

数据融合与高速成像

高速录像与数据采集系统同步领域的进展

在许多科学和工程领域，研究人员越来越需要描述高速事件的多种属性。传统上，他们依赖数据采集 (DAQ) 硬件，结合模拟传感器 (如应变计、热电偶、加速度计、电位计等) 进行测量。但如今，高速摄像机已成为许多依赖速度的研究的首选工具。

尤其是近年来，高速录像有效地补充并提高了用于分析快速事件的传统表征系统。例如，生物医学研究人员在研究骨折力学时，可将高速录像与骨骼标本上的加速度计和应变仪相结合，获得新的见解。航空航天工程师结合热线风速计数据与气流中颗粒的细节图像，能够更好地量化机翼周围的气流速度。

尽管同时测量视频信号和模拟传感器信号能带来新的视角，但协调这些方法并不容易。按时间顺序同步模拟传感器数据和视频数据需要丰富的后期处理专业知识以及大量时间，给研究机构带来了重大障碍。

开发者：



PHANTOM[®]

VISION[®]
RESEARCH

AMETEK[®]
MATERIALS ANALYSIS DIVISION



此外,高速摄像机和基于传感器的DAQ系统通常分别由不同的工程团队操作,“摄像机团队”和“数据团队”往往使用不同的分析方法和 workflow。

为解决这一问题,并提供统一的数据采集解决方案, Vision Research 将其 Phantom® 高速摄像机与 National Instruments 广受欢迎的现成 DAQ 单元直接连接(见图 1)。研究人员得以同时收集模拟数据和视频数据,将不同的数据采集 workflow 统一起来。这样的连接常称为数据融合。研究人员因此得以在 Vision Research 的 Phantom Camera Control (PCC) 软件应用程序中把同步的视频数据和模拟数据并排可视化。

保持同步

在高速成像方法结合 DAQ 方法的情况下,用户仍会像通常一样设置这两个测量系统。然后妥善安排摄像机和灯光,对观测对象拍摄高质量图像。DAQ 系统采用相关传感设备的模拟数据,对同一事件进行数字化。PCC 软件则实时无缝同步图像和模拟数据。

摄像机、DAQ 硬件和运行 PCC 的计算机之间的物理连接由标准的高速以太网和 USB 连接组成,因此可以轻松快捷地连接系统。从本质上讲,PCC 作为图像和 DAQ 数据的后端,用户借此得以并排查看模拟传感器数据和图像,并在查看传感器数据变化的同时,逐帧浏览视频。PCC 还能导出 CSV 格式的数据,以便进一步分析。

DAQ 系统和成像系统通过来自摄像机的两个双晶体管 (TTL) 信号进行同步(录像信号和 strobe 信号)。DAQ 处理这些信号,并将它们置于每个帧的中心(见图 2)。用户通过简单的软件设置,即可在有需要使用 DAQ 系统的完整采样频率。

捕捉事件并存储在摄像机 RAM 之后,嵌入了 DAQ 信号数据的视频立即可在 PCC 中播放。Cine Raw 文件将自动与同步的模拟传感器数据一起保存,以备分析和输出之用。

数据采集系统是什么?

1. DAQ 测量硬件模块,用作传感器和计算机之间的接口。这些器件通常集成计算机总线、信号调节电路、模拟-数字转换器。转换器可将传入的模拟波形转换为数字值,供计算机处理。

2. 传感器,如热电偶、麦克风、加速度计、应变仪、光电二极管传感器等。某些传感器可能需额外配置信号调节电路才能正确生成 DAQ 模块可读的信号。

拥有成像背景的用户时常忽略信号调节。但传感器信号几乎总是需要放大、过滤、隔离或交由 DAQ 进行优先处理。根据我们的经验,信号调节不足是用户首次结合成像系统和 DAQ 系统时最常见的问题之一。

用户还应确保传感器的选择和放置、采样率和信号调节方法适合正在进行的任务。

3. 计算机和软件,用于控制 DAQ 设备,以及处理、可视化和存储测量数据。借助 Phantom 摄像机和现成的 DAQ 硬件之间的实时连接,仅用 PCC 软件即可统一控制摄像机和 DAQ。

