

JESD204B发射器的 三个关键物理层(PHY) 性能指标

Jonathan Harris, 应用工程师

简介

随着越来越多的数据转换器中采用JESD204接口, 必需更加关注数字接口的性能并予以优化。重点不应只放在数据转换器的性能上。该标准的最初两个版本, 即2006年发布的JESD204和2008年发布的JESD204A, 其额定数据速率为3.125 Gbps。最新的版本为2011年发布的JESD204B, 列出了3个速度等级, 最大数据速率为12.5 Gbps。这三个速度等级遵循三个不同的电气接口规范, 由光互连论坛(OIF)定义。OIF-Sx5-01.0针对最高3.125 Gbps的数据速率, 详细定义了电气接口规范; CEI-6G-SR和CEI-11G-SR则分别对应最高6.375 Gbps和12.5 Gbps的数据速率, 并详细定义了接口规范。高速数据速率需要更谨慎地从设计与性能方面考虑高速CML驱动器、接收器和互连网络, 这些器件构成JESD204B接口的物理层(PHY)。

若要评估JESD204B发射器的PHY性能, 则需评估一些性能指标。这些指标包括共模电压、差分峰峰值电压、差分阻抗、差分输出回波损耗、共模回波损耗、发射器短路电流、眼图模板和抖动。本文将讨论三个关键的性能指标, 眼图、浴盆图和直方图, 这些指标通常用于评估发射器信号质量。由于信号必须在接收器端被正确解码, 这些测量亦在接收器端完成。眼图覆盖输出数据传送的多路采集路径以生成曲线, 以多种参数表示链路质量。可通过该曲线观察JESD204B物理接口的许多特性, 如阻抗不连续和不当端接。这仅是评估物理层的一种方法。浴盆图和直方图是可用来评估JESD204B链路质量的另外两种重要性能指标。测量单位间隔(UI)时, 浴盆图可直观地表示针对给定眼图开口宽度的比特误差率(BER)。单位间隔是JESD204B物理层规范中指定的时间, 表示数据传输的时间间隔。第三个测量数据是直方图, 表示被测UI值变化的分布。

该测量数据还可表示被测信号的抖动量。直方图、眼图和浴盆图可用于表示JESD204B接口物理层的整体性能。本例采用输出数据速率为5.0 Gbps的JESD204B发射器。该数据速率下发射器的性能由OIF CEI-6G-SR规范详细定义。

眼图

图1显示5.0 Gbps数据速率的JESD204B发射器眼图。理想波形与测量波形相叠加。理想情况下, 传输应在无过冲或欠冲的情况下瞬间完成, 不产生任何振铃。此外, 决定UI的交叉点应当不存在抖动。如图1所示, 由于信号在非理想介质中传输, 存在损耗与不完全匹配的端接, 因此在实际系统中不可能获得理想波形。该眼图在JESD204B系统的接收器端测得。在到达测量点之前, 信号通过连接器、经长度约为20 cm的差分传输线传输。这幅眼图表示发射器和接收器之间的阻抗匹配较为合理, 传输介质良好且无较大的阻抗不连续产生。它确实存在一定的抖动, 但不超过JESD204接口规范中的定义。该眼图未发现任何过冲, 但由于信号在传输介质中的损耗, 上升沿存在微量欠冲。这在信号通过连接器和20 cm差分传输线之后是可以预期的。当信号存在少量抖动时, UI平均值似乎与大致为200 ps的预期UI值相匹配。总之, 该眼图表示传输至接收器的信号良好, 因此, 理不存在恢复内嵌的数据时钟和正确解码数据的问题。

除端接阻抗不正确之外, 图2所示眼图的传输介质与图1中所使用的相同。其造成的影响可从交叉点处以及非转换区域的信号抖动量增加看出。许多采集的数据中存在整体幅度压缩, 造成眼图开始闭合。这种信号恶化将使得接收器的BER增加; 若眼图的闭合程度超过接收器的容差, 则可能导致接收器端的JESD204B链路丢失。

