输出电压(IEEE802.3 14.3.1.2.5)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的信源、测试时间和高通滤波。
- (3) 在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见 5.3 章节。
- (4) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动设置示波器的通道、触发等相关配置。

- (5) 如果示波器没有捕获到正确的波形来执行测试，应用程序将会回到 **连接** 步骤提示您检查测试环境的准确性。当示波器捕获到正确的波形后，点击 **启动测试** 按钮来继续测试。
- (6) 在测试过程中，示波器将自动验证信源上是否存在正确的测试信号并配置示波器的触发信号，将输入的信号经过调整模板位置，输出测试结果。

12.4 测试结果参考

共模输出电压的测试结果如图 12-2 所示。

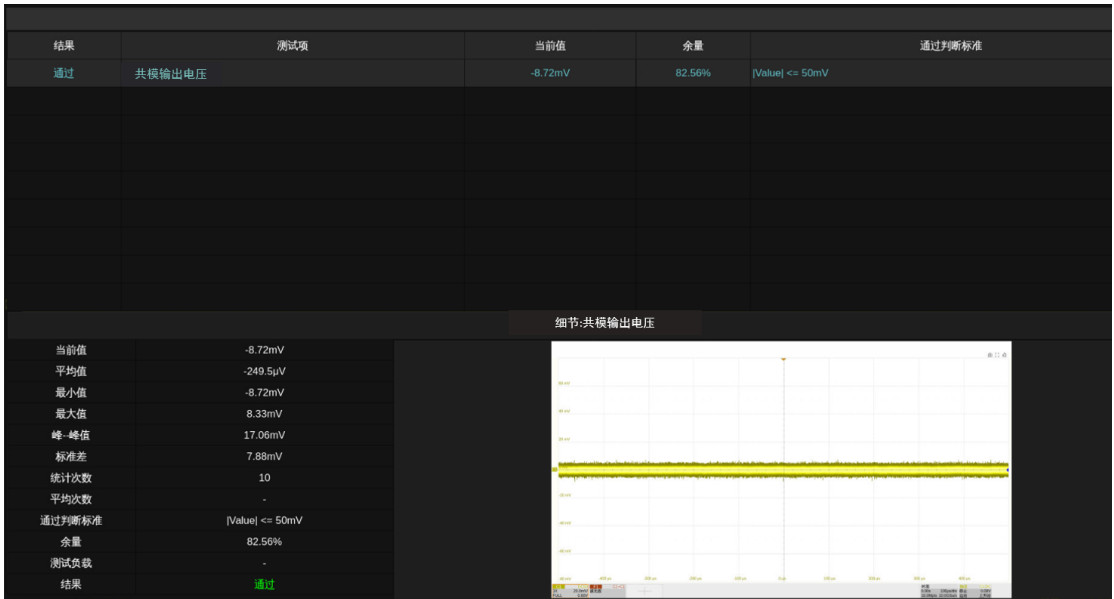


图 12-2 共模输出电压测试结果

13 发射机回波损耗测试

13.1 测试简介

回波损耗是衡量传输线或连接器等传输路径中反射信号与入射信号功率比值的指标，该测试项用于验证 DUT 的回波损耗是否超过 IEEE802.3-2018, Subclause 14.3.1.3.2/14.3.1.3.4 规范要求的限制，测试需要使用矢量网络分析仪对以太网端口进行发射机回波损耗参数测试。本机的软件会基于 100Ω 测试到的数据，转换为 85Ω 和 115Ω 下的回波损耗数据，判断其是否在门限范围内。