数据采集的典型应用包括制造和质量测试、研究和分析、机器诊断和基于 PC 的自动化。

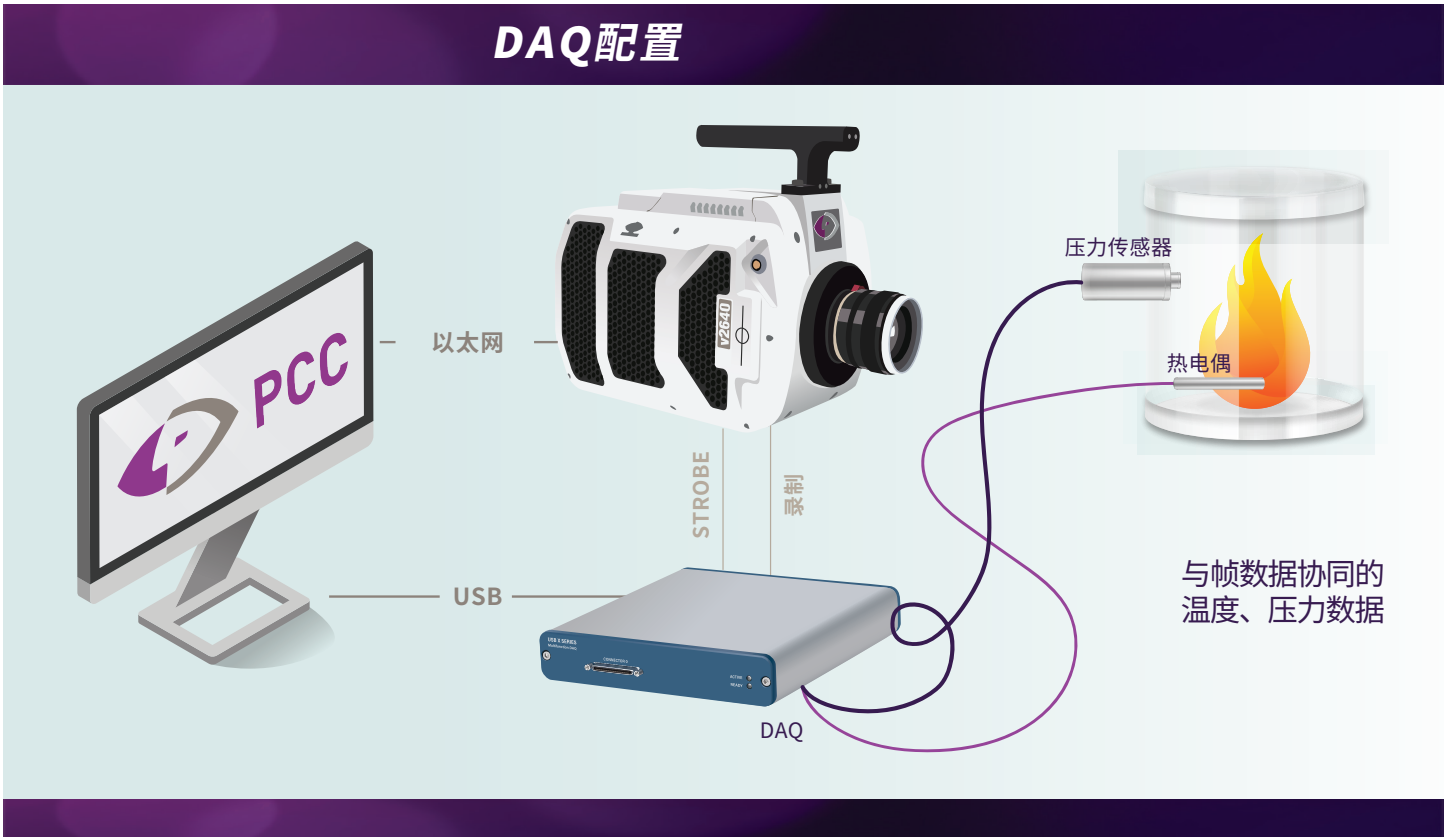


图1:典型的高速 DAQ 系统。

