

通用信号动态测试系统设计与实现

赵茜¹, 张修建²

(1. 华北计算技术研究所, 北京 100083; 2. 北京航天计量测试技术研究所, 北京 100076)

摘要: 为满足某型号地面试验的测试需求与未来发展趋势, 解决以往采集过程繁琐、实时性差、扩展性差等问题, 提出了一种通用信号动态测试系统; 在给出系统体系结构的基础上, 阐述了系统的软硬件组成、软件设计及系统所实现的功能; 系统基于 1394 通讯协议, 编写相应驱动来完成多套系统的通信, 并通过总线将数据传输至控制器上, 根据线性或者非线性处理算法, 计算并显示实际值; 应用结果表明, 该系统运行稳定可靠, 实现了多路输出标准信号的各类传感器及温度传感器数据的同步采集和存储, 采样率可自由设置, 并采取了相应的抗干扰措施, 支持传感器热插拔, 具有通道供电隔离、可靠性高等特点, 大大提高了信号测试系统的能力, 并取得了较好的应用效果。

关键词: 1394 协议; 测试系统; 同步; 数据采集

Design and Implementation of Universal Signal Dynamic Test System

Zhao Xi¹, Zhang Xiujian²

(1. North China Institute of Computing Technology, Beijing 100083, China;

(2. Beijing Aerospace Institute for Metrology and Measurement Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: In order to meet the test requirements and future development trend of a certain type of ground test, solve the problems of tedious collection process, poor real-time performance and poor expansibility in the past, a universal signal dynamic test system is proposed. Based on the proposed system framework, the software and hardware components, the software design and the functions of the system are described. The system is based on the 1394 communication protocol, and the corresponding drivers are written to complete the communication of multiple systems. The data is transmitted to the controller through the bus, and the actual value is calculated and displayed according to the linear or nonlinear processing algorithm. The application results show that the system is stable and reliable, and realizes the synchronous acquisition and storage of various sensor and temperature sensor data of multi-channel output standard signals. The sampling rate can be set freely, and the corresponding anti-interference measures are taken. The system has the characteristics of supporting sensor hot-plug, channel power supply isolation and the high reliability, which greatly improves the capability of the signal testing system. Finally, the system has achieved good application effect.

Keywords: 1394 protocol; test system; synchronization; data gathering

0 引言

近年来, 随着型号研制的不断深入, 对试验测试的需求随着任务量的增加而越来越高。为满足某型号地面试验的测试需求, 提出了研制新的基于总线的通用信号动态测试系统, 以解决压力、温度、流量等信号动态测试及分布式多测试系统同步采集等问题, 实现多路输出标准电压、电流信号的各类传感器和多路温度通道数据的同步采集和存储, 为型号成功提供基础保障。

本文设计了相应的软件及硬件, 介绍了通用信号动态测试系统的结构方案和功能实现, 并给出软件实现的主要界面和测试结果。

1 系统总体方案

整个系统的具体组成框图如图 1 所示, 基于计算机分布式网络结构建立的试验测试系统, 由硬件采集器与数据采集软件组成。硬件采集器提供了系统数据采集时的硬件平台, 通过建立此硬件平台, 可使用户方便地按照测试任务的要求使用或更换传感器; 数据采集软件用来保证系统稳定可靠地获得和存储传感器采集的数据, 便于后续分析, 并提供友好的系统操作、数据显示界面和通信接口^[1-2]。

通用信号动态测试系统的工作原理如图 2 所示, 具体描述如下:

对于单套测试系统, 传感器感应待测物理量并产生相应的模拟电信号, 电信号数据传输到数据采集仪中的温度或压力采集卡, 进行 AD 转换后转换为数字信号, 控制器中的数据采集软件采集数字信号数据, 显示和存储在控制器中。

收稿日期: 2018-05-07; 修回日期: 2018-06-11。

作者简介: 赵茜(1985-), 女, 河北石家庄人, 硕士, 工程师, 主要从事计算机控制、软件测试技术等方向的研究。

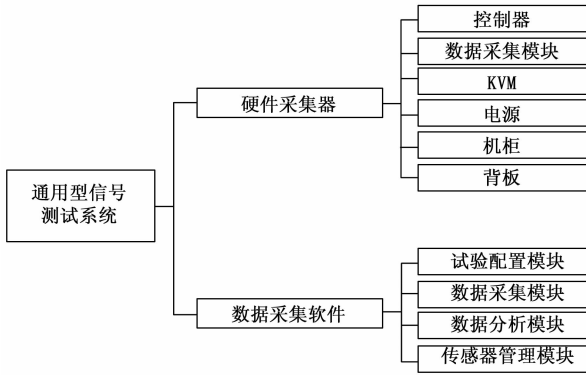


图 1 通用型信号测试系统组成框图

对于多套串联的测试系统,首先通过 IEEE1394 火线将多套设备数据采集仪进行串联^[3],将一台通用信号动态测试装置作为主机,只需设置主机控制器的通用信号动态测试软件,即可以在主机上实现所有温度数据和压力数据的同步采集和存储,通过分布式同步采集技术保持多套系统间数据的采集同步性。