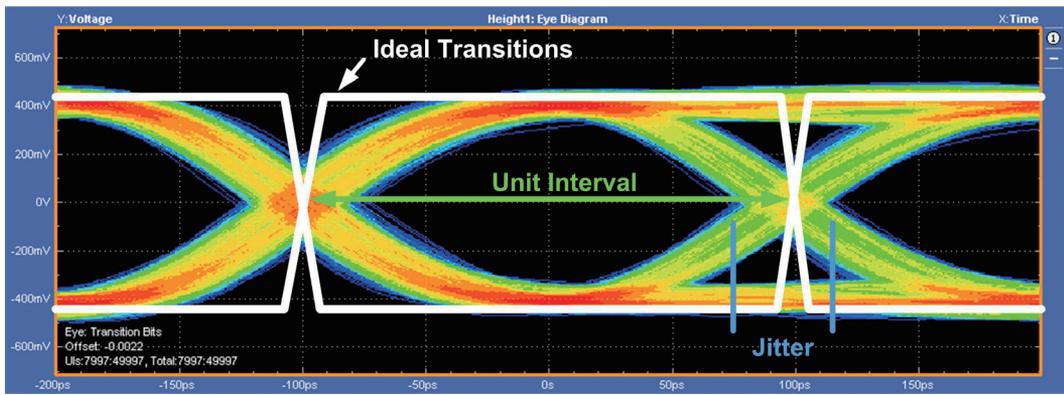


图1. 5.0 Gbps眼图。

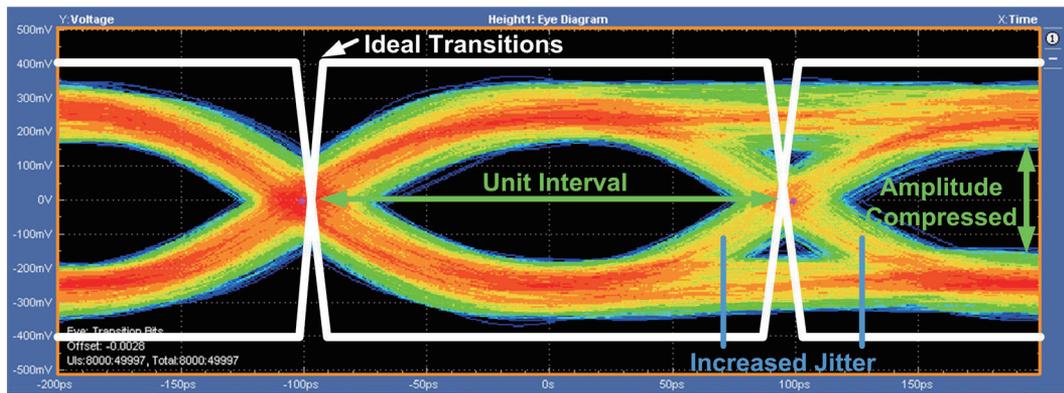


图2. 5.0 Gbps眼图 - 不当端接。

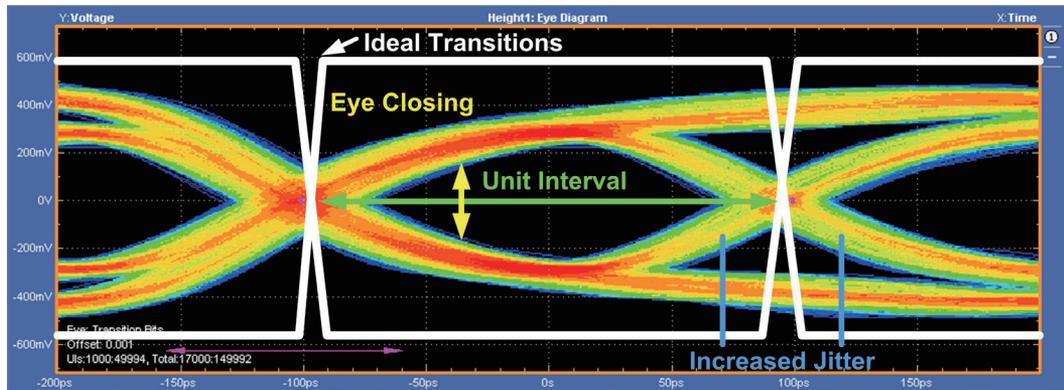


图3. 5.0 Gbps眼图 - 阻抗不连续。

图3中的眼图表示另一种非理想数据传输的情况。在这种情况下，在发射器和接收器中间某点上显示存在阻抗不连续（本例中为示波器）。由图中可看出性能的恶化：眼图开口趋向闭合，表示转换点内部区域正逐渐变小。数据上升沿和下降沿由于传输线上的阻抗不连续而严重恶化。阻抗不连续还会造成数据转换点的抖动量增加。一旦眼图闭合超过接收器解码数据流的能力极限，则数据链路丢失。在图3这种情况下，许多接收器将可能无法解码数据流。

浴盆图

除了眼图，浴盆图也可提供JESD204B链路上串行数据传输的有用信息。浴盆图测量的是BER（比特误差率），随着眼图的时间推移，它是采样点的函数。浴盆图通过使采样点在眼图内移动，并在每个点上测量BER所得。如图4所示，采样点越靠近眼图中心，BER越低。随着采样点向眼图的转换点移动，BER也随之增加。给定BER情况下，浴盆图两条斜线之间的距离便是特定BER的眼图开口区域（本例中为 10^{-12} ）。

