Sinolink Technologies

Datasheet

SL3000B系列高性能误码仪

1GBaud-32.4GBaud高速信号完整性测试解决方案

利用创建压力眼图，真实还原现实世界中的信号完整性问题，
全面提升高速链路的可靠性与稳定性，开启卓越高速互连新时代！

中星联华科技（北京）股份有限公司

SINOLINK TECHNOLOGIES (BEIJING) CO.,LTD.

概览

随着近十年的狭义和广义人工智能、数据中心、5G/6G、云存储和云计算、商用机器人和自动驾驶的飞速发展。数据已经超过石油成为最宝贵的资源，高速传输就像连接城市的高速公路网络，在消费电子、商用、军用的应用必不可少。例如数据中心大厦内的所有模块，机柜之间的信号传输，以及数据在跨城市、跨国家之间的高速传输在从过去20年前每5-6年速率翻倍，加速迭代到每2-3年就实现速率翻倍。

数字电路工作速度的提高，PCB、连接器、背板上信号的传输速率也越来越高，其中串行数据通信在传输中占据主导地位。IEEE ETH以太网主流速率已经支持到25Gbps和53.125Gbps，新出现的速率达106Gbps。消费电子类的高速总线USB3/4/PCIE的信号速率已经覆盖了从16G到64Gbps的速率范围，高速FPGA的串行高速接口速率则从8Gbps猛增到28Gbps，DSP和ADC/DAC从3Gbps过度到25Gbps。要满足高速串行和并行总线设计的性能和稳定性要求，需要使用高性能误码仪来验证总线链路的性能和余量。

一个高速链路包括TX发送器、传输链路、以及RX接收机三大部分组成， 其中接收机中包括复杂的均衡和信号调理，是测试中最复杂的环节。误码测试仪（BERT）是进行高速接收机测试必备仪器，是保证整个链路能够可靠工作的关键测试设备。 它能够从高速信号完整性的角度对高速接收机进行压力测试，通过高速误码仪BERT的码型发生器PPG来注入周期抖动、随机抖动、串扰抖动、共模噪声，差模噪声，宽带白噪声来模拟真实世界中最严苛的环境。

SL3000B系列高性能误码仪具有优异的性能指标、丰富的功能特点、灵活的选件配置和超高的整机集成度，为高速串行电路产品预研、设计和生产测试提供了强大的性能和丰富的高级功能。误码仪能够在高速有线通信系统中对误码率进行测试分析，主要用于评估电子信道性能，是高速通信硬件电路研发和测试的必备仪器，广泛应用高校研究所、通信设备研发及航空航天研究等领域。

SL3000B系列高性能误码仪特点

强大的模块化设计

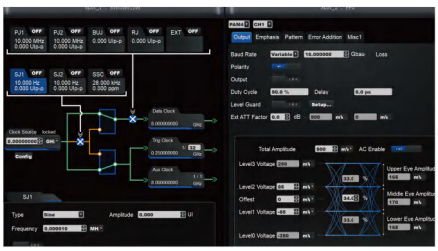
- **单机设备支持6个可扩展功能槽位，灵活配置不同模块**
- **每通道支持1GBaud到最高32.4GBaud，速率连续可调，没有断点**
- **支持32.4GBaud内所有主流NRZ/PAM4速率和各种非标准速率，提供不同选件方便未来速率扩展和升级**
- **高速信号完整性测试系统，可定制化工装夹具，配套线缆、转接头等，以满足不同场景测试需求，打造专用测试工具，使测试更专业，更简单**

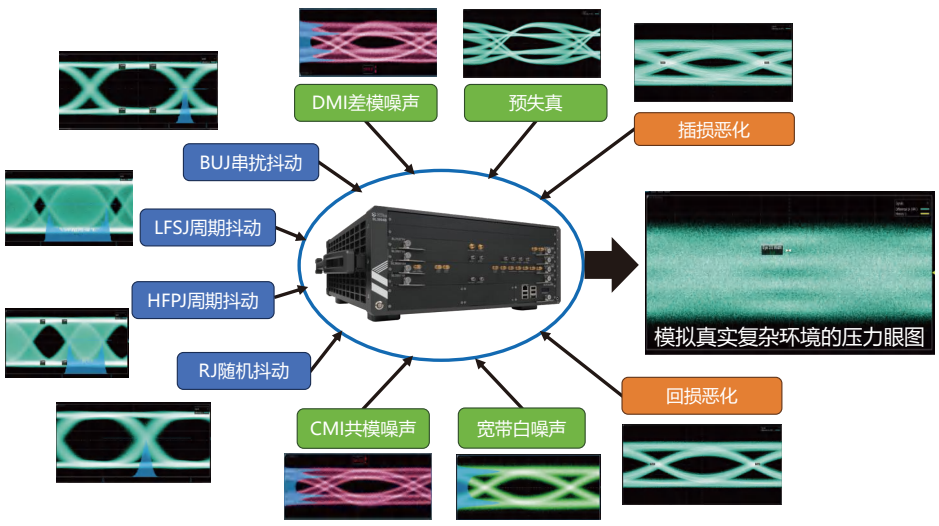
卓越的信号完整性和丰富的高级功能

- **支持NRZ，PAM4编码信令格式**
- **国内唯一支持主流协议一致性测试的高端台式误码仪，通过丰富的低频抖动和高频抖动注入模拟真实世界的复杂环境**
  - 周期性SJ抖动注入
  - 周期性PJ抖动注入
  - 随机抖动RJ注入
  - 串扰抖动BUJ注入
  - 扩频时钟SSC注入
  - 外部抖动注入
- **丰富的各种噪声注入**
  - 共模噪声CMI注入
  - 差模噪声DMI注入
  - 宽带白噪声BBN注入
- **PPG内置4个FFE Taps，提供灵活的预失真设置来进行通道补偿**
- **PPG支持高达1.8V的差分高压输出**
- **PPG针对不同的速率支持上升时间可调功能**
- **PPG多通道间支持高达ps分辨率的相位/Skew调整功能**
- **PPG支持多种随机码型和业内最高的高级自定义码型**
  - PRBS随机码，高频/中频/低频时钟码
  - ≥4Gbit的用户自定义码型
- **接收端ED支持高级自动均衡功能轻松满足各种复杂测试环境**
- **接收端ED内置了CDR时钟恢复功能，无需外部时钟输入**

快捷丰富的软件用户界面

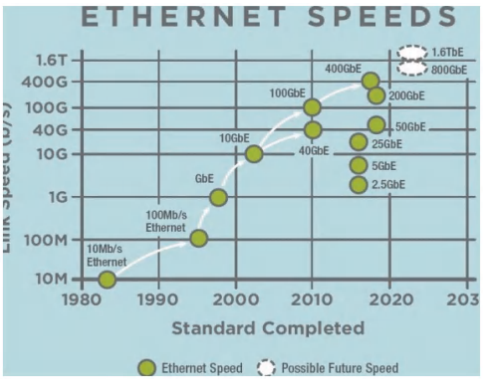
- 方便易用的向导功能
- 人性化的布局和操作
- 方便灵活的界面切换
- 丰富的测试相关信息

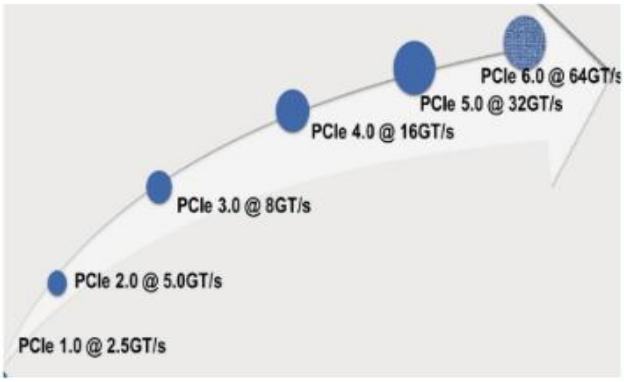




高速标准协议的发展和测试挑战

下面目前主流的以太网和PCIE速率的发展和演变。





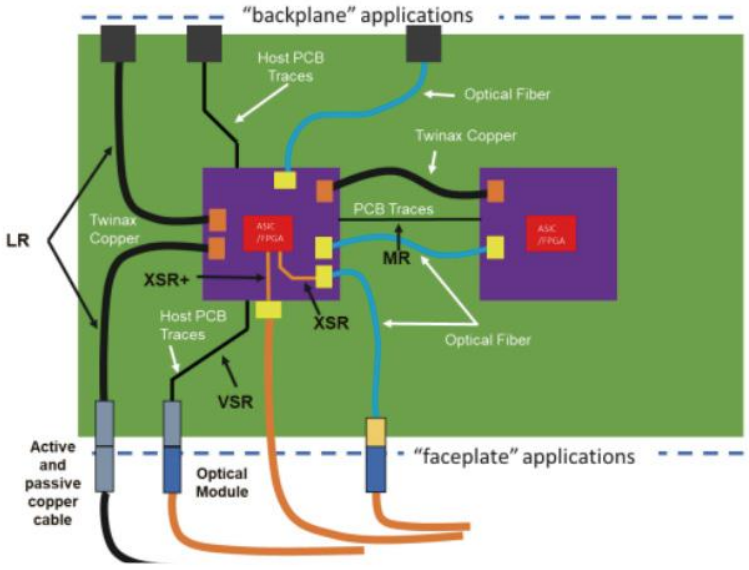
高速链路的典型应用场景

高速链路的应用场景非常丰富，针对不同细分领域，速率范围可以从1GBaud到高达32GBaud单通道传输速率。 从传输距离和实际场景有分粗略分为短距传输SR，中距离传输MR，长距离传输LR的场景，其中针对实际物理链路的损耗，SR一般覆盖5dB-12dB的插损范围，MR中距离一般覆盖10-25dB的插损范围，LR长距传输一般覆盖从20-35dB的插损范围。

