

使用逻辑分析仪调试定时问题

应用文章

介绍

在今天的数字世界,嵌入式系统比以往任何时候都更为复杂。使用速度更快、功耗更低的设备和功能更强大的逻辑,使得需要考虑信号完整性问题。同时,随着系统速度不断提高,很可能出现信号完整性的问题。

在调试和验证过程中,大部分数字故障可以追溯到信号完整性问题。在理想世界中,所有的信号应该是未受损的。模拟信号的上升和下降沿是干净的,没有抖动。数字信号应该是干净的、快速跳变的、稳定的、有效的逻辑电平、准确的时间位置、且没有瞬态变化。然而,随着数据传输速率增加,接近这种理想信号变得越来越困难了。

应用文章

在快速的时钟频率和快速边沿速率,每一个设计细节变得很重要。许多变化都会影响信号完整性,如:信号路径的设计,电路板叠层,传输线的影响以及功率分配。鉴于所有这些变化,在实验室进行信号完整性问题验证是不可避免的。

当这些问题出现,很可能会遇到数字形式的信号完整性问题。也就是说,在总线或设备输出的二进制信号将会有错误的数值。这些错误可能会在逻辑分析仪的波形或定时分析视图中显示,这些错误可能出现状态层面、甚至协议层问题。通常都是与时间有关的数字域问题。总线竞争、建立和保持违规、亚稳态现象等问题是数字域的常见问题。所有这些问题都可能导致总线或设备的输出不稳定的信号。

模拟域存在的问题,如:低幅度信号、缓慢或快速转换时间、毛刺、串扰和噪声通常都与电路板或信号终端的设计息息相关。显然,数字和模拟信号完整性问题是相互关联的。例如,在数字环境中,输入一个缓慢的上升时间可能会导致输出脉冲被延迟,这个延迟反过来导致总线竞争。

本应用指南将讨论如何使用逻辑分析仪特点和功能解决这些定时有关的问题,以快速、方便地找到设计问题的根源。

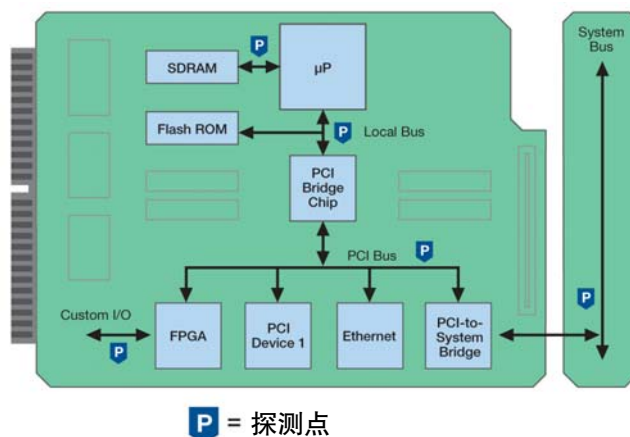


图 1. 在嵌入式系统设计中不同的探针点实例。

探测的考虑

具有良好的探测点在整个设计中成功解决问题具有至关重要的作用。有了良好的探测您的信号,可以把不同位置的信号定时问题相关起来,查看总线的运行情况,并分析硬件和软件接口。探测是获取信号最关键一步,寻找根源问题第一步就是信号的探测。

一旦测试点已确定,下一步就是确定使用哪些探头。基本规则是:任何探头需要准确地把信号从被测电路板上传送到逻辑分析仪的采集系统。在帮助找到系统中的许多问题上,逻辑分析仪的探测发挥至关重要的作用。在大多数嵌入式系统,利用逻辑分析仪测量信号时(特别是,如果你需要捕获大量的信号,如一个32位地址/数据总线),专用测试点通常是最实用的测量方法。一种选择是,在电路板使用方型管脚和通用飞线类型的逻辑分析仪探头。提供了逻辑分析仪连接到被测系统的一个方法,但也存在问题,最重要的是,性能将低于其它探测方法,因为增加了方型管脚的负载。只要探头连接,这中负载效应将永远存在,并会影响电路板的性能(即使不连接逻辑分析仪)。



图2. D-Max 连接器逻辑分析仪探头

另一个选择是在被测电路板上安装Mictor连接器。这种紧凑的、高密度连接器给逻辑分析仪提供了一种方便、方便的连接点。另外，Mictor 连接器为多组信号提供了快速、方便、方便的连接，但仍然会影响高速信号的运行。

更高密度的选择，如D-Max™ 探测技术，可以替代提供替代传统Mictor探头。这些探头不需要在被测电路板上提供连接器。而是直接与电路板上的焊盘配合。这种探头的插入部分为螺纹连接，解决了引线电感问题，并且电容负载减小到大约为0.5pF。此外，该探头还提供了单端和差分测试。这种类型的探头提供了最高的性能和最高密度。