通过判断标准：发射机在 5 MHz 至 10 MHz 频带内的回波损耗优于 -15 dB。

13.2 测试环境连接

13.2.1 VNA 校准环境

开启发射机回波损耗测试之前，需要先进行 VNA 的校准，发射机测试回波损耗的 VNA 校准环境如图 13-1 所示，VNA 校准的步骤如下：

- (1) 两根等长的 SMA 线缆，一端分别和测试夹具区域②上的 J47、J52 相连，另外一端分别和测试夹具区域⑥的 J17 (DA-)、J4 (DA+) 相连；
- (2) 用一根 SMA 线缆，一端连接 **配置** -> **回波损耗** 中的 **VNA 端口选择** 所对应的 VNA 端口，另外一端连接到测试夹具区域②上的 J48；
- (3) 用一根 USB 线缆，分别连接到示波器的 USB Host 接口和 VNA 的 USB Device 接口；
- (4) 取一根短网线，一端连接到测试夹具区域⑥上的 J27，另外一端接到测试夹具的区域 0 上的 J46，做 Open 校准；
- (5) 点击 **测试项选择** 中的 **回波损耗** -> **发射机回波损耗**，点击 **配置** 中的 **回波损耗** -> **测试连接**，示波器自动检测 VNA 连接状态，连接成功后返回 VNA 的型号并进行校准配置（仅支持鼎阳的 VNA 仪器），设置参数如下：
 - 设置测量类型 (Meas) 为 S11；
 - 设置测试起始频率为 5 MHz，终止频率为 10 MHz；
 - 设置中频带宽为 100 Hz；
 - 设置扫描点数为 500；
 - 开启连续扫描；
- (6) 点击 **配置** 中的 **回波损耗** -> **开路**，执行 Open 校准；

- (7) 对于 Short 和 Load 的校准，更改短网线连接后分别点击 **配置** 中的 **回波损耗** -> **短路**、**负载进行校准**。

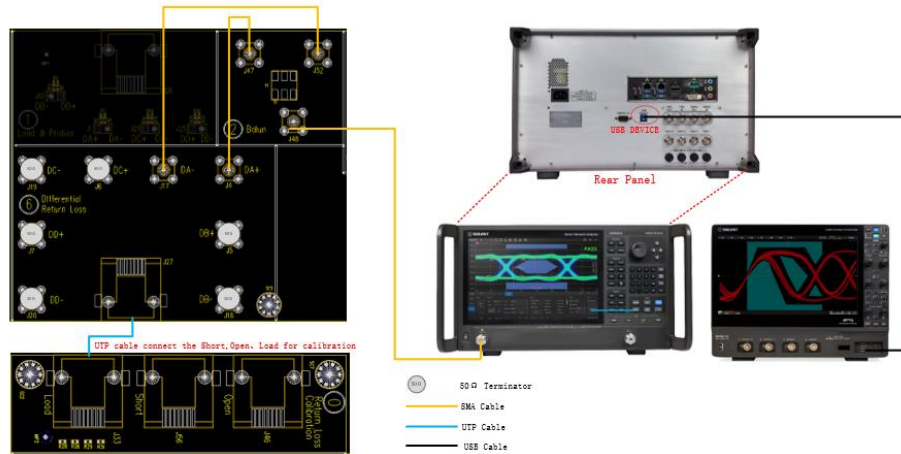


图 13-1 发射机 VNA 校准

13.2.2 DUT 测试环境

测试的连接方式如图 13-2 所示，连接步骤为：

- (1) 两根等长的 SMA 线缆，一端分别和测试夹具区域②上的 J47、J52 相连，另外一端分别和测试夹具区域⑥的 J17 (DA-)、J4 (DA+) 相连；
- (2) 用一根 SMA 线缆，一端连接“配置->回波损耗”中的“VNA 端口选择”所对应的 VNA 端口，另外一端连接到测试夹具区域②上的 J48；
- (3) 用一根 USB 线缆，分别连接到示波器的 USB Host 接口和 VNA 的 USB Device 接口；
- (4) 取一根短网线，一端连接到测试夹具区域⑥上的 J27，另外一端接到 DUT；
- (5) 配置 DUT 处于 10BASE-T 模式，配置 PHY 寄存器以确保输出随机数据；
- (6) 点击示波器 启动测试 中的 **启动测试**，出现弹窗后点击 **启动测试**，示波器获取 VNA 测试到的 S11 数据，绘制曲线，判断测试是否通过；