以太网/光联盟/RapidIO/VPX/JESD为主的典型应用

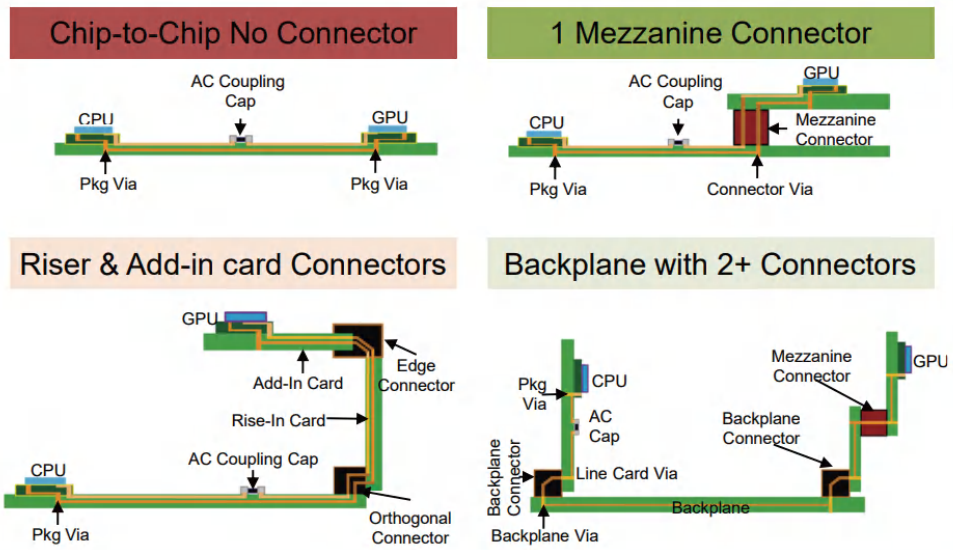
下面是以高速以太网IEEE 802.3和OIF-CEI光联盟标准提供的高速互连的一些典型应用场景，可以看到一个高速系统中包括了各种不同的传输场景。对于VPX, JESD, RapidIO等高速协议，物理层链路的测试和验证标准基本上是参考以太网的IEEE 802.3协议对应的速率范围。

- 芯片内部的互连：从超短距XSR传输
- 芯片间板内互连：短距SR，中距离MR传输
- 芯片到模块间板内互连：短距VSR传输
- 芯片到模块到线缆板间互连：长距CR无源电缆传输
- 芯片到背板到芯片多板间互连：长距KR高速背板传输



高速PCIE为主的典型应用

下面是以PCIE标准提供的高速互连的一些典型应用场景，可以看到一个高速系统中包括了各种不同的传输场景。



可以看到一个PCIE包括了各种不同的传输场景。

- 芯片和芯片间传输
- 芯片通过1个子卡和另外一个芯片的高速传输
- 芯片通过1个子卡，两个连接器和另外一个芯片的高速传输
- 芯片通过背板和连接器到另外一个芯片的高速传输

典型的高速链路的物理层测试挑战

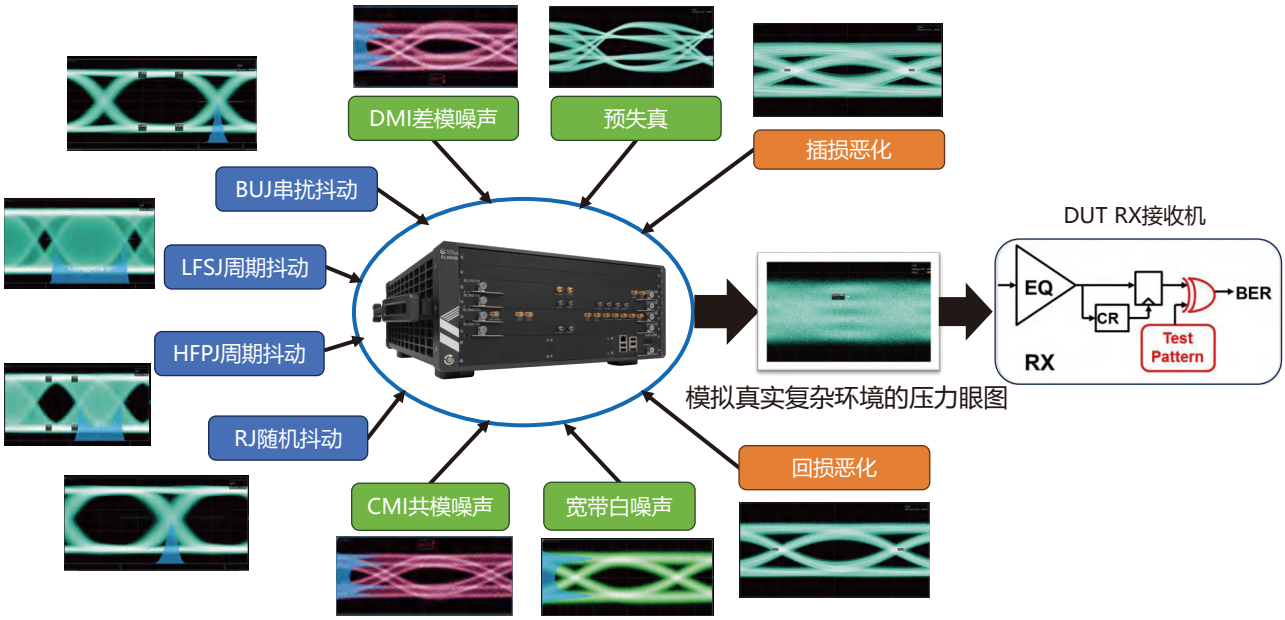
信号完整性问题是高速链路的物理层测试面对的核心问题，无论是芯片间的短距SR传输，还是高速背板或者高速电缆的长距离LR传输，下面高速链路在设计构建过程中都不可避免的各种典型问题。

- 芯片bump到封装BGA焊球的信号完整性设计：阻抗匹配，过孔设计，串扰，反射
- 芯片封装到PCB设计：阻抗匹配，过孔设计，串扰，反射
- 高速PCB走线和过孔设计：差分阻抗控制，过孔设计，同层/交叉串扰，反射
- 高速电缆连接器设计：接头阻抗控制，隔离，反射

误码仪创建压力眼来模拟真实世界的信号完整性问题

RX接收机是整个高速链路的最终环节，接收机测试由于在芯片内部，在绝大多数场景无法直接观测信号完整性问题。最主流的方式是通过创建最的压力眼来模拟真实世界最苛刻的运行环境。误码仪是构建和校准压力眼的核心测试仪器。

对于一个高速传输链路，接收机需要能够在最严苛的环境中保证能够可靠的接收传输的数据。发送端和链路上的各种信号完整性问题都会恶化信号，减小接收机的余量。SL3000B系列误码仪提供最全面的RX接收机压力眼测试方案，能够注入多达10种不同类型的抖动，噪声等信号完整性损伤，模拟真实世界最严苛复杂的环境。



SL3000B系列高性能误码仪应用

随着数字电路工作速度的提高，PCB、连接器、背板上信号的传输速率也越来越高，其中串行数据通信在传输中占据主导地位。按照最严格性能标准设计的拥有精密设计的各种高速互连的PCIE/ETH/VPX背板，以及高速线缆，在当今国防对于高速信号需求普遍存在的大背景下变得至关重要。背板是嵌入式系统中的通信主干，必须按照严格的信号完整性标准进行设计，以确保系统内模块之间及时、准确的数据传输。随着系统转向支持100G-baseKR4/CR4、PCIe Gen4/5协议等的更高串行比特率，高信号完整性对于实现故障安全操作至关重要。要满足高速传输的性能预期，特别是高速接收机的性能，接收机容限测试至关重要。

除此之外高速IEEE ETH以太网主流速率已经从10Gbps支持到25Gbps，53Gbps，消费电子类的高速总线PCIE、USB3/4的信号速率已经覆盖了从2.5Gbps到20Gbps的速率范围，高速FPGA的串行高速接口速率则从8Gbps猛增到28Gbps，DSP和ADC/DAC从3Gbps过度到32Gbps。SL3000B系列高性能误码仪能够针对各种高速协议标准和非标的速率进行接收机容限测试。

高性能误码仪典型应用领域

- **高速互联信号完整性测试**
- **高速芯片SERDES/FPGA/DAC/ADC的高速接口的接收机容限和余量测试**
- **高速数据中心/光通信/光模块的研发测试**
- **激光通信和相干光的研发测试**
- **各种高速标准和非标准总线的预先物理层一致性测试**