除了物理连接，探头的总容性负载性能也是至关重要的考虑，高容性负载可以改变您的系统性能和引入的定时问题。在高速系统，过大的探头电容负载可能导致被测系统(SUT)无法正常运行。因此，尽可能选择较小的总电容负载探头是至关重要的。总电容负载是指由探头到被测电路板端所产生的寄生电容和尖端的衰减电容总和。

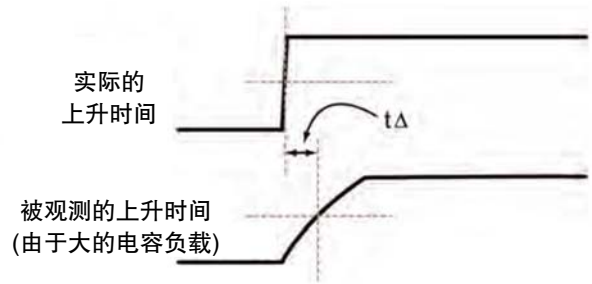


图3. 逻辑分析仪探头的阻抗影响信号的上升时间和定时测量。

探头电容影响信号边沿转换时间，如图3所示。该边沿转换速度变慢大约为时间 Δt ，如图3所示。这是为什么重要？因为较慢的边沿经过门限逻辑判决电路后，在被测系统中引入了错误的定时问题。随着时钟速率增加，这是一个问题变得更加严重。探头电容可以使得被测系统定时分析失真，纳秒或亚纳秒级沿到沿的测量精度不可靠。

泰克提供一系列的探头，这些探头提供方型管脚连接，以及Mictor和D-Max的连接。在所有情况下，这些探头提供的非常好的电容性能(电容非常小)。泰克提供了一系列可靠，值得信赖的探头，以满足物理和电特性测试需求的几乎所有的嵌入式系统设计。

逻辑分析仪的性能考虑

逻辑分析仪的性能和功能决定了需要多长时间找到问题根源。如何正确选择逻辑分析仪来满足您的测试需求。需要首先需要理解逻辑分析。

逻辑分析仪的最基本的功能是利用采集的数据绘出定时分析图, 如果被测系统正在运行, 并且逻辑分析仪的采集设置正确, 逻辑分析仪的定时功能显示的数据将完全与设计仿真或书本上的数据是一模一样。但是, 这取决于逻辑分析仪的分辨率(即采样率)。定时分析是异步, 即采样时钟与输入信号不是同步的(异步的)。采样率越高, 就越可能准确检测到信号的定时问题(如毛刺)。例如, 泰克 TLA 系列逻辑分析仪的采样率为 2 GHz, 提供了 500 ps 分辨率。因此, 定时分析能够分析显示在 500 ps 以内的边缘位置。

为了分析更快的信号, 逻辑分析仪通常提供更高的分辨率采集模式, 在触发点周围采集更多的数据。TLA 系列逻辑分析仪 MagniVu™ 模式高分辨率采集模式在所有通道的提供高达 50 GHz 的采样。其它功能还包括可调节的 MagniVu 采样率, 可调节的触发位置, 一个独立主触发器的 MagniVu 触发。所有这些功能为捕获各种各样的定时问题提供了更多的灵活性。

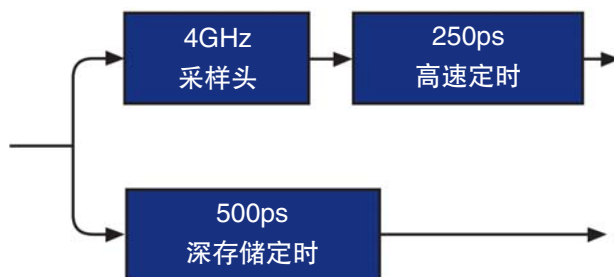


图 4. 采用两个独立的采样器的逻辑分析仪架构图实例

任何逻辑分析仪或事实上任何测量仪器, 你需要的不仅仅是了解仪器的指标, 更重要的是要考虑如何将所有的功能和性能结合起来, 以提高仪器的整体性能。对于逻辑分析仪, 重要的是要理解高分辨率采样和标准采样模式之间的关系。这两个采样器在逻辑分析仪内如何工作, 将大大影响数据的准确性。

今天, 逻辑分析仪使用种类型两个架构。第一种方法使用两个独立和单独的采样器(见图 4), 一个用于高分辨率采集和其它采集模式。因为这种方法依赖于两个不同时间基准, 由于这两个不同时间基准会有偏差, 这自然会导致数据之间有更大的不确定性。由于仪器内部的不确定性, 导致不同采样器之间的时间偏差, 要精确进行通道之间的数据定时测量变得非常困难。