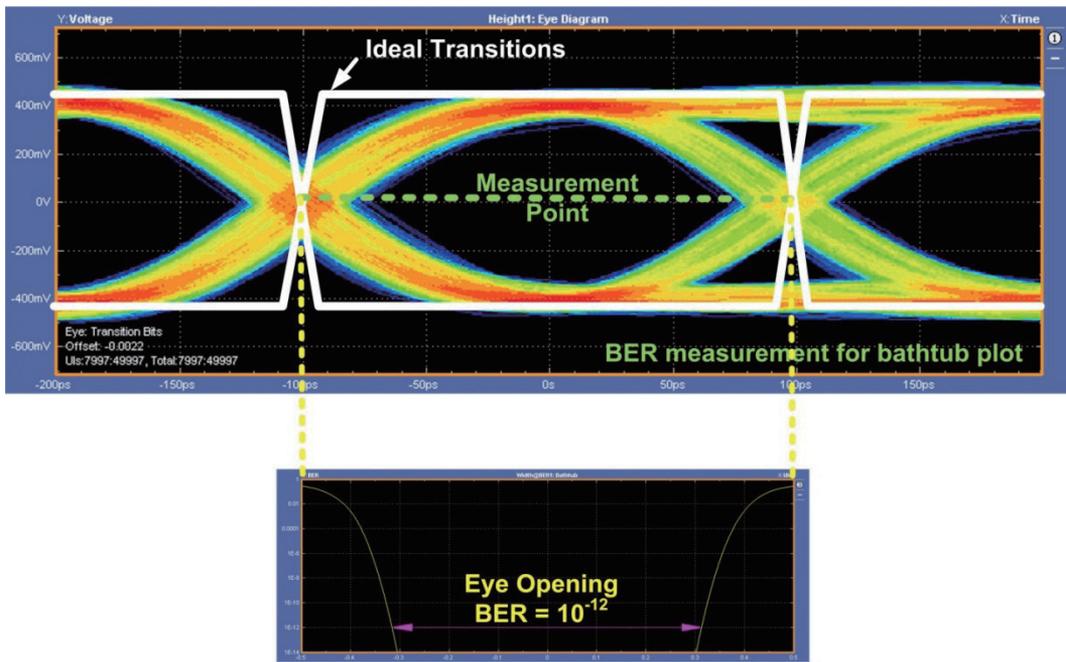


图4. 5.0 Gbps眼图 - 浴盆图测量。

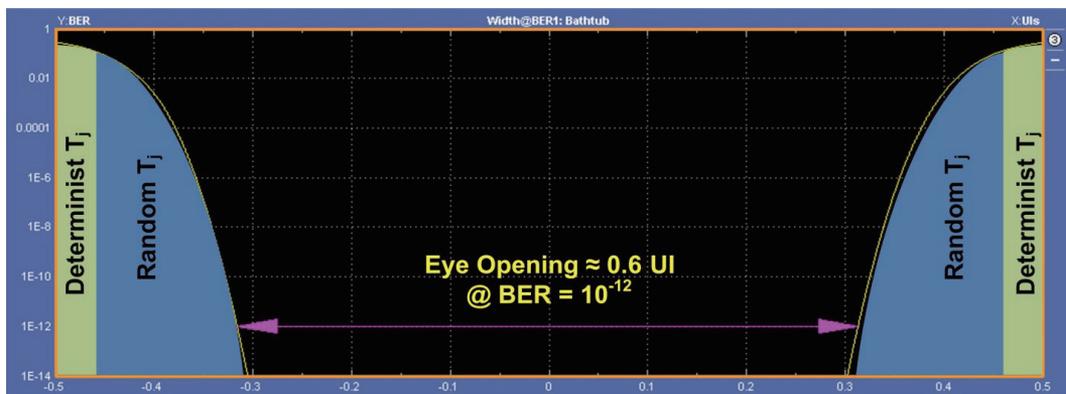


图5. 浴盆图 - 抖动的组成成分。

浴盆图还可提供信号中总抖动(T_j)成分的信息。如图5所示, 当测量点接近或等于转换点时, 抖动相对平坦, 且主要属于确定性抖动。和眼图测量一样, 浴盆图的测量基于JESD204B 5.0 Gbps发射器, 信号通过连接器以及约为20 cm的传输线后, 对接收器进行测量所得。随着测量点向眼图开口中心移动, 抖动机制的主要成分变为随机抖动。随机抖动由大量的运算处理产生, 量纲通常极小。典型来源为: 热噪声、布线宽度的变化、散粒噪声等。随机抖动的概率密度函数(PDF)一般遵循高斯分布。另一方面, 少量的运算处理产生的确定性抖动可能具有较大的量纲, 并且可能互相关联。确定性抖动的PDF是受限的, 并且具有明确定义的峰峰值。它的形状可能会改变, 且通常不服从高斯分布。

图4中讨论的浴盆图的展开图形见图6。在5.0 Gbps串行数据传输速率以及BER为 10^{-12} 情况下, 该图表示接收器端眼图开口约为

0.6 UI (单位间隔)。特别需要注意的是, 类似图6中所示的浴盆图采用的是外推测量。用于捕捉数据的示波器根据一系列测量结果, 经外推得到浴盆图。若需使用比特误差率测试仪(BERT)并获取足够的测量数据以建立浴盆图, 则可能需耗时数小时以致数天, 哪怕采用最新的高速运算测量设备。

和眼图一样, 系统中不当端接或阻抗不连续可通过浴盆图发现。对比图6, 图7和图8中的浴盆图两端的斜率都较为平缓。此时, BER在 10^{-12} 情况下的眼图开口仅为0.5 UI, 比良好情况下的0.6 UI低了10%。不当端接和阻抗不连续导致系统产生大量随机抖动。BER为 10^{-12} 时, 浴盆图两侧较为平缓的斜率以及收窄的眼图开口表明系统中有大量随机抖动。确定性抖动亦有少量上升。浴盆图边缘附近的斜率下降再次证明了这点。

