

基于cRIO的远程数据采集终端

作者：彭泓 职务：软件工程师
公司：上海聚星仪器有限公司

应用领域：

维护/现场测试

使用的产品：

cRIO-9004, cRIO-9104, cRIO-9401, cRIO-9215, cRIO-9203, LabVIEW 8.2, LabVIEW RT 8.2, LabVIEW FPGA 8.2, NI-DFD 7.5

挑战：

利用先进的自动化测试测量技术构建分布式的远程数据采集终端，对大桥的各类环境数据、静/动态响应等信号进行精确的同步采集，为整个大桥健康监控系统提供最底层的数据支持。

应用方案：

基于 cRIO 硬件平台，利用 NI LabVIEW 开发出一套适用于整个大桥健康监控系统中不同数据采集终端的统一的远程数据采集系统。

介绍：

大桥健康监控系统结构如图 1 所示，监控系统包含多台基于 cRIO 的数据采集终端，它们分布在大桥的不同位置。数据采集终端的主要任务是按照控制终端的要求，在各类传感器的配合下采集大桥的各类环境数据、静/动态响应等信号，进而将这些信号数据一方面实时传送到监视终端；另一方面按指定的策略将部分信号数据以文件的形式存储在本地，以供数据存储终端下载并利用数据库来统一管理信号数据。

运行于各数据采集终端的应用软件是基于 LabVIEW、LabVIEW RT 和 LabVIEW FPGA 构建的，具有统一的软件架构。其难点在于不同类型信号采集任务的模块化与规范化，多机箱间精确的同步采集，以及复杂的数据存储机制的实现。

系统硬件组成：

不同数据采集终端的具体硬件配置都不一样，但是硬件模块类型一致。除了机箱 cRIO-9104 和嵌入式控制器 cRIO-9004 外，每个采集终端都配有 cRIO-9401 和 cRIO-9215，在 GPS 接收机的支持下，对大桥的振动信号进行 GPS 精确同步采集；cRIO-9215 和 cRIO-9203 对大桥的慢变或静态电压、电流信号进行采集；配有 ENET-485/4 对部分传感器和调理器的串口输出信号进行采集；同时 cRIO-9401 对部分数字脉冲信号（如雨量计输出信号）进行采集和计数。

系统软件结构：

采集终端统一的系统软件架构可以使上位机能通过一致的接口与其交互命令、状态与数据，方便用户的使用；也可以极大地提高代码的重用性，使所有终端使用同一套代码（不同的终端仅在 FPGA 程序和配置文件信息上有所区别），方便开发人员维护代码。采集终端系统的软件结构如图 2 所示。

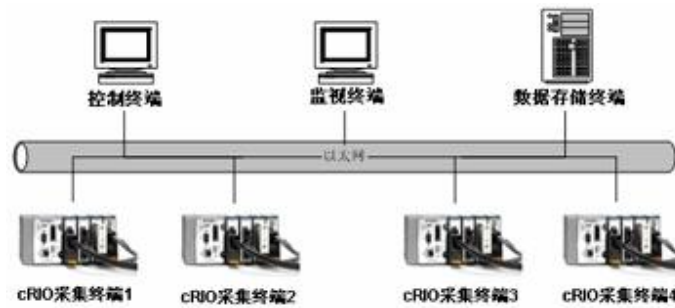


图 1 大桥健康监控系统结构

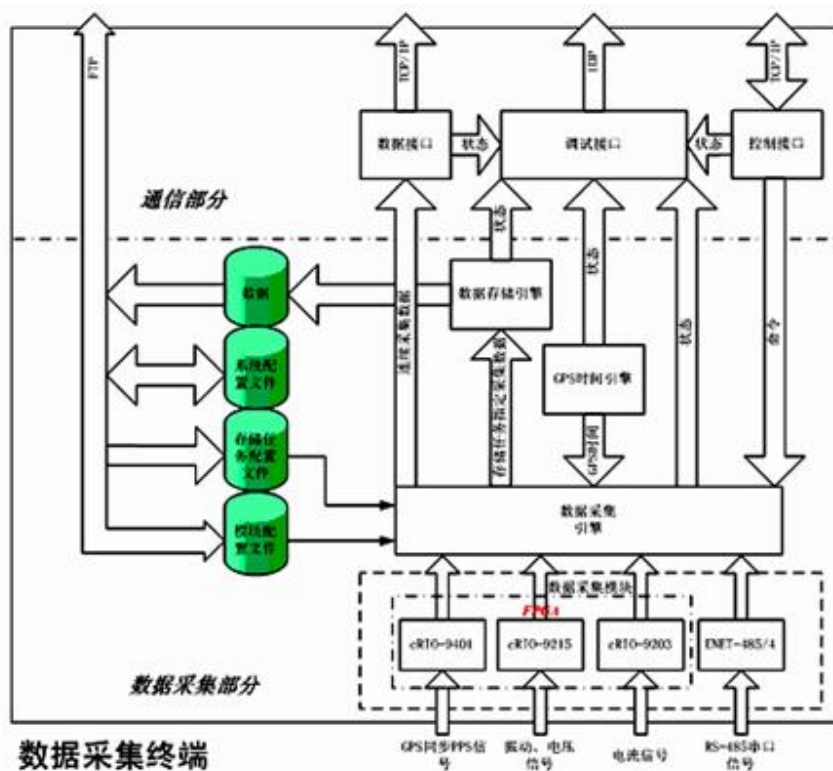


图 2 数据采集系统软件结构

整个数据采集终端的软件由数据采集和通信两大部分组成。数据采集部分又可分为数据采集模块、数据采集引擎、数据存储引擎、GPS 时间引擎。通信部分则由数据接口、控制接口和调试接口组成。在 LabVIEW 中实现时，这些不同的引擎和接口都是独立运行的 VI，通过上层的动态调用来执行。这样可利用 LabVIEW 多线程的特性，避免各个模块之间的相互阻塞干扰。