高性能误码仪测试环境构建

使用误码率测试仪（BERT）进行高速串行接口的物理层测试，可以有效确保高速系统的信号完整性、可靠性和性能。
以下是详细的步骤和方法：

测试准备

- 系统分析：熟悉高速串行接口和通信系统的内部结构，包括发送器、接收器、均衡器和PCB布线等，以及链路的插损评估。
- 测试计划：制定详细的测试计划，明确测试目标、范围和所需的设备。
- 可测性设计：对于被测DUT检查是否有可测性设计，设计专用或者通用的测试夹具，保证BERT误码仪能够通过测试夹具把信号送个被测DUT的接收端。

设置和校准BERT

- 设备准备：准备BERT、示波器、测试夹具、连接线缆、衰减器等必要设备。
- 校准BERT：对BERT需要测试的项目连接示波器或者其他仪器 设备进行校准。

测试配置

- PRBS信号生成:配置BERT生成不同长度的PRBS信号(如PRBS7、PRBS15、PRBS31)。
- 数据速率设置:设置BERT的工作数据速率,覆盖系统的设计范围。
- 设置拨入经过校准的幅度/抖动/噪声和通道

BER和JTOL测试执行

- 接收机RX BER误码率测试:将PRBS信号通过发送器发送到接收器,并通过BERT记录误码情况。
- 接收机RX JTOL抖动容限测试。设置JTOL的SJ/PJ抖动注入的频率范围和对应的抖动幅度。
- 误码计数:记录每个测试节点的误码数量和误码率(BER)。

BER和ITOL测试执行

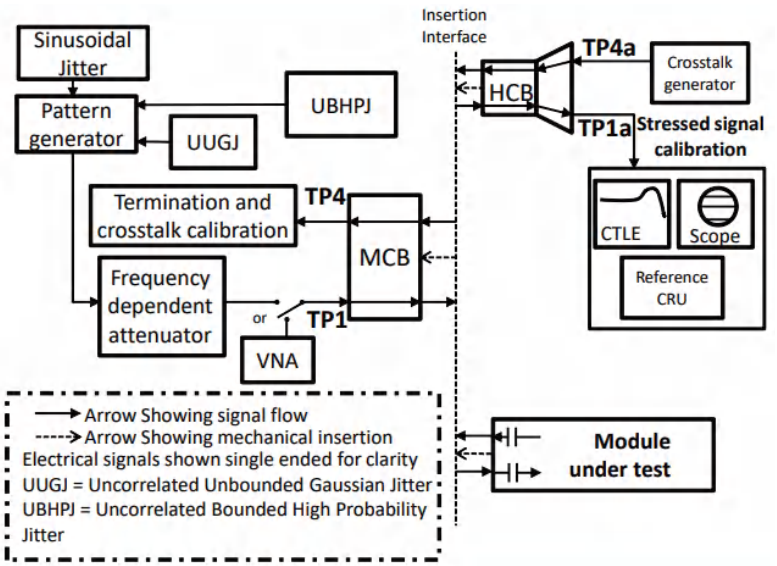
- 接收机RX ITOL抖动容限测试。设置JTOL的噪声抖动注入的幅度范围。
- 误码计数:记录每个噪声幅度下的误码数量和误码率(BER)

BER和串扰测试

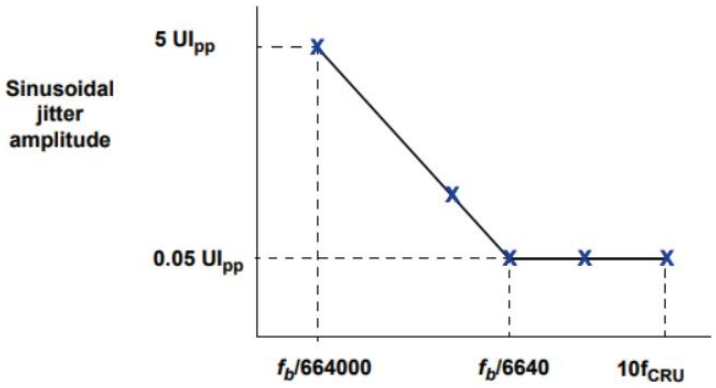
- 在系统内部的关键信号路径上分析近端串扰和远端串扰。
- 通过多通道误码仪注入高速PRBS31信号,在串扰条件下运行BER测试,评估串扰对误码率的影响。

高速接收机的抖动容限测试 JTOL

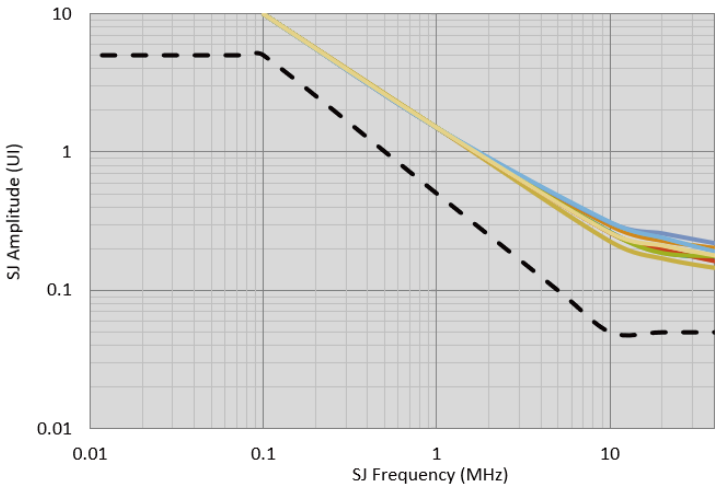
JTOL是评估高速接收机能力的经典测试项目,下图是针对VSR短距传输类型的RX接收端测试硬件环境。整个硬件测试环境的构建是为了提供一个最严苛的测试环境,通过误码仪来注入各种模拟真实世界的抖动,串扰,物理链路来测试RX接收端的误码率,得到接收端的余量。



由于绝大多数RX接收芯片或者模块都内置了时钟恢复电路CDR， 一个高速链路的接收端对于不同的频率的抖动分量会经过CDR后被衰减或者放大。 通过高速误码仪注入不同频率的周期性抖动， 能够完美的测试出RX接收机对于真实世界的抖动的容忍余量;并且能够刻画出接收端的CDR的环路响应曲线。 无论是以太网标准为主IEEE 802.3，以及派生出来的RapidIO, OIF-CEI, JESD, RapidIO，还是以PCIE为主的高速标准，JTOL都是保证高速链路可靠性和稳定性的必测物理层参数。下图是一个典型的JTOL的mask模板。



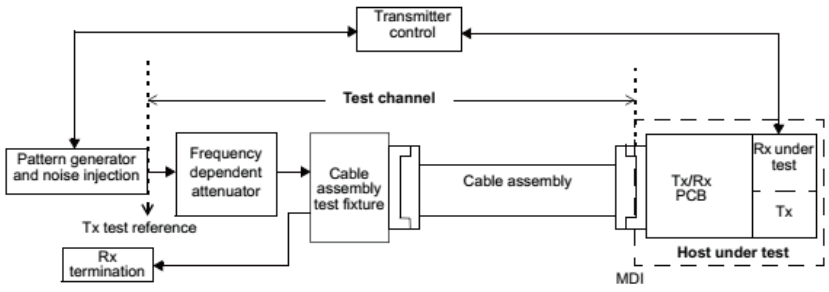
下图是一个通过3000B高性能误码仪的抖动注入功能得到的JTOL结果。



高速接收机的噪声容限测试 ITOL

ITOL也称为Interference Tolerance Test，是评估高速接收机能力的在10Gbps以上出现的核心必须测试项目。针对JTOL是在水平时间域通过增加各种不同分量的抖动来恶化信号，进而测试出被测电路的性能和余量。 ITOL是在水平抖动分量都经过恶化和校准的前提下，通过垂直幅度域通过增加各种不同分量的噪声来恶化信号，特别是在多条信号传输过程中，由于PCB板内，连接器，电缆都会产生串扰，导致整个接收机性能的恶化。ITOL测试通过在误码仪的PPG输出端注入各种噪声来测试接收机的性能，因为测试时关键的抖动分量保持开启状态，所以ITOL测试是相对更严格的测试。

下图是针对高速长距离背板传输类型KR和高速无源线缆传输类型CR的RX接收端ITOL测试硬件环境。整个硬件的构建是为了提供一个最严苛的测试环境。



NOTE—The MDI of the host under test is not included in the test channel.