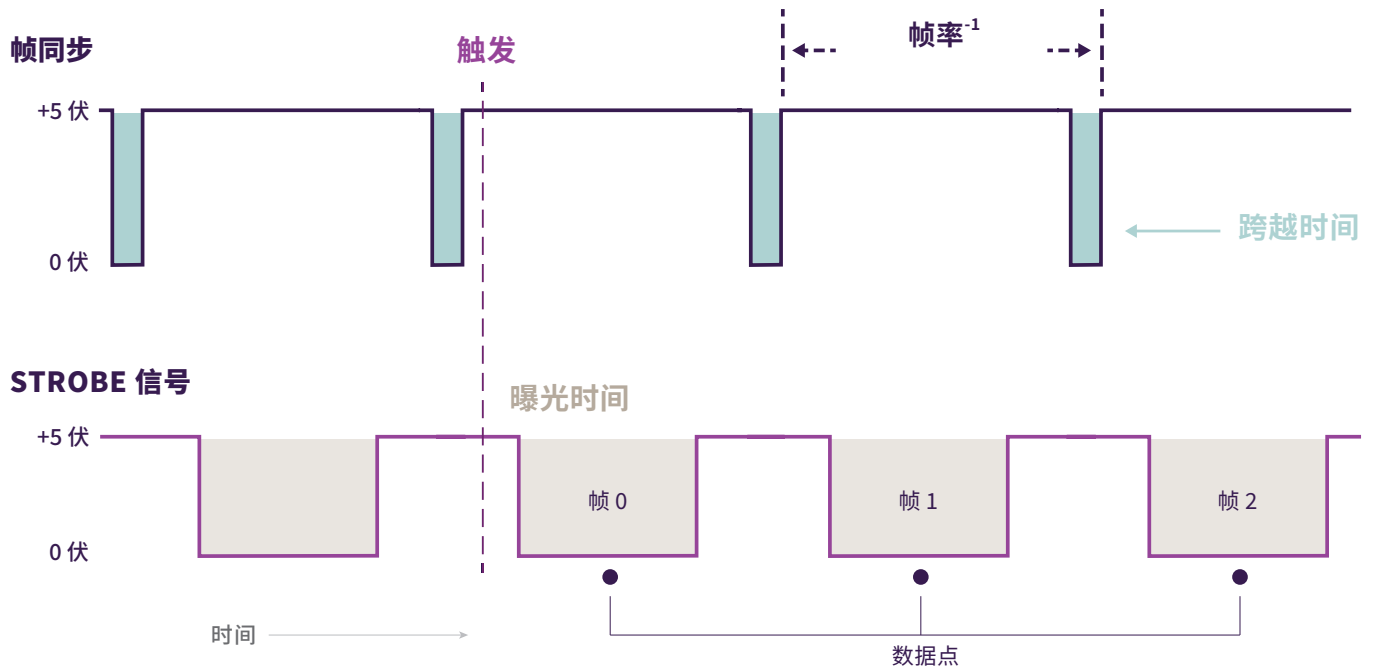


图2:在 DAQ 与高速摄像机集成时,将 DAQ 数据点置于 strobe 集成周期中心。

高速成像的优势

高速成像如果与传统传感技术和 DAQ 系统结合,主要在三个方面有所提升:

