

时钟恢复对高速测试测量的影响

应用文章

引言

不管是放到测试设置中，还是作为被测设备的一部分，时钟恢复都在进行准确的测试测量中发挥着重要作用。由于大多数千兆位通信系统都是同步系统，因此系统内部的数据都使用公共时钟定时。不管是沿着几英寸的电路板传送，还是经过光纤横跨大陆，数据与其定时输入的时钟之间的关系都可能会被扰乱。通过直接从数据中提取时钟，可以在接收机正确实现信号再生。

必需指出的是，接收机一般会改善输入的数据信号，然后再继续传送。接收机中的判定电路对数据再定时，使波形变方。这一过程依赖与输入数据同步的时钟信号。接收机内部的时钟恢复功能实现了这一目标，前提是再定时时钟要以相同的方式、相同的时间移动。

时钟恢复考虑因素

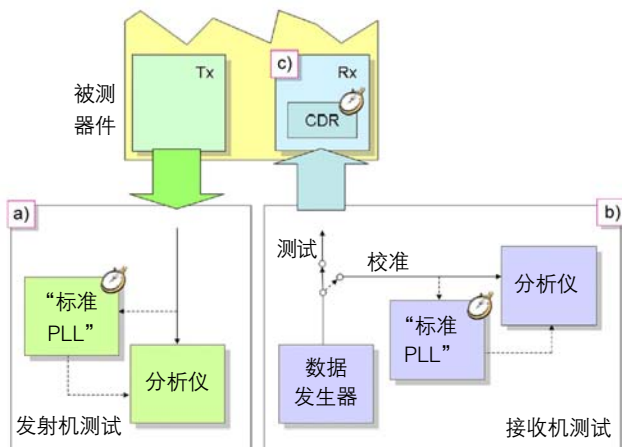


图1. 时钟恢复或“标准PLL”可以出现在测试环境的多个地方。

基于 PLL 的时钟恢复

可以通过不同架构实现时钟恢复，测量设备中最常用的方法是基于锁相环(PLL)。它使用恢复电路导出与输入数据同步的时钟，取决于看到数据中的跳变。对拥有多串完全相同位的数据段，PLL 必须保持锁定。环路增益对环路带宽的影响最明显，环路滤波器内部的任何滤波一般都会有次生效应。应该指出的是，输入数据的跳变密度会影响进入环路的能量，进而影响环路特点。结果，一致性测试中的环路带宽会视选择的码型的跳变密度而变化。

系统转函在输入信号的相位调制上执行低通滤波操作，错误响应转函则执行高通滤波功能。在未能追踪带宽以外的相位调制时，环路会追踪环路带宽以内的输入相位调制。这样，环路就可以追踪低频抖动，而忽略 PLL 环路带宽以外的高频抖动。

衡量 PLL 抖动追踪特点的指标之一是环路带宽(LBW)，通常在“抖动输入 / 抖动输出”转函为 -3 dB 的点上测得。但这并不是确定环路的唯一方式。

宽 LBW 改善了抖动容限，窄 LBW 则会从被恢复的时钟中去掉更多的抖动，这有利于下游同步器，但会降低抖动容限。尽管宽 LBW 似乎是理想选择，但通常还要考虑成本和技术。宽 LBW 还会带来更多的噪声或随机抖动。目前测量中使用的 LBW 一般在 $1 - 10$ MHz 范围内。

时钟恢复的输入和输出

必需指出测量中是怎样使用时钟恢复的，哪些地方会发生错误。例如，在发射机测试一侧，要求时钟恢复的主要原因通常有两个：没有提供作为测试设备触发的时钟信号，或者标准要求使用特定的 LBW 进行抖动测量(参见图 1, a 部分)。后一种情况的目的，是用系统接收机(如BERTScope BSA 系列)包含时钟恢复，来追踪部分输入抖动，这样发射机测试应该只涉及接收机没有追踪的高频抖动。参见图 1。

所以，对抖动成分接近时钟恢复 LBW 的被测信号，LBW 设置不正确可能会导致抖动测量不准确。有时标准暗示要在测试中使用时钟恢复，如提到“标准 PLL”，或指定要“在使用以 20 dB/decade 速率把抖动衰减到((bit rate)/1,667)的频率以下的单极高通频率加权函数后”测量抖动。

扩频时钟(SSC)把时钟能量(和数据)扩散在 0.5% 的频段上，降低了频谱给定频率上的平均功率。这可以帮助产品满足放射辐射和传导辐射的法规要求。为成功地追踪 SSC，接收机必须能够追踪调制，包括谐波，避免眼图闭上。如果环路响应未能充分追踪 SSC，或在时钟和数据路径之间有的延迟不当，那么测试眼图会模糊闭上。

不正确的峰值(LBW附近区域,这里的时钟恢复设备抖动输出可能会大于抖动输入)可能会放大被测的抖动数量。此外，测试设备中相对于输入数据信号的触发延迟可能会导致测得的抖动数量不正确。例如，测量系统中的固定延迟可能会导致测得额外的明显抖动。增加的抖动幅度取决于相对于延迟量的抖动频率。

在接收机端，时钟恢复可能会出现在被测器件中，也可能作为测试设备校准程序的一部分出现。在被测器件中，时钟恢复频频出现，在测试中通常使用压力和正弦曲线抖动实现(参见图 1, b 部分)。在正弦曲线抖动中，测试一般使用模板，其中会在较低的调制频率上应用较多的抖动，或在较高频率上应用较少的抖动。