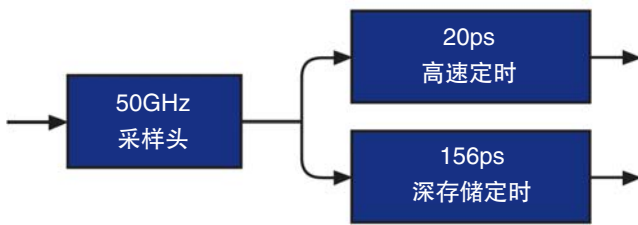


图 5. 使用一个单一的高分辨率采样器构架逻辑分析仪实例。

另一种方法提供了一个更加综合性的数据给用户。在泰克TLA系列使用单一、高分辨率采样器采集所有通道数据(见图5)。由于是使用相同的50 GHz的采样，这项技术保证了高分辨率的数据采集和标准分辨率深存储数据采集直接相关，从而确保更准确的数据采集。举例来说，TLA系列指定通道之间的时间偏差最大为1纳秒，而逻辑分析仪使用两个采样器的通道之间的时间偏差典型范围 ± 1.75 纳秒。此外，该架构使得逻辑分析仪具有建立和保持触发功能(后面将讨论)。

寻找关键问题

触发灵活性是快速、高效的检测看不见的问题的关键。在逻辑分析仪，设置触发条件，当满足触发条件，将捕获数据并显示结果。事实上，当采集停止了，证明已经满足触发条件(除非超时例外)。

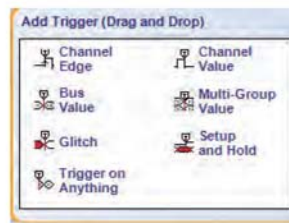


图 6. 在 TLA 系列逻辑分析仪进行拖放和下拉式菜单进行设置触发的实例

在泰克逻辑分析仪，为了更快的设置触发类型，可以通过简化的拖放式触发进行触发设置。这些触发器可以根据用户的日常需求来进行配置触发。后面将会讨论应用实例，该TLA系列的强大又专业的触发器来处理更复杂的问题。在TLA系列，除了有毛刺、建立和保持违规触发；还提供了多种触发状态机，字识别、边缘/过渡识别、范识别围，定时器/计数器，快照识别。

什么是毛刺?

如果您的设备出现故障，开始排除故障的一种好方法便是查找毛刺。毛刺是非常窄的脉冲，毛刺在系统中可能导致、也可能不导致逻辑变迁。大多数问题表现在一个或多个信号中出现毛刺。毛刺对系统运行的影响是无法预测的。毛刺可以是多种设备故障(包括竞争情况、端接错误、驱动器错误、时序违规和串扰)的最初迹象。

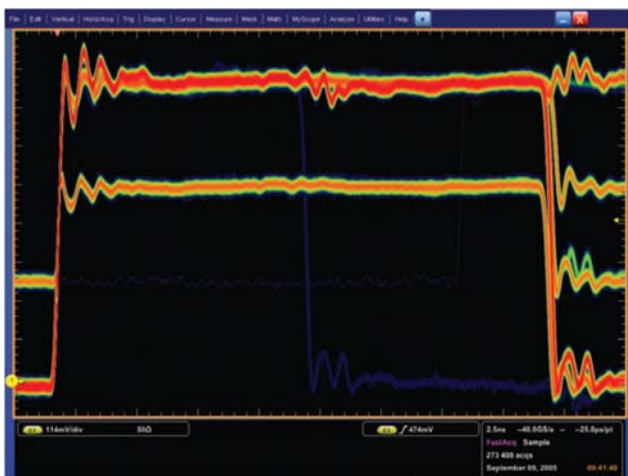


图7. 泰克 DPO7000 系列数字荧光示波器(DPO)最大概率地捕捉难以捉摸毛刺和其它罕见的故障事件。

毛刺定位

由于毛刺造成的问题通常是间歇性的,因此解决起来可能十分困难。一种可靠的方法是,将传统的“自上而下”故障排除法与测试仪器的特定优势相结合。先对设备运行情况有宏观的了解,然后聚焦于存在的问题。

在不超过4个通道同时进行定位毛刺时,数字荧光示波器(DPO)是最强大和简单易用毛刺定位工具。DPO提供了无与伦比的洞察信号行为的能力,并实时存储和分析复杂信号,同时对信号信息采用三维方式显示:幅度,时间和信号出现的概率,其波形捕获率高达每秒300,000个波形,它是业界捕获难以捉摸的故障信号和间歇性事件最有效的工具,是理想的数字调试工具。DPO也简单易用,而且在瞬间帮你实时看到信号的真实形状。然后,您可以使用示波器的高级触发功能,以