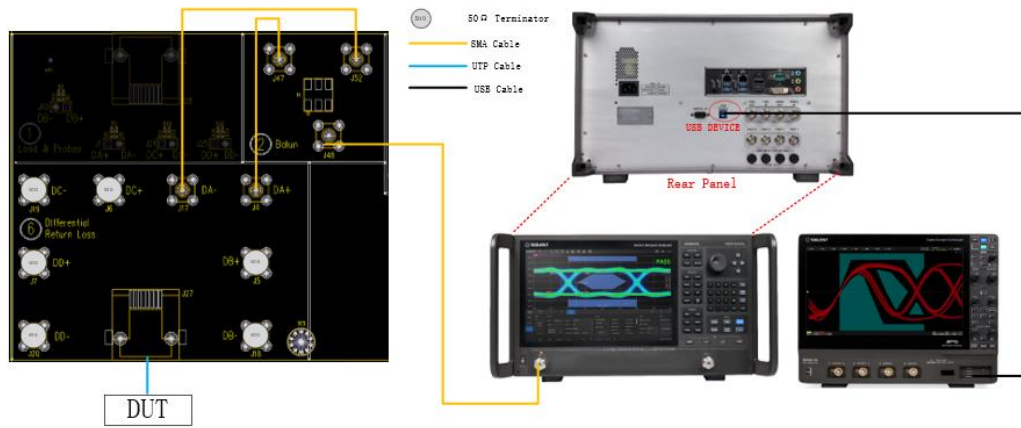


图 13-2 发射机回波损耗测试

13.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择，**测试项选择** > **回波损耗** > **发射机回波损耗(IEEE802.3 14.3.1.2.2)**。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的 VNA 端口，并确认 VNA 连接成功。
- (3) 在 **配置** 中分别点击 **开路**、**短路**、**负载** 以对 VNA 进行校准，点击后会弹出校准提示界面，请按照提示检查校准环境搭建的准确性，确认准确后点击 **启动校准** 开始校准，校准的接线方式可见 13.2.1。
- (4) 确认校准成功后，在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见 13.2.2。
- (5) 点击 **启动测试**，系统会弹出测试提示界面，并自动完成示波器和 VNA 的相关配置。
- (6) 确定 VNA 采集到待测信号后，在测试提示界面点击 **启动测试**。
- (7) VNA 测试结束后，示波器会读取 VNA 结果并输出。