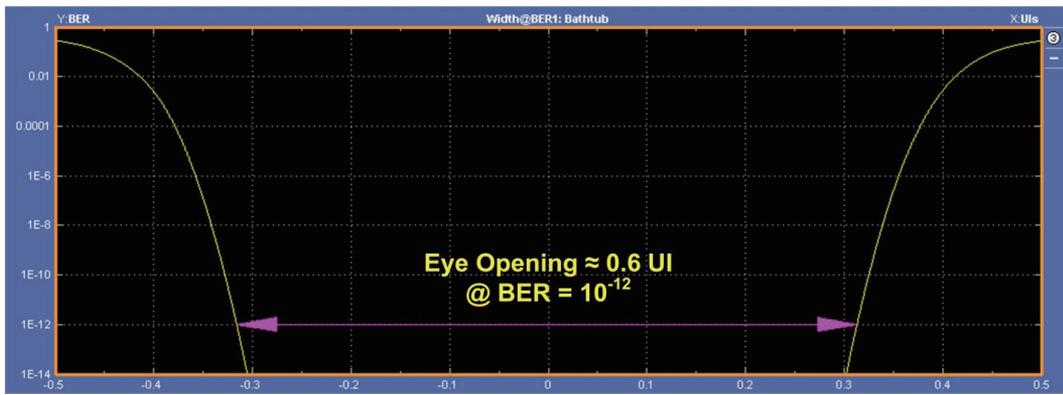


图6. 5.0 Gbps浴盆图。

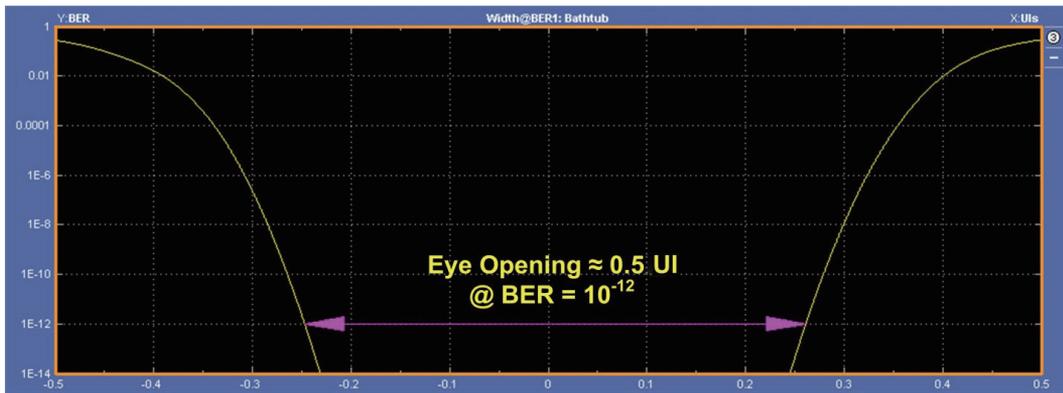


图7. 5.0 Gbps浴盆图 – 不当端接。

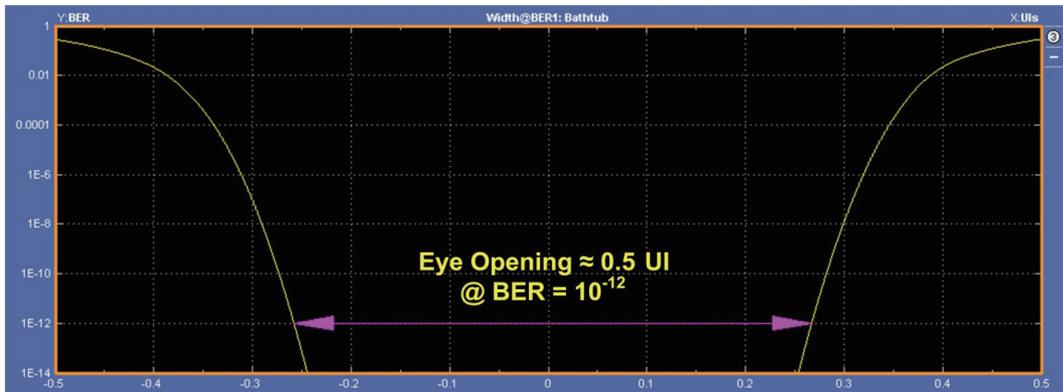


图8. 5.0 Gbps浴盆图 – 阻抗不连续。

直方图

第三个有用的测量数据是直方图。该图表示数据传输时，所测得的转换点之间的间隔分布。与眼图及浴盆图测量一样，直方图的测量基于JESD204B 5.0 Gbps发射器，信号通过连接器以及约为20 cm的传输线后，对接收器进行测量所得。图9显示5.0 Gbps速率时，系统表现相对较好的直方图。该直方图表示185 ps和210 ps间测得的间隔大致符合高斯分布。5.0 Gbps信号的预期间隔为200 ps，这表示图中间隔大致分布在预期值两侧的-7.5%至+5%范围内。

如图10所示，当产生不当端接时，分布范围变得更宽，将在170 ps和220 ps之间变动。它将使得分布百分比变为-15%至+10%，是图9中的两倍。这些图形表示信号存在随机抖动，因为它们具有形似高斯分布的形状。然而，这些图形并非真正的高斯分布，这表示还至少存在少量的确定性抖动。