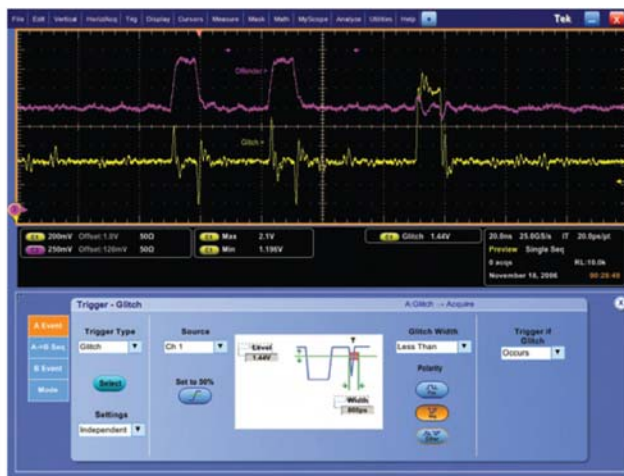


图8. 泰克示波器大量的高级示波器的触发功能使您能够快速、方便地捕捉不同类型的信号, DPO7000 系列的显示

进一步定位问题。所有泰克示波器提供了最丰富的触发功能,让您快速、轻松地触发感兴趣的事件和然后进一步分析。

如果您需要同时进行4个以上通道毛刺定位的话,泰克的逻辑分析仪可以同时在上百个的信号总线上的进行毛刺定位。逻辑分析仪会检查每一个信号以寻找毛刺。总线时序图中的红色标记代表毛刺出现的位置,以便进一步分析。然后,您再使用泰克示波器揭示毛刺的实际形状,一进一步分析该问题。使用TLA系列逻辑分析仪的iView™测量功能,您可以将逻辑分析仪和示波器联合到一个系统,逐步“放大”问题。解决电路故障的最快、最简单的方法是:借助“自上而下”方法可逐步进行调试,轻松地找到毛刺并排除故障。下面将通过四个步骤来确定两种不同的毛刺及其可能的来源。

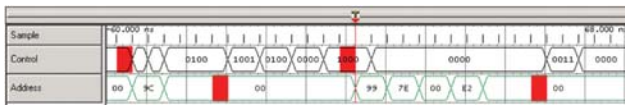


图 9. 取样点序列。控制总线和地址总线显示红色毛刺标记

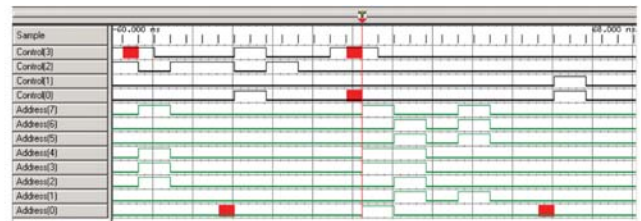


图 10. 扩展的 4 位控制总线和 8 位地址总线。在单个信号上显示红色毛刺标记

步骤 I: 检查总线

先重点观察系统运行情况，并从整体上寻找故障。逻辑分析仪的总线定时分析将标记出现所有毛刺。需要寻找间歇性事件（如毛刺）时，使用具有较长记录长度的逻辑分析仪。泰克逻辑分析仪具有高达 512 Mb 的深存储定时分析能力。

逻辑分析仪的总线定时分析可一次性检查总线的所有信号线。如果逻辑分析仪在任何一个信号线中监测到毛刺，则会标记总线和时间位置。在图 9 中，顶部的波形是采样波形，显示了代表逻辑分析仪的深存储定时取样速率的取样点序列，取样速率最高为 2 GHz(500ps)。下面两个是总线波形 – 4 位控制总线和 8 位地址总线。出现在这两个总线波形中的红色毛刺标记说明在这些位置上的取样点之间有多个跃变。

步骤 II: 检查信号线

现在重点查找问题的来源。使用逻辑分析仪的定时信号波形显示总线的各个信号线，并标记毛刺发生的位置。在图 10 中，逻辑分析仪已将控制总线扩展为四个单独的信号，并将地址总线扩展为八个单独的信号。图 9 中总线波形上的红色毛刺标记，现在显示为信号线 Control (3) 和 Control (0) 上的毛刺标记，以及信号线 Address (0) 上的两处毛刺。

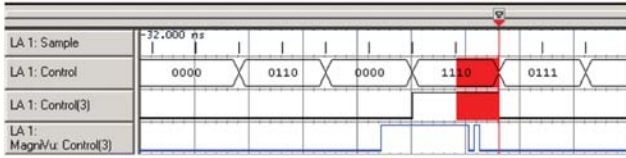


图 11. 毛刺 Control(3)的 MagniVu 波形显示

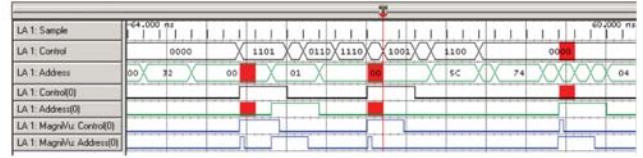


图 12. Control(0)和 Address(0)信号线，其中 MagniVu 显示了由于串扰造成的毛刺

步骤 III：了解故障细节

使用高分辨率定时图详细检查故障。了解它们与其他事件或故障之间的关系。除了深度定时之外，泰克逻辑分析仪还具有高分辨率 MagniVu™ 20 ps (50GHz) 定时功能，可与深度定时功能同时运行。MagniVu 波形可以最大为 16 Kb 内存深度) 显示所有通道。这样，一个逻辑分析仪就相当于两个逻辑分析仪：一个深度定时逻辑分析仪和一个高分辨率定时逻辑分析仪，二者都使用相同的探头。