13.4 测试结果参考

回波损耗的测试结果如图 13-3 所示。

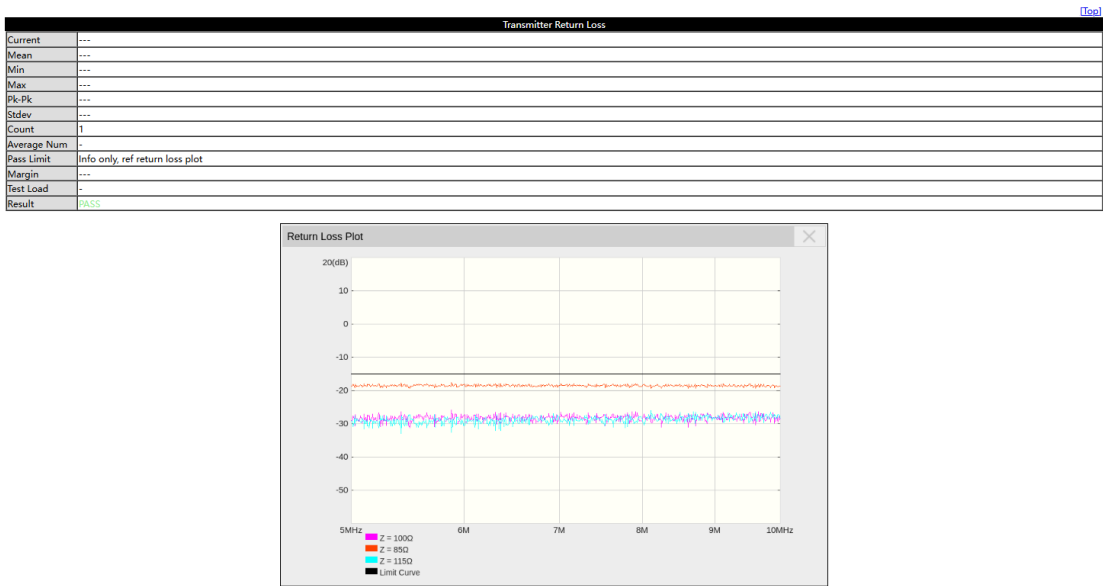


图 13-3 发射机回波损耗结果

14 接收机回波损耗测试

14.1 测试简介

该测试项用于验证 DUT 接收机的回波损耗是否超过 IEEE802.3-2018, Subclause 14.3.1.3.2/14.3.1.3.4 规范要求的限制, 测试需要使用矢量网络分析仪对以太网端口进行接收机回波损耗参数测试。本机的软件会基于 100Ω 测试到的数据, 转换为 85Ω 和 115Ω 下的回波损耗数据, 判断其是否在门限范围内。

通过判断标准: 接收机在 5 MHz 至 10 MHz 频带内的回波损耗优于 -15dB

14.2 测试环境连接

14.2.1 VNA 校准环境

开启接收机回波损耗测试之前, 需要先进行 VNA 的校准, 接收机测试 VNA 的校准环境如图 14-1 所示, VNA 校准的步骤如下:

- (1) 两根等长的 SMA 线缆, 一端分别和测试夹具区域②上的 J47、J52 相连, 另外一端分别和测试夹具区域⑥的 J18 (DB-)、J5 (DB+) 相连。
- (2) 用一根 SMA 线缆, 一端连接 **配置** -> **回波损耗** 中的“VNA 端口选择”所对应的 VNA 端口, 另外一端连接到测试夹具区域②上的 J48。
- (3) 用一根 USB 线缆, 分别连接到示波器的 USB Host 接口和 VNA 的 USB Device 接口。
- (4) 取一根短网线, 一端连接到测试夹具区域⑥上的 J27, 另外一端接到测试夹具的区域 0 上的 J46, 做 Open 校准。
- (5) 点击 **测试项选择** 中的 **回波损耗** -> **接收机回波损耗**, 点击 **配置** 中的 **回波损耗** -> **测试连接**, 示波器自动检测 VNA 连接状态, 连接成功后返回 VNA 的型号并进行校准配置 (仅支持鼎阳的 VNA 仪器), 设置参数如下:
 - 设置测量类型 (Meas) 为 S11;
 - 设置测试起始频率为 5 MHz, 终止频率为 10 MHz;
 - 设置中频带宽为 100 Hz;
 - 设置扫描点数为 500;
 - 开启连续扫描;
- (6) 点击配置中的 **回波损耗** -> **开路**, 执行 Open 校准。