Figure 110–3a—Interference tolerance test setup

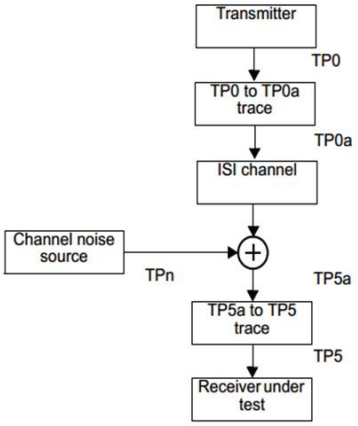
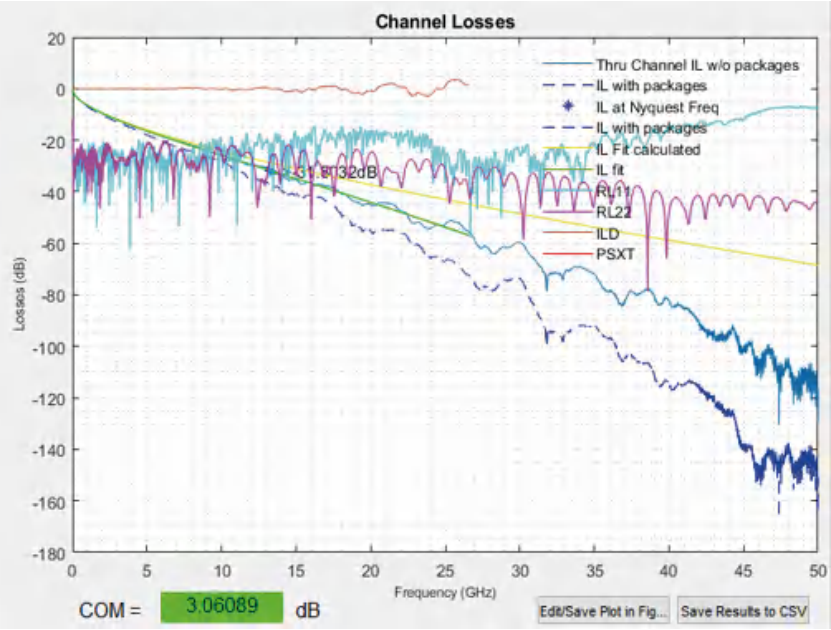


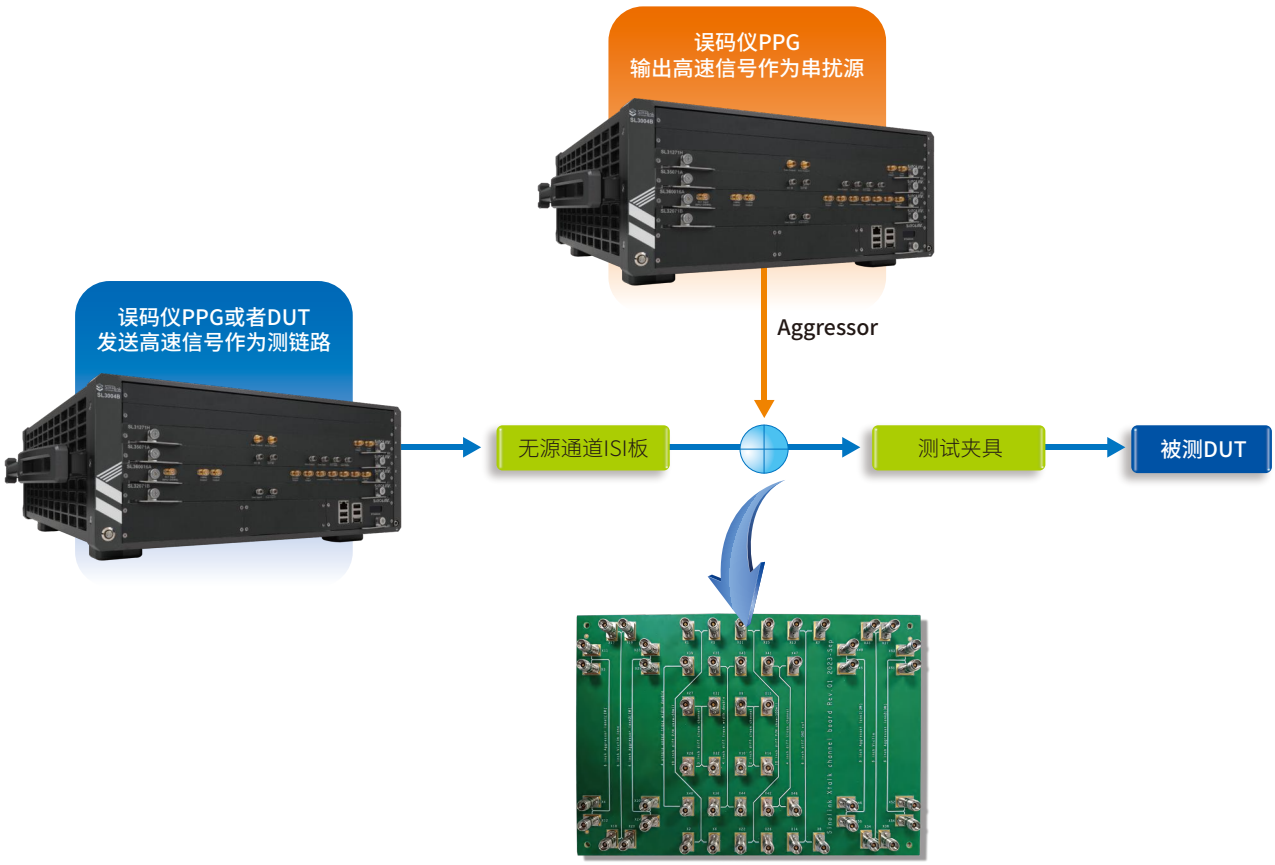
Figure 93C–2—Interference tolerance test setup

通过COM (channel operation margin) 工具，可以校准和计算出整个链路需要增加多少抖动和噪声来满足标准的要求。然后通过高速误码仪PPG来拨入对应的抖动和噪声，构建硬件环境。下图是一个链路的ITOL校准的实例。



高速接收机的串扰测试

在一个复杂的高速传输环境里，绝大多数的信号通过多对差分信号进行传输，信号间经过高速无源通道的时候会产生各种各样的串扰和耦合噪声。多通道高速误码仪可以模拟真实世界的高速链路的环境，当作一个串扰源来产生伪随机码PRBS31，通过插损板和串扰板耦合到被测通道中去。下图是一个实际的多通道PPG作为串扰源的硬件环境。



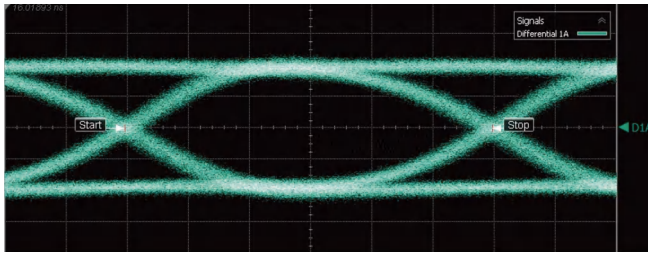
信号完整性耦合板

SL3000B系列高性能误码仪能够覆盖的主要标准速率

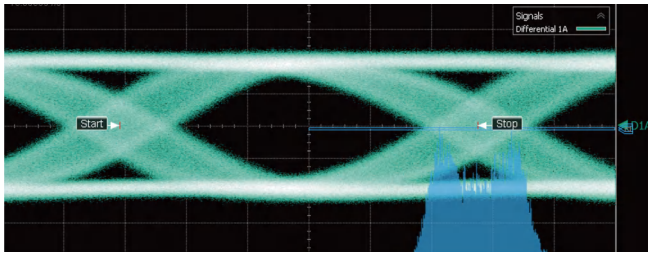
标准名称	最小速率 Gbps	最大速率 Gbps	信令类型
PCI Express			
PCIe Gen1		2.5	NRZ
PCIe Gen2		5	NRZ
PCIe Gen3		8	NRZ
PCIe Gen4		16	NRZ
PCIe Gen5		32	NRZ
PCIe Gen6		64	PAM
Ethernet 以太网			
SGMII/1000BASE-CX/1000BASE-KX		1.25	NRZ
XAUI-4/10GBASE-CX4/10GBASE-KX4		3.125	NRZ
2.5GBASE-KX		3.125	NRZ
40GBASE-CR4/KR4		10.3125	NRZ
100GBASE-CR10		10.3125	NRZ
100GBASE-CR4/KR4		25.78125	NRZ
CAUI-4 C2C/C2M		25.78125	NRZ
25GAUI C2C/C2M		25.78125	NRZ
200GBASE-CR4/KR4		53.125	PAM4
50GAUI-1 C2C/C2M		53.125	PAM4
SFF-8431			
SFI	1.25	11.1	NRZ
OIF			
SFI-5	2.488	3.125	NRZ
CEI-6G-SR/LR	4.976	6.375	NRZ
CEI-11G-SR/MR/LR	9.95	11.1	NRZ
CEI-25G-LR	19.9	25.8	NRZ
CEI-28G-VSR/SR/MR	19.9	28.05	NRZ
CEI-56G-PAM4	36	58	PAM4

标准名称	最小速率 Gbps	最大速率 Gbps	信令类型
Fibre Channel			
1GFC		1.0625	NRZ
2GFC		2.125	NRZ
4GFC		4.25	NRZ
8GFC		8.5	NRZ
16GFC		14.025	NRZ
32GFC		28.05	NRZ
JESD			
JESD204A			NRZ
JESD204B-3	0.3125	3.125	NRZ
JESD204B-6	0.3125	6.375	NRZ
JESD204B-12	6.375	12.5	NRZ
JESD204C-Short/Medium/Reflective	6.375	32	NRZ
USB			
USB3.1 Gen1		5	NRZ
USB3.1 Gen2		10	NRZ
USB3.2 Gen2		10	NRZ
USB4.0 Gen3		20	NRZ
Serial Rapid IO			
Level 1 short reach/long reach		1.25	NRZ
Level 1 short reach/long reach		2.5	NRZ
Level 1 short reach/long reach		3.125	NRZ
Level 2 short reach/long reach		5	NRZ
Level 2 short reach/long reach		6.25	NRZ
Level 3 short reach/long reach		10.3125	NRZ
Level 3 short reach/long reach		12.5	NRZ
Level 4 short reach/long reach		25.78125	NRZ