在本例中，似乎有两个不同的问题导致了毛刺的发生。首先，重点观察 Control (3) 信号线，并显示 Control (3) 信号的 MagniVu 波形。图 11 表明，由于 MagniVu 波形具有较高的分辨率，因此可揭示毛刺只出现在一个数字脉冲的末端 – 不是在脉冲的起点也不是其本身。这是找出故障原因的一个很重要的线索。进行到步骤 IV 时，您将发现可能的原因。

现在重点检查 Control (0) 上标出的第二个毛刺。使用 MagniVu 高分辨率定时功能检查其余两个标有毛刺的信号线：Control (0) 和 Address (0)。图 12 表明，由于 MagniVu 波形正以更高的分辨率(20 ps) 检查信号，因此能够识别这两个信号线上更窄的毛刺。请注意，在这两个信号线上毛刺和一个脉冲是同时发生的。这通常表明两个信号之间发生了串扰，但是您需要从另一个角度仔细观察以进行确认。进行到步骤 IV 时，可以发现更多信息。

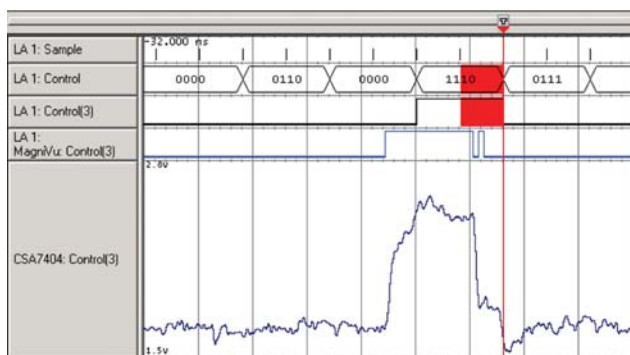


图 13. iView 示波器显示，显示 Control(3)信号的模拟形式

步骤 IV：观察模拟波形

使用示波器和逻辑分析仪的 iView™ 功能比较模拟图和数字图，可以了解毛刺的真实形状。TLA 系列逻辑分析仪有个多路切换器使得从逻辑分析仪探头获取的信号分配到逻辑分析仪和示波器上。这样就不需要使用示波器的探头，从而减少了探头负载对信号的影响。

一旦示波器和逻辑分析仪连在一起同时采集信号，对两台仪器进行同步是最为关键的。泰克的逻辑分析仪利用 iView™ 功能，允许逻辑分析仪在精确的时间触发示波器以捕获毛刺。逻辑分析仪还可以在显示屏上显示时间相关的模拟波形和数字波形。观察信号线 Control (3)，图 13 展示了毛刺的模拟 iView 显示。

观察这两个域，很明显，脉冲的上升边沿和下降边沿都出现了失真情况。上升边沿的下垂程度不足以触发一个逻辑过渡，因此未显示为毛刺。然而，下降边沿的回弹高度足以通过逻辑阈值，有时可以充当逻辑过渡。尽管

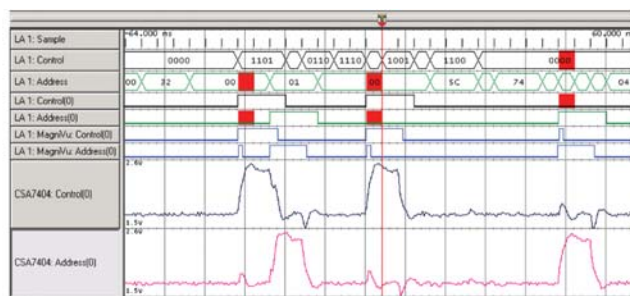


图 14. 使用 iView 测量功能显示的 Control(0)与 Address(0)之间的串扰

总线时钟的频率不是很高，但电路使用的 LVPECL 逻辑系列仍可引入快速边沿。脉冲边沿的反弹表明电路板终端存在问题，该问题由于快速边沿的灵敏度较高而被放大。

对前面的 Control (0) 和 Address (0) 中的串扰假设进行测试，图 14 表明，对于其中一个信号的每个前沿，在另一个信号上都有一个相应的正电压脉冲。这表明 Control (0) 和 Address (0) 之间确实发生了串扰。在相应结构接口中，相邻的运行信号或引脚处很容易发生串扰。与低频信号相比，高频信号和时钟边沿更易受串扰影响。这意味着对于较高的频率，过去始终适用于较低频率的设计实践也可能导致故障。尽管这两个示例中的总线带宽较窄，但仍可对传输上百个信号的总线使用逻辑分析仪毛刺触发功能。分析仪会检查每个信号线以寻找毛刺。如果它标记了一个毛刺，集中解决该问题，直到可以确定毛刺的来源。