- (7) 对于 Short 和 Load 的校准，更改短网线连接后分别点击配置中的 **回波损耗** -> **短路**、**负载** 进行校准。

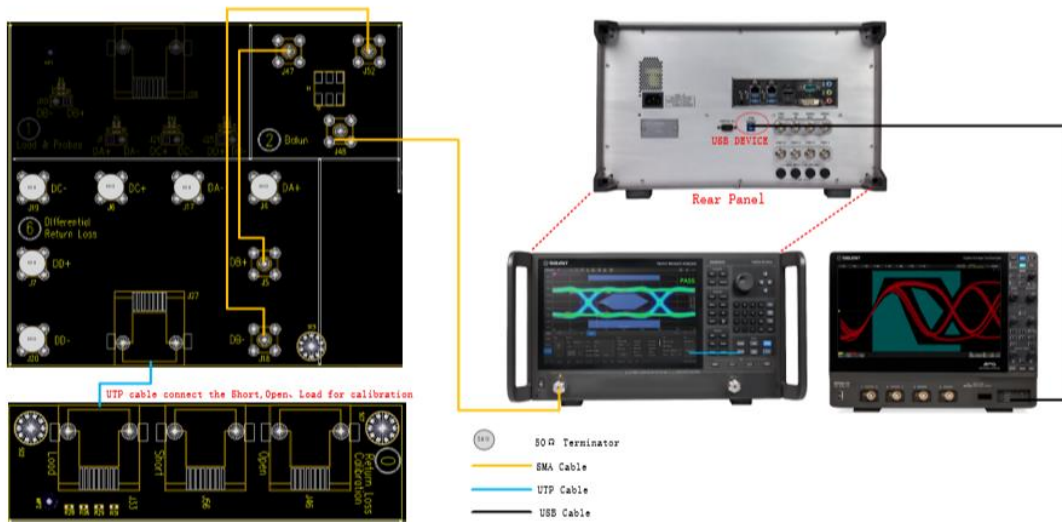


图 14-1 接收机 VNA 校准

14.2.2 DUT 测试环境

测试的连接方式如图 14-2 所示，连接步骤为：

- (1) 两根等长的 SMA 线缆，一端分别和测试夹具区域②上的 J47、J52 相连，另外一端分别和测试夹具区域⑥的 J18 (DB-)、J5 (DB+) 相连；
- (2) 用一根 SMA 线缆，一端连接 **配置** -> **回波损耗** 中的“VNA 端口选择”所对应的 VNA 端口，另外一端连接到测试夹具区域②上的 J48；
- (3) 用一根 USB 线缆，分别连接到示波器的 USB Host 接口和 VNA 的 USB Device 接口；
- (4) 取一根短网线，一端连接到测试夹具区域⑥上的 J27，另外一端接到 DUT；
- (5) 配置 DUT 处于 10 BASE-T 模式；
- (6) 点击示波器 **启动测试** 中的 **启动测试**，出现弹窗后点击 **启动测试**，示波器获取 VNA 测试到的 S11 数据，绘制曲线，判断测试是否通过。

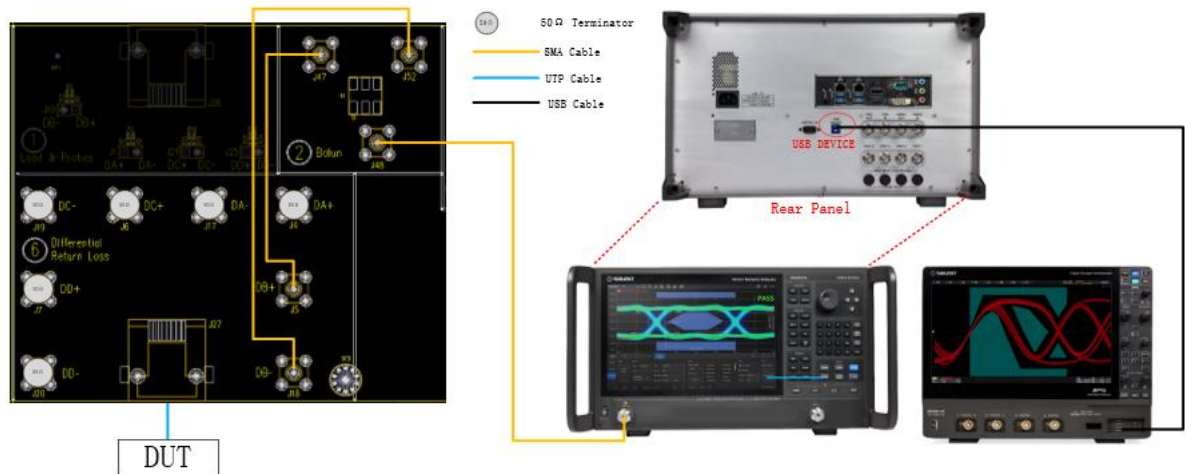


图 14-2 接收机回波损耗测试

14.3 测试步骤

- (1) 进行测试项选择， **测试项选择** > **回波损耗** > **接收机回波损耗 (IEEE802.3 14.3.1.2.2)** 。
- (2) 在 **配置** 中设置使用的 VNA 端口，并确认 VNA 连接成功。
- (3) 在 **配置** 中分别点击 **开路** 、 **短路** 、 **负载** 以对 VNA 进行校准，点击后会弹出校准提示界面，请按照提示检查校准环境搭建的准确性，确认准确后点击 **启动校准** 开始校准，校准的接线方式可见 14.2.1。
- (4) 确认校准成功后，在 **连接** 中检查测试环境搭建的准确性，具体测试连接方式见 14.2.2。
- (5) 点击 **启动测试** ，系统会弹出测试提示界面，并自动完成示波器和 VNA 的相关配置。
- (6) 确定 VNA 采集到待测信号后，在测试提示界面点击 **启动测试** 。
- (7) VNA 测试结束后，示波器会读取 VNA 结果并输出。