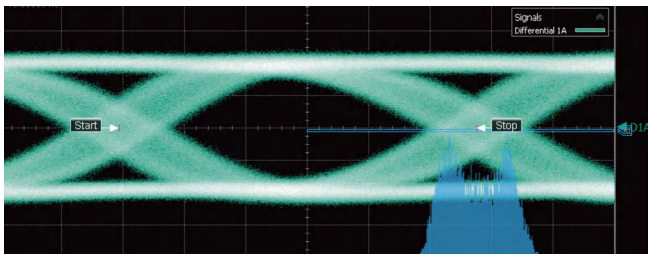
SL3000B高性能误码仪性能和特点示例



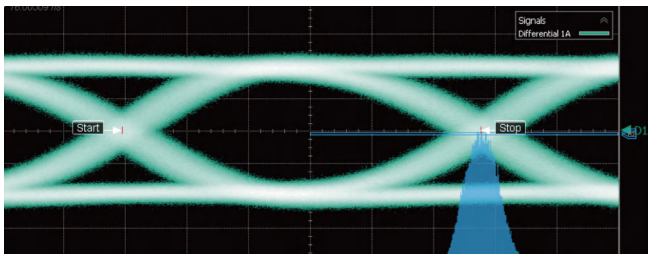
PPG码型发生器输出25.78125Gbps眼图示例



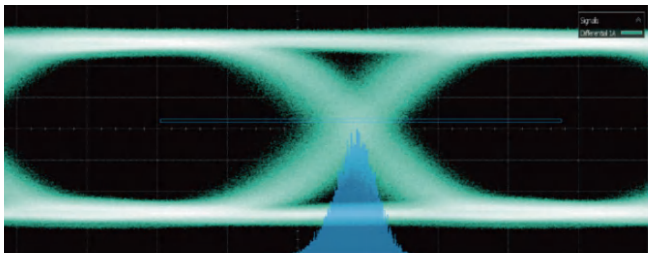
PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入LFSJ 10MHz周期抖动示例



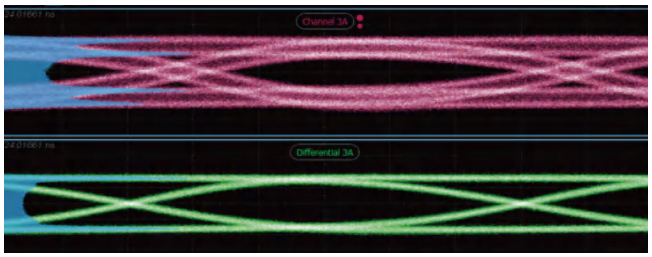
PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入HFSJ 80MHz周期抖动示例



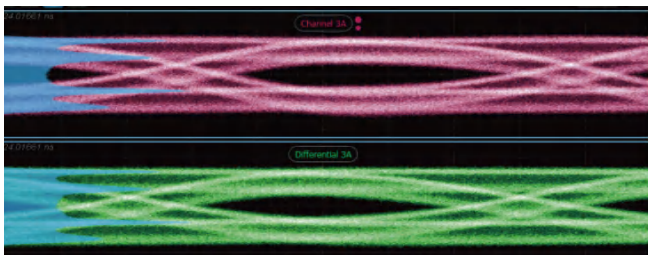
PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入BUJ抖动示例



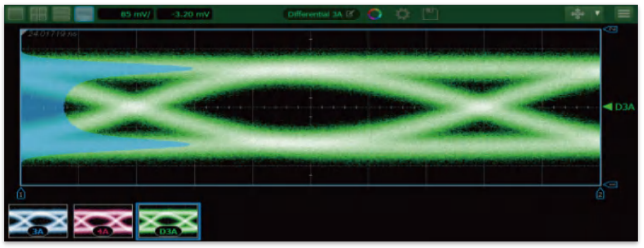
PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入RJ抖动示例



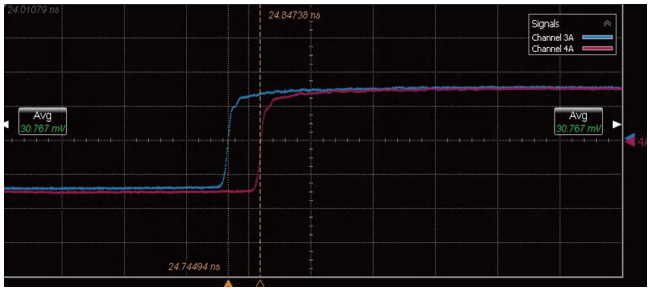
PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入CMI共模噪声示例

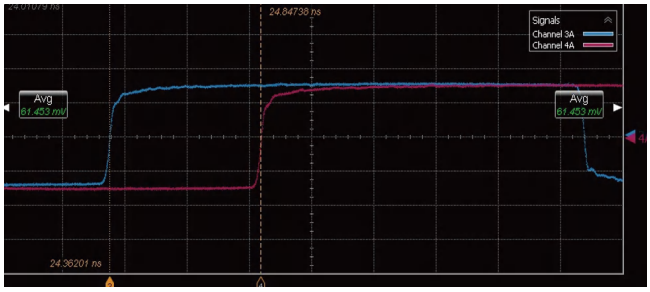


PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入DMI差模噪声示例

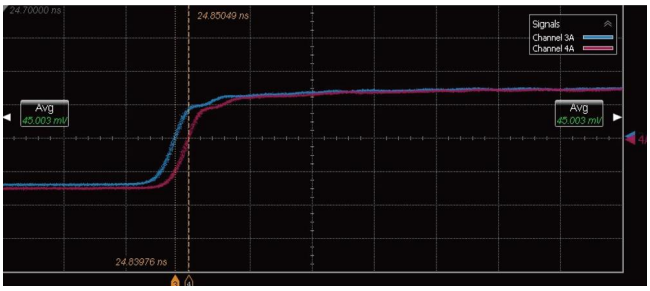


PPG码型发生器输出25.78125Gbps
注入BBN宽带白模噪声示例

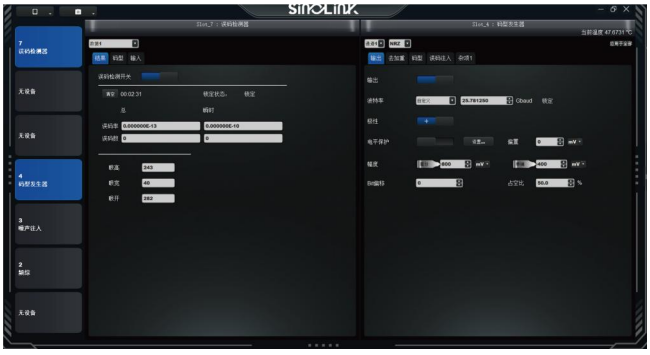




PPG码型发生器输出UI bit shift 相位调整示例（2UI 调整到10UI）



PPG码型发生器输出SKEW精确相位调整示例



PPG发送到ED误码检测器接收在25.78125Gbps 速率下环回示例

SL3000B系列高性能误码仪指标

主机箱SL3004B规格

按钮	开关按钮
以太网	1 个
外部显示接口	HDMI
USB 接口	USB2.0 4 个
模块插槽	6 个
接地孔	前面板 1 个 后面板 1 个
操作系统	Windows Server 2019
存储容量	256GB
远程接口	以太网
环境参数	
供电	100V 至 240Vac
功耗	⩽ 1000W
工作温度范围	+5° C to +40° C
尺寸重量	尺寸：440mm（宽）×529mm（深）×177mm（高）； 重量：⩽ 35KG

PPG码型发生器SL31001B/ SL31002B规格

PPG工作速率

速率范围	NRZ：1Gbps至32.4Gbps PAM4：1GBaud至32.4GBaud
速率步进	1kBaud
时钟频率范围	1GHz 至 16.2GHz

PPG数据输出

输出通道数量	1/2通道
输出幅度	
设置范围	100mV 至 1000mV（差分），10mV 可设置步进。 高压选件：扩展至最高 1800mV（差分），10mV 可设置步进
输出误差	±80 mV ±17%
直流偏置(选件)	±1V，4mV 可设置步进
设置误差	±85 mV ±10% 偏置电压
输出幅度保护	支持预设最大限幅 (LEVEL Guard)
外部衰减自动补偿	-40dB 到 0dB，0.2dB 步进
上升 / 下降时间 20 % 至 80%	14ps (typ，NRZ@25.78125Gbps)
随机抖动	＜ 150 fs,RMS (typ，25.78125Gbps) MHz 频谱仪相噪模式下偏置频偏 10KHz 到 100MHz
交叉点	
设置范围	42% 至 58%，0.5% 可设置步进
设置误差	±12%
终端	AC,50Ω
连接器	2.92mm (f)