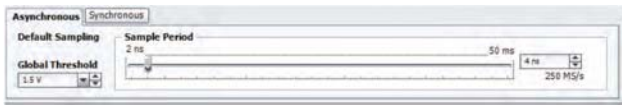


图 15. 改变时钟模式

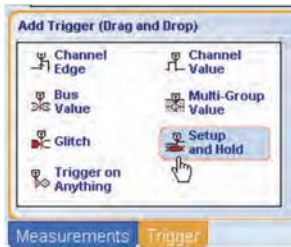


图 16. 选择“建立/保持”触发

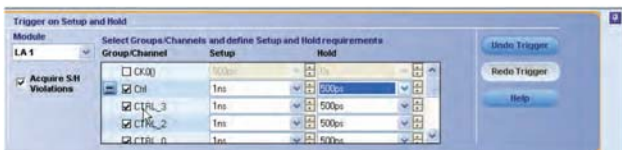


图 17. 设置建立/保持时间

寻找建立/保持违规

在数字系统里，建立/保持时间是最重要的同步定时参数之一。传统方法是利用示波器的两个通道一对一对来测量时钟与数据之间的建立/保持时间，随着电路中运行的信号的数量越来越多，传统的方法就非常耗时。TLA 逻辑分析仪自动触发并显示系统总线上的建立/保持违规。只有建立/保持触发找到建立/保持违规的信号，而其它的触发模式无法找到建立/保持违规的信号。当同步数据信号不能满足建立/保持指标时，建立/保持触发非常容易找到和定位特定的信号质量和定时细节。

为了简化过程，测试点应该在设计阶段留出测试点，这样方便逻辑分析仪的探头连接时钟和目标信号。逻辑分析仪在定时模式有系统时钟信号，在状态模式下，同步对这建立/保持触发是至关重要的。逻辑分析仪状态模式能够对建立/保持违规信号进行触发，而高分辨率定时分析可以测出建立/保持违规的具体时间。下面是使用泰克 TLA 系列逻辑分析仪验证建立/保持违规的例子。

步骤 I: 选择逻辑分析仪的时钟模式

第一步是选择逻辑分析仪的时钟模式。在这种情况下，将使用同步模式进行采集分析。高性能逻辑分析仪有两种时钟模式：异步模式和同步模式。在异步模式，也称为定时分析模式，逻辑分析仪使用内部时钟采集被测系统的信号。用户可以调整采样率来改变时间分辨率。

在同步模式下，又称为状态分析，逻辑分析仪利用外部时钟采集被测系统的信号，这是由外部信号来同步。在这种模式下，逻辑分析仪的用户，可以看到当外部时钟信号有效时的波形状态。捕获建立和保持违规现象，比较时钟和目标信号波形边沿定时关系，因此，同步模式被用来捕获建立/保持现象。

步骤二：设置触发

下一步是拖放“建立/保持”触发到选项目标总线上，设置建立和保持指标(见图 16和图 17)。在这个例子中，数据总线的指标是 1ns 的建立时间和 500 ps 的保持时间。



图 18. 自动测量功能确定违规数目。

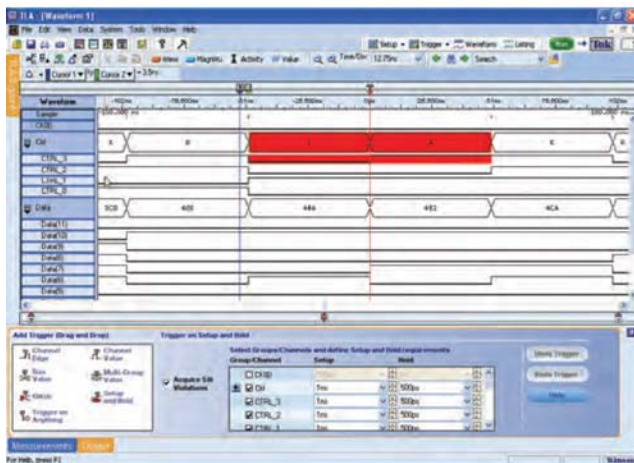


图 19. 红色的标记表示违规。

步骤三：捕获建立和保持违规

定义的触发条件后，您只要简单地按“运行”按钮开始新的采集。

逻辑分析仪依据时钟边沿自动检查成千个激活波形的边沿。当逻辑分析仪确定了建立和保持违规，将触发并且用红色标记在屏幕上显示违规的地方(见图 19)。

此过程使您能够迅速查明问题所在的地方。另外，您也可以使用逻辑分析仪的自动测量，确定在被测系统总线上有多少违规事件(见图 18)。

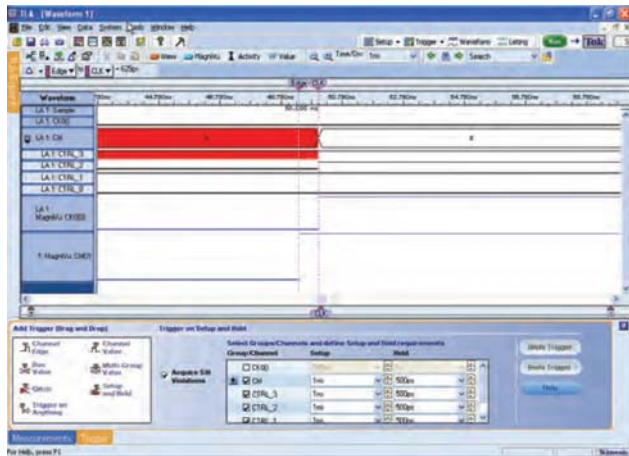


图 20. MagniVu 提供了测量和违规的线索

步骤四：测量建立和保持违规

一旦建立和保持违规已经确定,下一步就是获取更多的细节和进行必要的测量。TLA系列逻辑分析仪的高分辨率 MagniVu 采集是非常有用,从同一根探头同时进行定时模式和状态模式采集信号。MagniVu波形可以用来测量时钟沿和信号之间 ΔT 时间,从而获取更多故障来源线索(见图20)。这些线索提供一个更好地了解违规的根本原因。