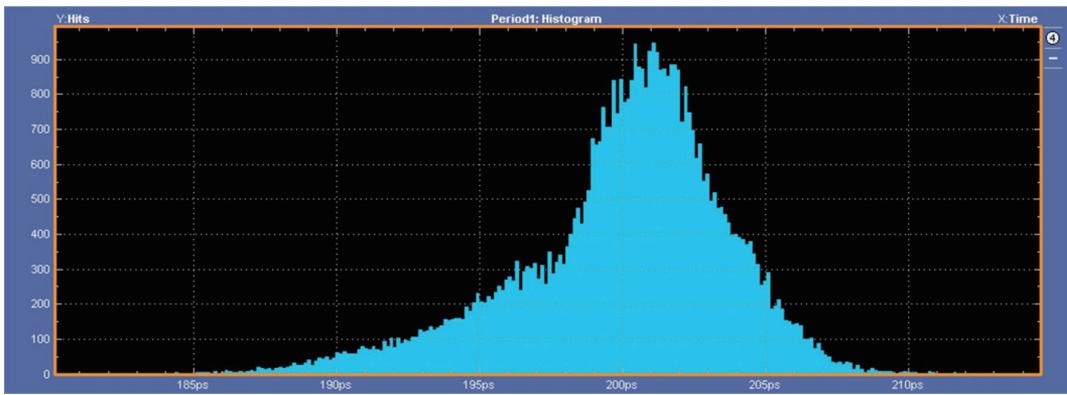


图9. 5.0 Gbps直方图。

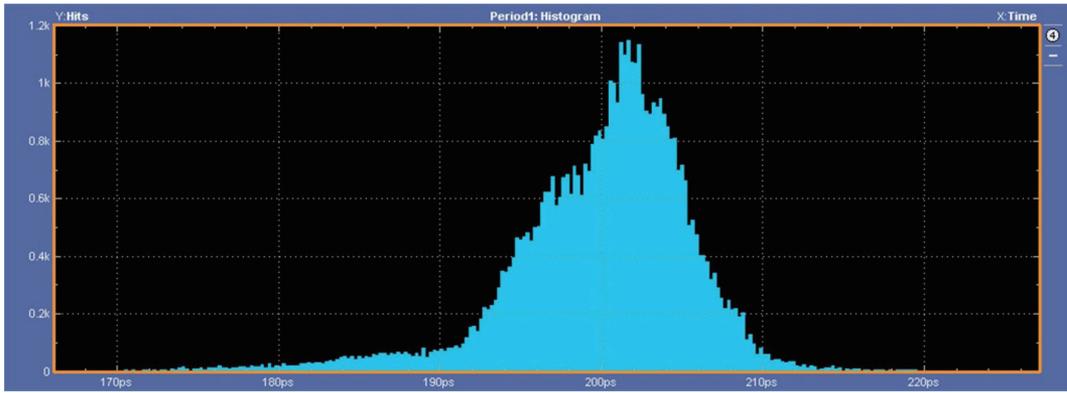


图10 .5.0 Gbps直方图 - 不当端接。

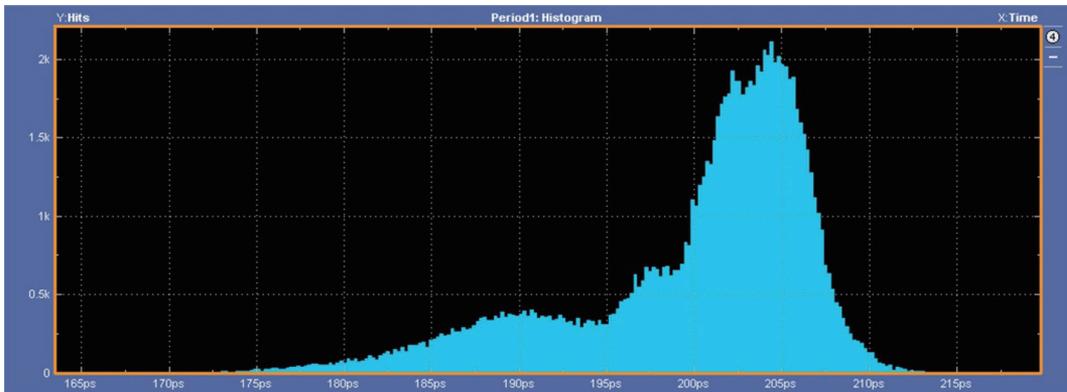


图11. 5.0 Gbps直方图 - 阻抗不连续。

图11所示直方图表示传输线上存在阻抗不连续的情况。该图形一点也不类似高斯分布，具有第二个较小的波峰。测量周期的平均值也发生了偏斜。与图9和图10中的波形不一样，该波形的平均值不再是200 ps，它偏移至大约204 ps。形状更似双峰分布表示系统中存在更多的确定性抖动。这是由于传输线路上存在阻抗不连续，以及由此造成的预料中的影响。对间隔测量所

得数值的范围再次扩大，虽然不如不当端接情况下扩大的多。该例中的范围为175 ps至215 ps，约位于预测间隔两侧-12.5%至+7.5%。虽然范围不算很大，但再次强调，其分布本质上更接近双峰分布。

结论

可通过一些性能指标评估JESD204B发射器的物理层性能。这些指标包括共模电压、差分峰峰值电压、差分阻抗、差分输出回波损耗、共模回波损耗、发射器短路电流、眼图模板和抖动。本文讨论了可用于评估发射信号质量的三个关键性能指标。眼图、浴盆图和直方图是用于评估JESD204B链路质量的三大重要性能指标。诸如不当端接和阻抗不连续等系统问题会严重影响物理层的性能。这些影响可通过眼图、浴盆图和直方图中显示出来的性能恶化观察到。重要的是保证良好的设计规则，从而正确端接系统并避免在传输介质中产生阻抗不连续。系统问题可对数据传输产生明显的不利影响，导致JESD204B的发射器和接收器之间数据链路故障。使用一定的技术避免这些问题将确保系统的正常工作。

参考文献

JEDEC标准JESD204B。JEDEC固态技术协会，2011年7月。

“应用笔记5989-5718EN。利用时钟抖动分析降低串行数据应用中的BER。”是德科技，2014年7月。

“应用笔记5988-9109EN。数字系统的测量。”Agilent Technologies，2003年6月。

作者简介

Jonathan Harris是ADI公司高速转换器部（北卡罗来纳州格林斯博罗）的一名产品应用工程师。在射频行业从事产品支持工作超过7年。Jonathan拥有奥本大学电子工程硕士学位和北卡罗来纳大学夏洛特分校电子工程学士学位。平时喜欢移动音频、nitro RC、大学橄榄球，以及陪伴两个孩子。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn



超越一切可能™

ADI公司
请访问analog.com/cn

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。
请访问ez.analog.com/cn。

©2019 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。
商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA11324sc-9/19