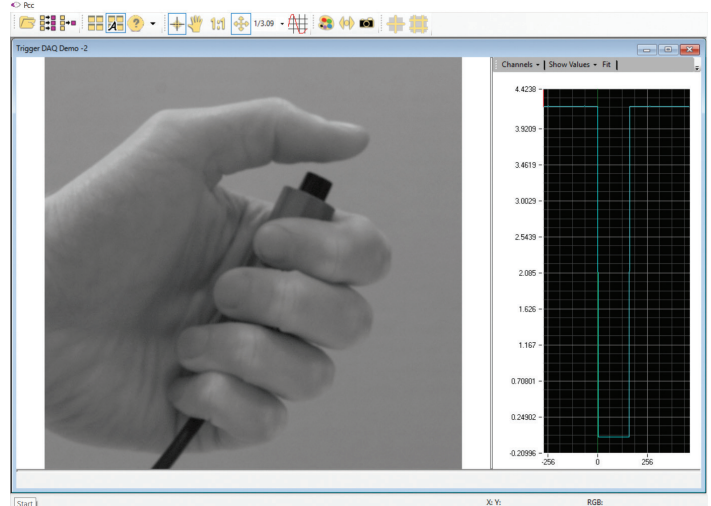
- **工作效率。**通过减少同步两个数据流所需步骤,把 DAQ 系统结合到摄像机当中,显著优化工作流程。可由一个团队执行工作,而不需要多个团队。
- **数据一站储存。**传统上,需要在团队成员之间传输所有数据。而在这种新方式下,数据都存储在 Cine 文件中,非常方便。
- **直观理解。**最后一点,也是最有价值的方面,在传感器数据创建的、更抽象的图片中添加可视表达,能提供新的视角。例如,在振动分析中,研究人员现在可以使用快速傅里叶变换 (FFT) 等传统光谱分析方法,也能方便地看到物体的位移。

以下五个实例探究揭示了高速摄像机、DAQ 硬件和 PCC 软件的一些应用,包括高速成像提供对如何为目前的应用增添新的视角。

实例探究 #1—选择开关

在第一个示例中,触发开关通过简单的开关闭合触发 Phantom 摄像机。摄像机的触发端口通常保持在 4 到 5 伏之间。触发选择开关会关闭开关,导致信号下降并触发摄像机。按下按钮,信号会从 5 伏降至 0 伏。松开按钮,信号回到 5 伏。

部分用户需要查看事件的相应触发位置,利用帧数据将触发可视化的功能就很有价值。还可运用此功能确保摄像机和 DAQ 系统正常运行。

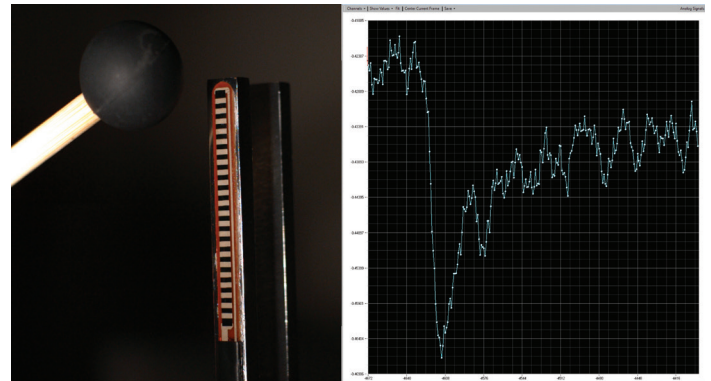


选择开关触发 Phantom 摄像机。如需查看事件的相应触发位置,利用帧数据将触发可视化的功能很有价值。

实例探究 #2—应变仪

应变仪由电阻会因施加力改变的材料组成。一般而言,科学家在实验系统中使用应变仪之前,会进行严格的校准。这样才能将测量电压与施加力或应变关联起来。

在第二个示例中,使用强效、快速粘合剂将应变仪连接到音叉上。应变仪的引线连接到信号调节电路。该电路由惠斯通电桥组成。电桥臂的电阻值大致相当于应变仪的电阻值。



通过监控来自应变仪的数字信号,可将音叉受到的影响可视化,并验证应变仪的测量值。



通过监控来自应变仪的数字信号,用户可实时观察到应变片以其自然频率振动。还可运用应变仪将音叉受到的影响可视化,包括形变和振动。

有意思的是,用户可以使用高速摄像机来验证应变仪测量结果。图像可以进行后期处理,用于绘制位置-时间图,这与 DAQ 收集的数据直接吻合。用户可从应变仪和图像数据中生成 FFT,从而确定事件期间的振动模式。

实例探究 #3—摄像机信号

大多数高速摄像机系统都包括一个 BNC 端口接口,可传输 I/O 信号,包括 f-sync、strobe、就绪和录像信号。如需查看捕捉到的视频的一个或多个信号,用户只需将摄像机背面的信号连接到 DAQ 单元即可。