所有的同步数字电路都有建立和保持时间的要求。确认建立和保持是否符合指标应该是你的日常故障排除根本。泰克逻辑分析仪的拖放触发使它成为一个简单的测试设置。与逻辑分析仪类似,如果问题已经被隔离在设计的具体部分/通道内,则可以使用带有建立/保持触发的示波器,来触发位于任意两个输入通道上的时钟和数据之间的设置建立时间违例和保持时间违例。使用示波器进一步洞察信号实际状况的能力。如在前面的例子。

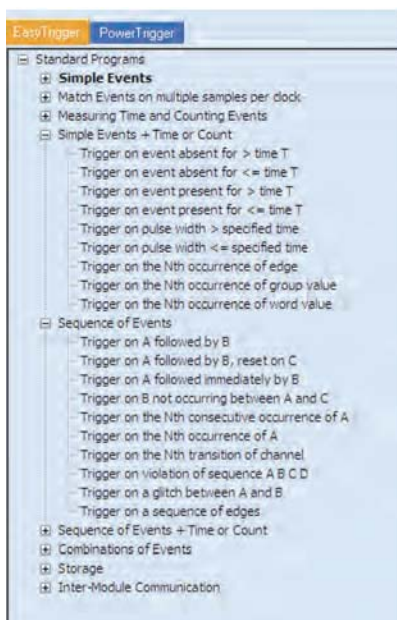


图 21. TLA 系列提供一系列零延迟时间的违规触发

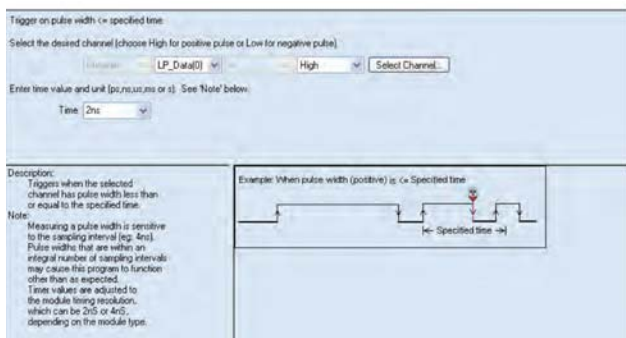


图 22. 非常有用的最小脉冲宽度违反触发设置

定时误差—边沿之间时间或事件之间时间

逻辑分析仪的触发状态机具有定时器的功能，使用这一功能，逻辑分析具有了一系列丰富的定时违规触发设置。定时器测试功能允许脉宽违规(太窄或太宽)触发，或在任意两个事件违反定时参数时触发采集。随着电路速度越来越快，尽可能提高触发定时器的速度非常重要。

触发定时器有时会在开始时间与检查时间之间有一段时延。例如：我们看到脉冲的上升沿，启动定时器。现在，我们等待下降沿，停止定时器，然后对比测试耗时小于或大于目标设置值。如果定时器的时延为60ns，那么不能使用它找到宽度小于60ns的任何问题。触发窄于60ns的脉冲，在数据确认太快(小于60ns)而致使发送电路不能识别触发；或是快于60ns的任何时间违规触发都不可能。

泰克 TLA 逻辑分析仪采用零时延触发定时器。事实上，所有泰克 TLA 系列逻辑分析仪都采用零时延触发定时器。TLA 系列逻辑分析仪可以对最低200ps的脉宽违规进行触发。

小结

定时问题是许多嵌入式设计是常见的,故障排除可能是一个耗时的任务。使用正确的逻辑分析仪将简化和加快这一进程。

当了解指标时,许多逻辑分析仪似乎也有相同的性能。为了确保你的逻辑分析仪能够正确地采集信号,快速地找到问题,你不能只看指标,并考虑到逻辑分析仪的结构和功能。较小总容量探头将以最好的信号保真度来捕获被测系统信号。单一的采样架构将确保数据采集的准确性。毛刺捕获和显示、建立和保持违反触发能力,将大大缩短寻找定时错误所需的时间。

高达 512MB 的存储器和 20ps 的 MagniVu 高分辨率定时分析。再加上强大的功能(如毛刺捕获和显示和数字模拟多路复用),TLA 系列提供了捕获今天的高速设计难以捕获的定时问题的性能和工具。