PPG输出均衡

去加重级数	4 个 Taps均衡控制 (2 post-cursor, 1 pre-cursor, 1 main)
设置范围	PPGEQ 标配: Post-Cursor1: –6 to +7.5dB, 0.2 dB step Post-Cursor2: –3to +3 dB, 0.2 dB step Pre-Cursor1: –6 to +6dB, 0.2 dB step PPGEQ ADV 选件: Post-Cursor1:–9 to +9 dB, 0.1 dB step Post-Cursor2:–9to +9 dB, 0.1 dB step Pre-Cursor:–9 to +9dB, 0.1 dB step
精度	±1.5dB (typ)

PPG输出码型

PRBS	
码型长度	$2^n - 1$ (n = 7, 9, 10,13,15, 23, 31)
自定义码	
数据长度	标配: 128bit 自定义码型 自定义码型扩展选件支持 1Mbit/8Mbit/256Mbit/1Gbit/4Gbit/16Gbit
信令编码	NRZ/ PAM4
NRZ	正极性/反极性
PAM4 格雷码	支持

PPG抖动注入

低频周期抖动 (LFSJ1/LFSJ2)	2 个独立的低频周期性抖动 LFSJ 注入 标配: 频率范围:1kHz 至 10MHz 幅度范围: @16Gbps 1kHz: 2000UI 10kHz: 200UI 100kHz: 20UI 1MHz: 2UI 10MHz: 0.4UI 幅度范围:@3Gbps 1kHz: 2000UI 10kHz: 200UI 100kHz: 20UI 1MHz: 2UI 10MHz:0.3UI 注:实际 JTOL 抖动容限测试包括除了 SJ/PJ 以外的其他的抖动分量 RJ/BUJ/RJ 等
高频周期抖动 (HFPJ1/HFPJ2)	2 个独立的高频周期性抖动 HFPJ 注入: 标配: 频率范围:10MHz 至 100MHz 幅度范围: 10MHz: 0.3UI 100MHz: 0.3UI 高频抖动 HFSJ Extension 选件: 频率范围:100MHz 至 250MHz 幅度范围: 100MHz:0.3UI 150MHz:0.3UI 250MHz:0.3UI 注:实际 JTOL 抖动容限测试包括除了 SJ/PJ 以外的其他的抖动分量 RJ/BUJ/RJ 等
扩频时钟(SSC)	频率范围:28kHz 至 37kHz 偏移方向: 下偏 / 中偏 / 上偏 频率偏移:0 至 5500ppm 精度: ±100 ppm
随机抖动(RJ)	幅度范围: 0-250mUI (pk-pk), Q≈14 精度: ±1ps±15% 高通滤波器:10MHz、20MHz、直通 低通滤波器:100MHz、500MHz、1GHz、直通
有界不相关抖动(BUJ)	比特率范围:500Mbps 至 10Gbps 码型:PRBS7、9、15、20、23、31 幅度范围:0-280mUI (pk-pk), Q≈14 精度:±4 ps ±15% (抖动时钟输出频率≥ 4GHz) ±7 ps ±15% (抖动时钟输出频率< 4GHz) 低通滤波器:50MHz 三阶、100MHz 三阶、200MHz 三阶、直通

PPG通道间延时调整

比特位移调整	-128 至 +127，按比特位单位调整延时 Bit shift
Skew 精细调整	1UI，Skew 调整分辨率 ≤1.5ps
终端	AC,50Ω
连接器	SMA (f)

PPG数据输出上升时间调整

上升时间 (20%~80%)	14ps (typ, NRZ@25.78125Gbps)

PPG的NRZ模式误码注入

误码注入区域	ALL
内触发	
误码注入方式	重复 / 单次
误码率	$*E^{-n}$ (*=1 至 9, n=3 至 12)

PPG的PAM4模式误码注入

类型	MSB 误码注入 ,LSB 误码注入 ,MSB 和 LSB 误码注入
MSB 误码注入	
误码注入方式	重复 / 单次
误码率	$*E^{-n}$ (*=1 至 9, n=3 至 12)
LSB 误码注入	
误码注入方式	重复 / 单次
误码率	$*E^{-n}$ (*=1 至 9, n=3 至 12)
MSB 和 LSB 误码注入	
误码注入方式	重复 / 单次
误码率	$*E^{-n}$ (*=1 至 9, n=3 至 12)

PPG时钟输出

半速时钟	1GHz 至 16GHz
通道数量	1
终端	AC,50Ω
连接器	SMA (f)

PPG外部时钟输入

输入端口数量	1 (单端)
输入频率范围	1GHz 至 16GHz
输入幅度	-5dBm 至 +5dBm
终端	AC,50Ω
连接器	SMA (f)

高速时钟源模块SL36004A/ SL36014A规格

SL36004A 16GHz无抖动频率综合器

时钟输出	通道数 :4 频率范围 :1GHz 至 16GHz，步进 500Hz 频偏 : ≥ ±0.4 ppm 连接器 :SMA (f)
5MHz 至 200MHz 参考输入	频率 :10MHz 输入功率：5dBm±5dB 连接器：SMA (f)
10 MHz 输出	频率 :10MHz 输出功率：5dBm±5dB 连接器：SMA (f)
100 MHz 输出	频率 :100MHz 输出功率：10dBm±5dB 连接器：SMA (f)

SL36014A 16GHz带抖动频率综合器

外部抖动输入	通道数量 :1 频率范围：10kHz 至 1GHz 连接器：SMA (f)
抖动时钟输出	通道数量 :4 频率范围 :1GHz 至 16GHz 输出功率：0dBm±5dB 频偏：≥ ±0.5 ppm 连接器：SMA (f)
Sub-rate 时钟输出	通道数量 :1 频率范围：1/n 时钟 (n 的范围为：1 至 1000) 连接器：SMA (f)
低频周期抖动 (LFSJ1/LFSJ2)	2 个独立的低频周期性抖动 LFSJ 注入 标配： 频率范围：10kHz 至 10MHz 幅度范围： 1KHz: 1000UI 10KHz: 200UI 100KHz: 20UI 1MHz: 1.2UI 10MHz: 1UI
高频周期抖动 (HFPJ1/HFPJ2)	2 个独立的高频周期性抖动 HFPJ 注入： 标配： 频率范围：10MHz 至 100MHz 幅度范围： 10MHz: 0.3UI 100MHz: 0.3UI 高频抖动 HFSJ Extension 选件： 频率范围：100MHz 至 250MHz 幅度范围： 100MHz:0.3UI 150MHz:0.25UI 250MHz:0.25UI 注：实际 JTOL 抖动容限测试包括除了 SJ/PJ 以外的其他的抖动分量 RJ/BUJ/RJ 等
扩频时钟 (SSC)	频率范围：28kHz 至 37kHz 偏移方向：下偏/中偏/上偏 频率偏移：0 至 5500ppm 精度：±100 ppm
随机抖动 (RJ)	幅度范围：0-250mUI (pk-pk)，Q≈14 精度：±1ps±15% 高通滤波器：10MHz、20MHz、直通 低通滤波器：100MHz、500MHz、1GHz、直通
有界不相关抖动 (BUJ)	比特率范围：500Mbps 至 10Gbps 码型：PRBS7、9、15、20、23、31 幅度范围：0-280mUI (pk-pk)，Q≈14 精度：±4 ps ±15% (抖动时钟输出频率≥ 4GHz) ±7 ps ±15% (抖动时钟输出频率< 4GHz) 低通滤波器：50MHz 三阶、100MHz 三阶、200MHz 三阶、直通

ED误码检测器SL32001B/ SL32002B/ SL32004B规格

误码检测器

ED运行速率	1Gbps 至 32Gbps
运行速率	

ED码型

PRBS	
码型长度	$2^n - 1$ (n = 7, 9, 10,13,15, 23, 31)
自定义码	
数据长度	不支持

ED系统时钟

时钟恢复	内置时钟恢复

注:只支持时钟恢复,不支持外部时钟

ED数据输入

输入通道数量	1/2/4 通道可选
输入信号格式	NRZ
输入幅度	100mV 至 1200mV with minimum 80mV eye height
终端	DC,50Ω
连接器	2.92mm (f)
CTLE	支持 (固定均衡)
时钟恢复	支持

噪声注入SL35001B模块规格

共模噪声CMI选件

频率	
范围	100MHz 至 400MHz
步进	1MHz
精度	≤ ±1MHz
幅度	
设置范围	10mVpp 至 250mVpp
步进	10mVpp
精度	±20%±25mVpp
波形	正弦
设置状态	
手动	幅度、频率独立可调
PCIe3	幅度:100mVpp 频率:400MHz
PCIe4	幅度:150mVpp 频率:120MHz
PCIe5	幅度:150mVpp 频率:120MHz

差模噪声DMI选件

频率	
范围	2GHz 至 2.5GHz
步进	10MHz
精度	≤ ±1MHz
幅度	
设置范围	5mVpp 至 100mVpp
步进	5mVpp
精度	±20%±10mVpp
波形	正弦
设置状态	
手动	幅度、频率独立可调
PCIe3	幅度:16mVpp 频率:2.1GHz
PCIe4	幅度:16mVpp 频率:2.1GHz
PCIe5	幅度:10mVpp 频率:2.1GHz

宽带白噪声选件

频率	
范围	10MHz 至 16GHz
幅度	
设置范围	0.2mVrms 至 5mVrms
步进	0.2mVrms
品质因数	> 5pp/rms
平坦度	±7dB