14.4 测试结果参考

回波损耗的测试结果如图 14-3 所示。

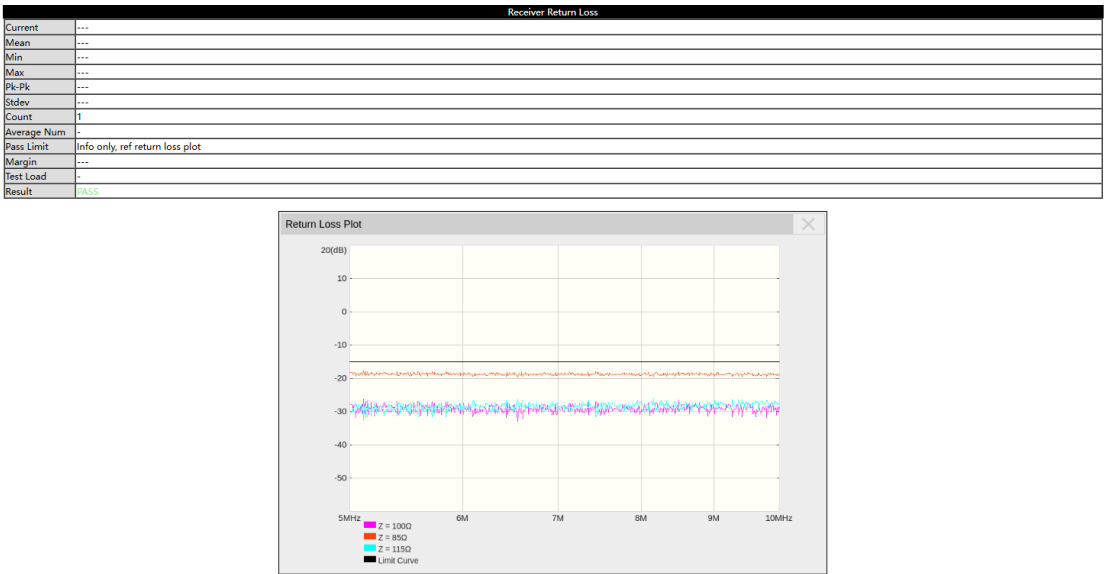


图 14-3 接收机回波损耗结果



关于鼎阳

鼎阳科技 (SIGLENT) 是通用电子测试测量仪器领域的行业领军企业, A 股上市公司。

2002 年, 鼎阳科技创始人开始专注于示波器研发, 2005 年成功研制出鼎阳第一款数字示波器。历经多年发展, 鼎阳产品已扩展到数字示波器、手持示波表、函数/任意波形发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪、射频/微波信号源、台式万用表、直流电源、电子负载、精密源表等基础测试测量仪器产品, 是全球极少数能够同时研发、生产、销售数字示波器、信号发生器、频谱分析仪和矢量网络分析仪四大通用电子测试测量仪器主力产品的厂家之一, 国家重点“小巨人”企业。同时也是国内主要竞争对手中极少数同时拥有这四大主力产品并且四大主力产品全线进入高端领域的厂家。公司总部位于深圳, 在马来西亚槟城州设有生产基地, 在美国克利夫兰、德国奥格斯堡、日本东京成立了子公司, 在成都成立了分公司, 产品远销全球 80 多个国家和地区, SIGLENT 已经成为全球知名的测试测量仪器品牌

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司
全国免费服务热线: 400-878-0807
网址: www.siglent.com

声明

 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标, 事先未经过允许, 不得以任何形式或通过任何方式复制本手册中的任何内容。
本资料中的信息代替原先的此前所有版本。技术数据如有变更, 恕不另行通告。

技术许可

对于本文档中描述的硬件和软件, 仅在得到许可的情况下才会提供, 并且只能根据许可进行使用或复制。