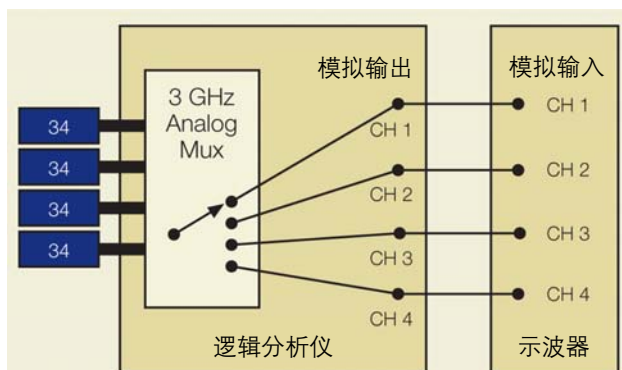
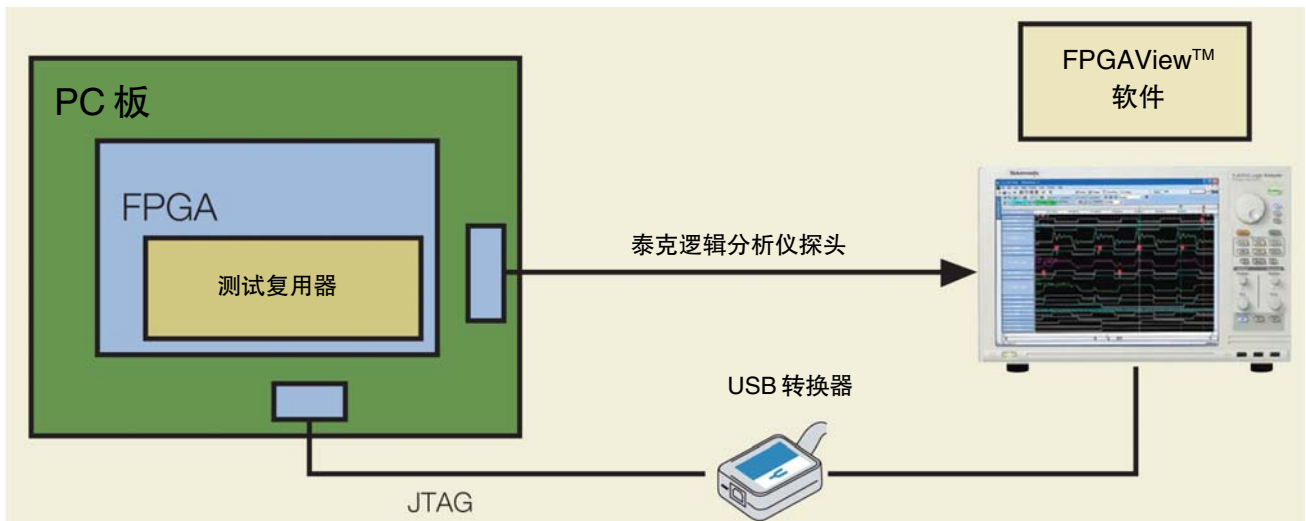


图23. 内置的模拟多路复用器,使示波器和逻辑分析仪共享相同的逻辑分析仪探头,同时提供状态,定时和模拟分析。

单一的探头进行模拟和数字分析解决方案

模拟域和数字域相关联,传统方法是需要分别把示波器和逻辑分析仪都连接到被测系统进行测试。泰克的TLA7ACx系列和TLA7Bxx系列逻辑分析仪模块提供了一个独特的解决方案。内置的模拟多路复用器使示波器和逻辑分析仪共享相同的逻辑分析仪探头,不需要两次探接,同时提供状态、高速定时和模拟分析,以查明故障根源。

逻辑分析仪的任何一个136通道输入可以直接转给示波器同时进行模拟测量。从逻辑分析仪的输出到示波器一直实时的,并且四个通道可同时被发送到示波器。模拟带宽高达3GHz,在今天许多复杂的嵌入式设计中,这种强大的工具可以进行故障诊断,并找到定时错误的根源。



调试 FPGA 设计

泰克 TLA 系列逻辑分析仪，加上 FPGAView™ 软件，使您可以迅速改变 Xilinx 和 Altera 的 FPGA 内部探测点，而不需要重新编译设计。时间关联的查看 FPGA 内部活动和外部活动。

- 同时查看内部活动和外部活动、
- 迅速改变 FPGA 内部探测点，而无需重新编译设计
- 每个管脚监测多个内部信号

另外，FPGAView 软件可以在一台设备中处理多个测试内核(可用于监测不同时钟域)并可以在一个 JTAG 链上处理多个 FPGA 设备。

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) 6235 1210/1230
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市静安区延安中路841号
东方海外大厦18楼1802-06室
邮编: 200040
电话: (86 21) 6289 6908
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市罗湖区深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦G1-02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
西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店345室
邮编: 710001
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
香港铜锣湾希慎道33号
利园3501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



© 2009, 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。
05/09 EAWOW 52C-23621-0

Tektronix®