在第三个示例中,用户可将光源相应的 strobe 信号(即确定曝光时间频率和程度的方波)可视化。此方法非常有用,因为在传统方法中, strobe 信号驱动的光源与高速视频很难同步。通过查看相对于光信号的 strobe 信号,可轻松移动(即延迟) strobe 信号或光脉冲,优化光量。在软件中把 strobe 可视化,还能查看系统中其他触发信号与它的相对位置。最后,通过收集这些数据,还可计算 strobe 信号脉冲的标准偏差(或其他统计数据)。

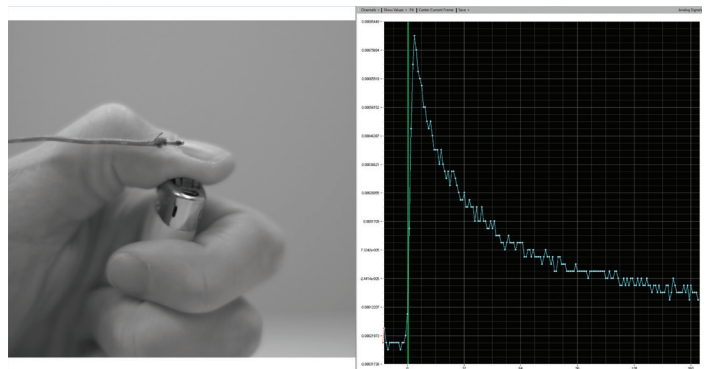
实例探究 #4—基于图像的自动触发

在检测到运动时,基于图像的自动触发器 (IBAT) 会自动触发 Phantom 摄像机。此功能非常强大,因为最小触发时间在一个帧内。以 100 万帧每秒 (fps) 的帧速率为例,IBAT 可在检测到的运动后 1 微秒内触发摄像机。如果没有现场可编程门阵列 (FPGA, 一个可以近乎实时处理图像的海量并行逻辑门),这一强大的功能无法实现。

IBAT 可用于描述连续过程,例如细胞以极快的速度通过微通道。用户可能只需要在细胞通过视场 (FOV) 时触发摄像机。将摄像机的 IBAT 输出信号馈入 DAQ,可轻松查看观察对象的运动何时满足用户定义的 IBAT 图像标准(这会导致 IBAT 输出信号从高到低)。

实例探究 #5—热电偶

燃烧和爆炸也是许多研究人员感兴趣的领域。除了将火焰轮廓可视化以外,研究人员可能还希望了解火焰不同部分和时间的温度。将高速视频与来自热电偶的模拟数据同步,可以很好地了解此类信息。在最后一个示例中,家用打火机即可快速加热 K 型热电偶,用户能够轻松地将图像的 visual 热力学数据与测量所得温度数据关联起来。分析数据可知,温度快速上升,然后是典型的冷却曲线。



将高速视频与来自热电偶的模拟数据配对,从而轻松将图像的 visual 热力学数据与测量所得温度数据关联。



Phantom v2640 超高速摄像机

结论

研究快速移动物体或事件的研究人员都很清楚高速成像和 DAQ 系统结合的价值。但在实践中，鉴于成像和 DAQ 工作流之间的差异，将这两个测量系统结合在一起并非易事。在高速摄像机、现成 DAQ 硬件和 PCC 软件之间建立连接，形成一个统一的工具。研究人员得以借此连贯地了解测量对象，最终获得更深入的观察角度。

关于 Vision Research

Vision Research 是 AMETEK 公司材料分析部的业务部门，设计并制造高速摄像机。Phantom 摄像机以高感光度、高图像分辨率、采集速度和图像质量著称。这些特质都是分析高速事件所需要的。

Vision Research 提供多款高速摄像机，满足不同行业的需求。用于研发的 VEO 系列由于简单、经济，在学术界备受欢迎。超高速系列能以最快的速度提供清晰的图像和准确的数据。Vision Research 近期还为机器视觉行业开发了新的流式摄像机系列，可用于实时分析和长时间记录。



某些 Phantom 摄像机符合出口许可标准。有关更多信息，请访问 www.phantomhighspeed.com/export。