这些所有的引擎和接口都是在 cRIO-9004 的 RT 上实现。cRIO-9401、cRIO-9215、cRIO-9203 等模块的数据采集是在 cRIO-9104 的 FPGA 上完成的，采集到的数据通过 DMA 传送到 RT 上的数据采集引擎进行降采样、滤波等预处理；ENET-485/4 模块对串口信号的采集，并将数据通过以太网传送到 RT 上的数据采集引擎进行预处理。

不同数据采集终端的硬件配置都有所不同，所采集的物理信号也各不一样，再考虑到将来增加、改变测点，调整系统的可能性，数据采集终端的软件必须是高度模块化，便于开发人员增加新的测点、硬件。模块化的核心在于对不同类型信号采集任务的模块化与规范化，将不同类型的数据采集模块封装成一组具有相同接口的 VI 供上层的数据采集引擎根据各采集终端特定的模块配置文件来动态调用。

GPS 同步采集

为满足大桥模态分析的要求，各数据采集终端需要对大桥的振动信号进行精确的同步采集。对于大桥健康监控系统而言，各数据采集终端的距离都在 100 米以上，传统的主从终端同步采集方案已经不能适用。我们利用基于 cRIO-9401 和 cRIO-9215 的 GPS 同步采集方案可以很好的解决远距离终端同步采集的难题。具体而言，我们为每个数据采集终端配置一个 GPS 接收机，它们分别获取已与卫星同步的 PPS 秒脉冲信号和 GPS 绝对时间信号，并送至对应采集终端的 cRIO-9401 和 cRIO-9104 的串口进行同步、计数和采集。我们在 cRIO-9104 的 FPGA 上构建了一个数字锁相环和同步触发模块，参考由 cRIO-9401 引入的 PPS 秒脉冲信号，经过一系列的锁相、计数和触发机制，确保不同终端上的所有 cRIO-9215（包括 cRIO-9203）在同一绝对时刻以同频同相的采样时钟对大桥的振动信号进行精确的同步采集。

数据存储机制

已有的大桥健康监控系统采集终端的数据存储机制大都设计为保存所有信号通道所有连续的数据，这样一方面带来海量数据的存储和管理问题，另一方面使得用户真正关心的大桥异常信号数据淹没在大量日常的正常信号数据中间，不利于用户对其进行提取和分析。我们将数据采集终端的存储机制设计为人工干预存储、触发存储和间断存储相结合，其中人工干预存储优先级最高，触发存储次之，间断存储优先级最低。用户可以在控制终端通过人工干预存储命令对任一采集终端的任一信号通道进行指定时间段的数据存储；也可以在存储任务配置文件中配置触发存储任务，将某一采集终端上的某几路信号通道与其它采集终端或同一采集终端上的某几路信号通道进行触发存储任务关联。当产生触发任务的若干路信号通道数据满足触发条件时，它将会触发关联的那些被触发信号通道进行指定时间段的数据存储。并且触发存储任务还支持不同的优先级设置以及复杂的触发存储重叠处理机制，确保不会丢失对各触发任务指定的信号数据的储存；用户也可以在存储任务配置文件中配置间断存储任务以完成对各采集终端信号通道日常的正常数据存储，如每小时存储各信号通道 10 分钟的数据。

这样，在间断存储任务的基础上，用户只要合理的配置触发存储任务，在紧急情况下启动人工干预存储，就可以在显著降低日常的正常信号数据存储容量的基础上，完全保存和突出实际关心的异常信号数据，极大的方便了用户对于大桥异常信号数据的保存、提取和分析。该数据存储机制的难点在于不同采集终端信号通道之间的触发存储任务关联的实现。

模块配置和存储任务配置

不同数据采集终端的具体硬件配置都不一样，它们采集的信号种类及数量也不尽相同，但运行于各采集终端的系统软件则完全一致，区别仅在于不同采集终端有自己特定的 FPGA 程序、系统配置文件、模块配置文件和存储任务配置文件。用户在上位机可以利用提供的配置程序，通过对相应配置文件的处理来完成对各采集终端的系统配置文件、模块配置信息和存储任务配置信息的查询和更改设置。

结论

大桥健康监控系统要监测大桥大量不同类型的信号，对于振动信号还需要精确的同步采集。这不仅要求采集终端有很好的开放性和灵活性以集成不同类型的数据采集模块对不同类型的信号进行统一的采集，而且要求采集终端提供高性能的时钟和触发同步功能。同时，恶劣的海洋环境及桥面路况影响对采集终端的健壮性也提出了很高的要求。可以毫不夸张地说，NI的cRIO平台是构建该采集终端的最佳解决方案。

另外，LabVIEW强大的数据采集和信号处理功能极大地节省了采集终端系统软件的开发时间，在LabVIEW RT和LabVIEW FPGA模块的配合下使得采集终端能够实时高质量地完成数据采集、信号处理、数据传送和数据存储的工作，为整个大桥健康监控系统提供灵活、强大的底层数据支持。该数据采集终端的实现和具体应用将是cRIO平台在国内大桥健康监测领域的首次成功案例，对于该领域及其它相关领域的类似应用具有很强的示范性和参考价值。系统中的数据采集终端如图3所示：



图3 大桥健康监测数据采集终端