SL3000B高速误码仪配置和选型指南

01 应用需求
- ☑ PPG通道数
- ☑ ED通道数
- ☑ 支持速率范围
- ☑ 特殊需求（抖动 / 高压 /PAM4/ 相位可调 ... ）

02 选择主机
- ☑ 主机+选件
- ☑ 未来模块扩展

03 选择模块
- ☑ PPG模块+选件
- ☑ ED模块+选件

04 选择配件
- ☑ 电缆 / 连接器
- ☑ 测试夹具
- ☑ 自定义配件

05 后续支持
- ☑ 保修选件
- ☑ 售后技术支持
- ☑ 培训

SL3000B系列高性能误码仪配置示例

1Gbps-32.4Gbps加抖动，加噪声单通道误码仪配置参考，具体配置请与中星联华科技(北京)股份有限公司联系

类别名称（筛选用）	产品名称	配置型号	核心指标	数量
4U 插卡式主机	4U 插卡式主机	SL3004B	含 4U 高速串行误码仪机框和控制器插卡，支持 6 个外设槽位，外形尺寸(不含支脚、脚垫等)：440mm(宽)×529mm(深)×177mm(高)，供电电压：100V 至 240Vac；控制器具有 USB 接口、HDMI 接口、RJ45 接口等。	1
4 端口时钟抖动模块	4 端口时钟抖动模块	SL36014A	16GHz 频综模块，4 端口输出，支持 10MHz 内外参考切换，支持 100MHz 内外参考切换，支持正弦抖动 SJ、随机抖动 RJ、有界不相关抖动 BUJ 等注入	1
1 通道 32G NRZ PPG	单通道 32G NRZ PPG	SL31001B	电口码型发生器模块，1 通道；最高速率范围：1G-32.4Gbps，速率步进：1kbps；波形：NRZ；连接器类型：2.92mm-K；	1
1 通道 32G NRZ PPG	1G-16G	SL31001B-16G	1Gbps-16.2Gbps	1
1 通道 32G NRZ PPG	16G-32G	SL31001B-32G	16.2Gbps-32.4Gbps	1
1 通道 32G NRZ PPG	128bit	SL31001B-UDP	128bit 自定义码	1
1 通道 32G NRZ PPG	128bit-1Mbit	SL31001B-1Mb	扩展到 1Mbit 自定义码	1
1 通道 32G NRZ PPG	1Mbit-8Mbit	SL31001B-8Mb	扩展到 8Mbit 自定义码	1
1 通道 32G NRZ PPG	8Mbit-256Mbit	SL31001B-256Mb	扩展到 256Mbit 自定义码	1
1 通道 32G NRZ PPG	256Mbit-4Gbit	SL31001B-4Gb	扩展到 4Gbit 自定义码	1
1 通道 32G NRZ PPG	100-1000mV	SL31001B-1V	1000mV 差分输出幅度	1
1 通道 32G NRZ PPG	1000-1600mV	SL31001B-1P6V	1600mV 差分输出幅度	1
1 通道 32G NRZ PPG	EQ 0-6.5dB	SL31001B-6dB	发送均衡最大 7.5dB	1
1 通道 32G NRZ PPG	RJ/BUJ/DCD jitter	SL31001B-JITA	RJ/BUJ/DCD 抖动注入	1
1 通道 32G NRZ PPG	SJ 10K-10M	SL31001B-SJ10M	SJ 抖动注入 10KHz-10MHz	1
1 通道 32G NRZ PPG	PJ 10M-100M	SL31001B-PJ100M	PJ 抖动注入 10MHz-100MHz	1
1 通道 32G NRZ PPG	Slew Rate Adj	SL31001B-SRA	输出信号斜率调整	1
1 通道 32G NRZ ED	单通道 32G NRZ ED	SL32001B	电口误码率检测器模块，1 通道；2.92mm 电接口，1 卡槽；单通道码速率范围：1-32Gbps NRZ 接收，支持伪随机码型：PRBS7/9/15/23/31；输入差分：0.1Vpp-1.2Vpp，DC 耦合；内置时钟恢复模块；	1
1 通道 32G NRZ ED	1G-16G	SL32001B-16G	1Gbps-16Gbps	1
1 通道 32G NRZ ED	16G-32G	SL32001B-32G	16Gbps-32.4Gbps	1
16GHz 噪声注入模块	16GHz 噪声注入模块	SL35001B	支持 1GBaud 至 32GBaud 输入，支持共模噪声、差模噪声、白噪声注入；共模噪声支持 0.1GHz 至 6GHz；差模噪声支持 2GHz 至 10GHz；白噪声支持 10MHz 至 16GHz；	1
16GHz 噪声注入模块	宽带白噪声 BBN	SL35001B-BBN16G	宽带白噪声 BBN，最高至 16GHz。	1
16GHz 噪声注入模块	共模噪声注入	SL35001B-CMI	共模噪声注入	1
16GHz 噪声注入模块	差模噪声注入	SL35001B-DMI	差模噪声注入	1
软件	信号完整性分析软件工具包 Datalink-Insight	SW-Datalink-Insight	信号完整性分析软件工具包	1
误码仪配件	15.6 英寸显示器	SL-Monitor156		1
误码仪配件	ISI 可变插损通道板	SL-ISI		1
误码仪配件	信号完整性损伤板	SL-XTALK		1

SL3000B高速测试配件

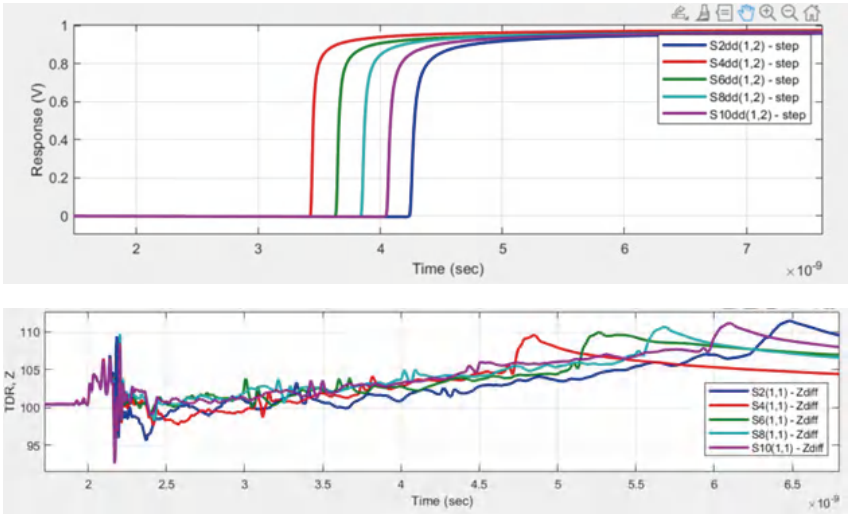
SL3000B 系列高性能误码仪配件	
SL-Monitor156	配置单独的 15 英寸显示器
SL-ISI	ISI 可变插损通道板
SL-XTALK	信号完整性损伤板
SL-SW-Datalink-Insight	高速信号完整性分析工具包 Datalink-Insight
SL-400G QSFP-DD MCB	400G QSFP-DD MCB 测试夹具
SL-100G QSFP28 MCB	100G QSFP28 MCB 测试夹具
SL-SFP28 MCB	SFP28 MCB 测试夹具
SL-Fixture-Cus	定制设计测试夹具（请联系中星联华讨论技术细节）
SL-292mm-m2m-12	2.92mm 电缆组件（male to male with 12inch）
SL-292mm-m2m-24	2.92mm 电缆组件（male to male with 24inch）
SL-24mm-m2m-12	2.4mm 电缆组件（male to male with 12inch）
SL-24mm-m2m-24	2.4mm 电缆组件（male to male with 24inch）
SL-185mm-m2m-12	1.85mm 电缆组件（male to male with 12inch）
SL-185mm-m2m-24	1.85mm 电缆组件（male to male with 24inch）
SL-292mm-m2m	2.92mm male to male 连接器
SL-292mm-f2f	2.92mm female to female 连接器
SL-24mm-m2m	2.4mm male to male 连接器
SL-24mm-f2f	2.4mm female to female 连接器
SL-185mm-m2m	1.85mm male to male 连接器
SL-185mm-f2f	1.85mm female to female 连接器
SL-292m-24f	2.92mm male to 2.4mm female 连接器
SL-292f-24m	2.92mm female to 2.4mm male 连接器
SL-Term-50	50ohm 负载
SL-LTW-08090	力矩扳手
SL-HTC	加固包装箱

信号完整性分析软件工具包Datalink-Insight

高速信号完整性测试过程中除了需要误码仪，测试夹具，VNA和示波器以外， 还需要对各种校准和测试结果进行处理和分析。中星联华提供的Datalink-Insight集成了各种常用的高速时域和频率的处理分析功能， 是高速测试和设计人员常备工具。