其中的问题包括在接收机中使用设计不当的 LBW，导致抖动容限模板失效。追踪响应的斜率不正确可能会使追踪 SSC 的准确性不够，导致眼图模糊闭上，导致发生误码。

时钟恢复频繁用于测试设备设置及接收机抖动容限或压力眼图信号校准(参见图 1, c 部分)。正弦曲线抖动通常设置成频率高于校准过程中时钟恢复的 LBW。但是，LBW 不正确可能会导致压力数量设置错误，进而使被测压力不足或过大，前者会提高客户拒收的可能性，后者则会影响良品率。

从所有这些情况中，很容易得出这样的结论，即 LBW 设置非常关键，对测量中观察到的抖动有着明显影响。改变环路带宽可以表明抖动频谱。以非常窄的 LBW 进行测试，可以显示被测发射机产生的所有抖动。而使用非常宽的 LBW 进行测试，则只会表明发射机产生的、预定系统接收机用自己的 PLL 不能滤掉的抖动。一般来说，一致性测试中会指定后一种时钟恢复方式。系统设计人员主要关心超出接收机追踪能力的抖动。

分布式时钟方案

并不是所有系统都从数据流中导出定时。部分系统如 PCI Express 和全面缓冲双在线存储模块(DIMM)，使用发送到通信链路每一端的分布式时钟来为数据定时。发送端和接收端使用 PLL 再生参考时钟。

一般来说，分布式参考时钟将有一定数量的抖动，如来自发起晶体的相噪。它也可能有 SSC。时钟在每个 IC 内再生，用来为发送功能和接收功能提供时钟。每个 PLL 有一个环路响应，如果其特点完全相同，那么一个 PLL 上的抖动完全可以由另一个 PLL 追踪，也就是说，接收机看不到任何净效应。但实际情况一般要更加复杂。

即使对采用相同设计、相同铸造工艺及相同生产批次制造的器件来说，几乎也不可能获得完全相同的环路响应。由于也很难保证 IC 之间及 IC 内部的路径长度一模一样，因此在接收机抖动中还会出现同等的触发延迟，导致看到更多的抖动。

嵌入式时钟方案

把时钟嵌入到数据中是保证在接收机准确恢复发射的数据流的一种常用方式。但一旦实现，就会产生一个问题，即系统以一种时钟速率运行，而输入的码流会以略微不同的速率运行。必须以某种方式重新为数据输入时钟，以便与接收端系统相匹配。

在某些结构中，特别是在 SONET/SDH 中，设计人员做的一项很大的工作是使系统中的所有时钟尽可能匹配，其方式是分布基于全球定位系统(GPS)的高度准确的系统时钟，或分布基于铷或类似标准的本地时钟。

其它结构则承受了时钟速率更高的差异性特点，以降低成本和复杂性。在任何情况下，系统最终都必须处理任何不匹配，这一般要等到差异超过 1 个比特或 1 个帧，然后插入或删除比特或字符。通常情况下，系统协议会插入多个字符，称为填充字，这些字符在接收机上会被舍弃。还有的时候，如果要求，协议会允许接收机插入自己的字符，而不会打乱数据的含义。

增加或删除这些字符可能会明显影响测试。基于协议的测试设备通常被设置成处理插入的或删除的字符，同时仍能识别底层信息。但是，物理层测试设备有时更加有限，要求码型完全符合没有变化的已知重复序列。多出码或漏掉码会导致设备认为发生了错误。

在系统管理基线漂移时也会发生数据码型变化，即系统会经过 AC 耦合和一长串完全相同的位，导致平均信号电压漂移，直到发生误码。在这种情况下，协议方案对每个有效字符通常有两个版本，并确定发送最能有效抗击任何基线漂移或运行不一致的版本。接收机上的协议智能在识别哪种版本正确方面没有问题，但这也违反了某些测试设备对码型不变的要求。

某些测试设备可以进行参数测量，而无需重复码型。这在检查物理层问题时非常有效，但不能处理协议错误。另外还可能会漏掉清除后作为健康码重传的接收机误码，尽管这些码是有问题的。

通过使用环回测试，发送到接收机的信号被环回，成为发射机的输出。但数据并不总是完全相同，因为时钟速率匹配错误可能会导致填充字变化，可能会扰乱测试设备。在这些情况下，一种解决方案是创建一个测试环境，其中发射机时钟域和接收机时钟域绝对一模一样，而不再需要域速率匹配。在许多方案中，都可以使用仪器时钟恢复，以测试设备输出的具体速率创建一个时钟信号，然后再使用这个信号为环回测试生成一个测试信号。

随着时钟恢复在更多的系统和测试设置中日益普遍，必须考虑其对测量的影响。许多外部影响可能会打乱数据和时钟源之间的关系。通过了解这两者之间的关系，可以获得更实用、更准确的测量结果。

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

北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编：100088
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编：200233
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编：518031
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编：610016
电话：(86 28) 8620 3028
传真：(86 28) 8620 3038

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20层K座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市汉口建设大道518号
招银大厦1611室
邮编：430022
电话：(86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处

九龙尖沙咀加连威老道2-6号
爱宾大厦15楼6室
电话：(852) 2585 6688
传真：(852) 2598 6260

了解有关的更多信息 泰克公司不断收集应用文章,技术简报和其它资源,帮助工程师了解最前沿技术。请访问 www.tektronix.com.cn



版权©泰克。保留所有权利。泰克公司的产品涵盖受美国和外国专利,发表之前。本出版物中的信息取代,在所有先前公布的材料。规格和价格改变特权保留。泰克和泰克的注册商标 泰克公司的所有其他商品名称参照是服务商标,商标或注册商标,其各自公司所有。

09/10 EAMWWW

65C-26074-0

Tektronix[®]