- 高达32个端口的S-参数数据导入和导出
- S-参数的频域/时域响应显示图形化
- S-参数NORMAL转时域TDR/TDT阶跃和冲击响应
- S-参数NORMAL模式到MIXED 模式转换
- S-参数多个文件端口级连
- S-参数端口显示和抽取
- S-参数提取后端口1234/1324转换 (RE-ORDER)
- S-参数数据完整性检查：Passivity，Casualty，Reciprocal
- 基于COM/ERL的PTDR分析显示
- 基于COM的高速链路通道质量分析
- 基于COM的RX ITOL接收机测试校准
- 基于ERL的TX/RX 有效回损测试
- 基于相位噪声测量结果的滤波器设置和抖动分析

下图是S-参数的时域TDT和TDR图形显示

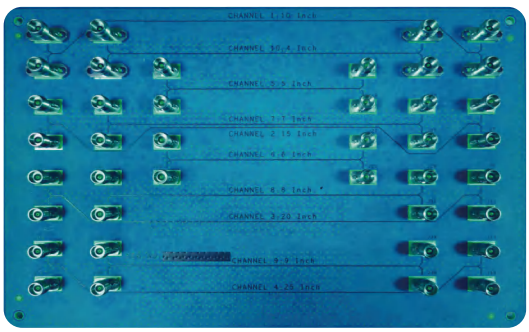


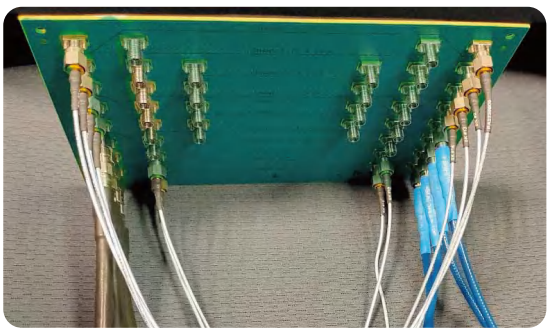
高速SL-ISI插损板

单独可选的ISI通道插损板提供了各种不同通道类型的模拟功能。中星联华高速SL-ISI插损板提供了10种不同的PCB走线长度，直接提供了在13GHz频率下从5dB到25dB的不同插损特性。除此之外，SL-ISI还支持级连模式，可以支持以~1dB的分辨率从5dB-40dB插损范围。

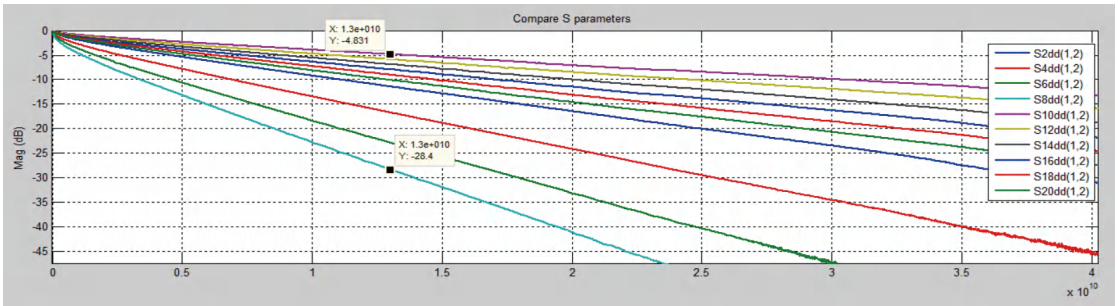
在实际使用中，SL-ISI既可以在SL3000B系列误码仪和DUT之间添加不同插损，也可以单独使用构建各种不同的链路测试环境。

下图展示了SL-ISI 插损板和典型的连接示意图



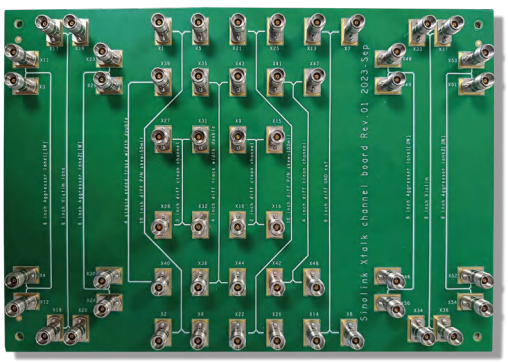


注：下图展示了SL-ISI 插损板在10MHz到40GHz放大后插损结果。



高速SL-XTALK损伤板

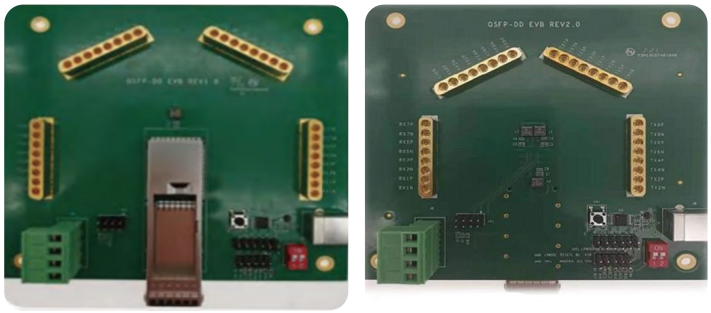
单独可选的SL-XTALK通道损伤板用来模拟高速链路中的无源通道常见的信号完整性问题。



- 3inch 差分通道
- 3inch 差分通道
- 4inch 差分通道
- 6inch 差分通道+地平面切割损伤通道
- 6inch 1W 差分串扰耦合通道
- 6inch 3W 差分串扰耦合通道
- 10inch P/N skew对内偏移差分通道

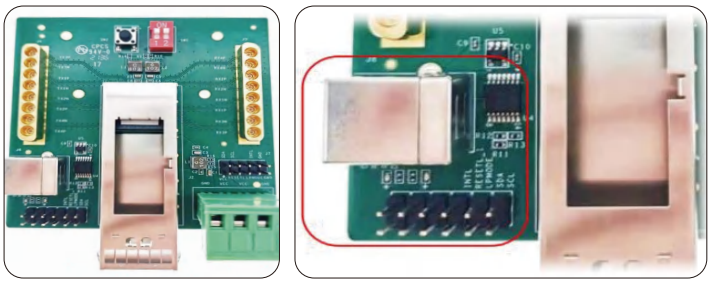
400G QSFP-DD MCB测试夹具

- 支持8X50GBbps接口
- 提供4个1X8 的高密度连接器，走线长度等长匹配，节省空间面积
- Switch control（MODSEIL, RESETL, LPMODE）
- DDMI Connection (I2C)
- USB 接口
- 支持QSFD-DD连接器



100G QSFP28 MCB测试夹具

- 支持4X25GBbps接口
- 提供2个1X8 的高密度连接器，走线长度等长匹配，节省空间面积
- DDMI Connection (I2C)
- USB 接口
- 支持QSFD-28 连接器



高速测试夹具FIXTURE设计和定制

中星联华提供各种非标的测试夹具的设计和定制，请联系中星联华咨询和讨论细节信息。

保修服务

SL3000A 系列误码仪保修	
标配	1 年主机加所有订购的模块的保修和支持选件
SL-W3	3 年主机加所有订购的模块的保修和支持选件
SL-W5	5 年主机加所有订购的模块的保修和支持选件

中星联华科技(北京)股份有限公司成立于 2009 年，长期聚焦高频率、高速率、大带宽、宽频带测试测量技术研发，为卫星通信、雷达、复杂电磁环境等传统应用领域及 5G 移动通信、高速互连等新兴行业提供稳定可靠、性能卓越的专属测试测量软硬件工具。

中星联华科技 (Sinolink Technologies) 是国家级高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业、北京市企业科技研究开发机构、中国电子仪器行业协会理事单位、中国机械工业联合会会员单位，中国电磁环境效应产业技术创新战略联盟理事单位，自主知识产权产品广泛服务于政府研发、企业研发以及高等院校，每年服务国内外客户 200 家以上，累计服务客户上千家，是中国电子测量领域高端研发类仪器的头部供应商之 -，更是某些细分应用领域的领军服务商。

聚焦成就专业，创新服务应用。中星联华科技深度理解行业应用，依托传统测试测量理论和技术，协同行亚领军精英共同致力于改善测试工具的实用性、便捷性和经济性，帮助工程师将更多时间与精力投入到研发、生产的本身。以创新测试方案加速相关领域技术发展，推动所服务行业的迭代更新，为人类文明进步增砖添瓦。

Sinolink Technologies

如欲获得中星联华科技的产品、应用和服务信息,请与中星联华科技(北京)股份有限公司联系
如欲获得完整产品列表,请访问: www.sinolink-technologies.com

中星联华科技(北京)股份有限公司
地址:北京经济技术开发区荣华南路 15 号院中航技广场 C 座 14 层
售后服务: 400-1818-879
电话: 010-8102 8321
传真: 010-8102 8322
邮件: sales@sinolink-technologies.com
www.sinolink-technologies.com

公司网站　　微信公众号

技术数据在印刷前已经校对过，印刷之后有再更新的可能，如有需求对某一参数确认，请联系中星联华科技。
中星联华科技对参数中可能存在的差错概不承担任何责任，保留自行改变其产品而不预先通知的权利。
Sinolink Technologies保留更改产品规格和定价的权利，所有相关商标名称是各自公司的服务商标或注册商标。

1 YEAR WARRANTY
WARRANTY

一年保修
中星联华科技(北京)卓越的产品可靠性和1年保修服务完美结合,从另一途径帮助您实现以下目标:
增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。

Printed in China　14/Oct/2024