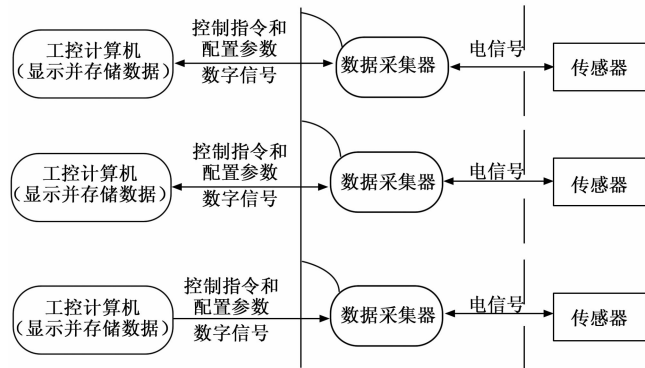


图 2 通用型信号测试系统的工作原理

由于不同的通用信号动态测试系统的采样频率可能有差异,为保证数据在时域位置的一致性,除了保证不同的测试系统开始同步采集外,还要保证不同的系统在确定的分析时间点上数据,即对于系统采集的数据不包含时刻 t_0 的需要通过信号重构,构建出该时刻的数据。该采样数据的实时构建的时间基准依据主机的周期脉冲和从机内 B 的高精度时钟,作为重构函数输出点的位置计算基准,再以当前时刻以前的特定数据点构建重构函数的系数,以此系数结合后续采集的数据重构所需时刻 t_0 的数据^[4]。

系统主要技术参数如下:

- 1) 压力测试通道兼容流量、液位等变送器输出的标准信号 (0~5 V), 每路通道提供 24VDC 激励电压;
- 2) 温度测试通道 (-50~50 mV), 满足 T、K、E 型热电偶测试需求;
- 3) 压力测量精度优于 $\pm 0.2\%$ FS, 温度测量精度优于 ± 1 K;
- 4) 采样率可自由设置, 每通道最大采样速率不小于

10 kHz;

- 5) 通道共模抑制比大于 80 dB。

2 系统软件设计

本系统软件能够根据传感器连接情况方便的设置使用的通道及根据信号类型自动选择合适的调理模块及通道,可以自由的设置采样频率,可以实时的显示所需信号的曲线,并定时更新显示相应通道的即时数值,能够将采集到的数据进行存储和回放,可以将传感器灵敏度设置信息、试验项目、操作者等输入的信息进行保存以便下次调用,可以通过以太网将数据上传到控制器。

为了有效的保证系统的可靠性并结合功能实现与设计需要,整个软件的编程采用 NI 图形化的编程环境 LabVIEW 实现, LabVIEW 集成了众多采集卡硬件的驱动程序,其独特的图形化开发环境简化了与测量设备的接口,并提供了对于第三方软件的驱动支持,具有良好的灵活性和可扩展性^[5]。

2.1 软件功能设计

测试系统软件须具备基于 IEEE1394 火线的通信、控制和数据采集功能^[6-7],具体功能细化如下:

- 1) 参数设置功能 在此功能下,可以灵活设置传感器通道及相应的信号输入类型,自由设置采样率,设置传感器零点校准等参数;可以将配置过的参数保存形成单独的配置文件,以供查询和调用。
- 2) 数据显示功能 用于实时显示各通道对应的测量曲线,同时要定时更新显示相应通道的数值,此数值要以数字型式显示在软件界面上,数据以通用格式 (TDMS 文件) 进行存储。
- 3) 过程控制功能 用于整个数据采集中的启停、外触发、同步、数据的存储等控制。
- 4) 数据分析功能 用于读取已保存过的数据文件,对该数据文件进行数据回放和曲线显示,对回放的曲线可以进行放大、缩小等操作,从而更具针对性地观察和分析比较感兴趣的数据段。
- 5) 数据导出功能 应具有 Excel、文本文件等通用数据文件接口,试验数据可按时间和测点选择导出;还需具备数据文件的格式转换功能,可以将数据文件由一种格式转换为另外一种格式并导出。

2.2 软件结构设计

通用型信号测试系统软件主要由试验配置模块、数据采集模块、数据分析模块和传感器管理模块组成,其系统组成如图 3 所示。

- 1) 试验配置模块结构设计:

试验配置模块主要用来设置本次试验的参数,以及记录本次试验项目的相关信息。该模块可以修改某个通道的参数,如输入信号类型、量程、灵敏度、校验有效期等相关参数信息,设置通道的启用状态,所有通道设置完毕即

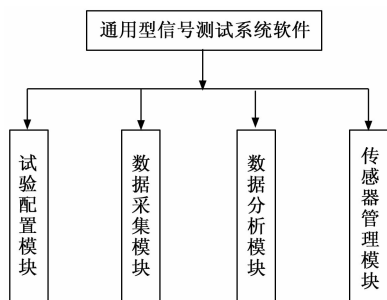


图 3 通用型信号测试系统软件结构图

可保存形成本次试验的配置文件；还可以打开以前保存的配置文件，读取后直接显示于试验配置界面上；根据测量任务的实际情况，修改某个通道的开启状态或其它参数，完成本次试验的参数设置，并保存形成新的配置文件，从而省去了手动输入的麻烦。保存的配置文件可以直接被数据采集模块读取，其参数被加载到硬件上。

2) 数据采集模块结构设计：

数据采集模块由参数读取、过程控制、数据显示和数据保存模块组成。参数读取模块负责读取试验配置文件中的各项参数。过程控制模块用于控制数据采集的参数加载、启动、停止和同步。数据显示模块能够实时显示所选通道的信号曲线和相应的数值，可以通过拖拽的方式选择并显示某个通道的曲线或数据；当多个通道被选择时，会显示每个通道的采集数据和曲线，可以看到多条曲线同时显示。数据保存模块负责把采集到的数据统一存储为 TDMS 文件，以及记录采集数据的时间。

3) 数据分析模块结构设计：

数据分析模块包含数据回放、分析处理和数据导出等功能。该模块可以选择已经保存的历史数据进行读取和回放，在界面上有专门的区域显示该段数据的曲线，可以同时显示两次不同测试试验中同一采集点的数据，可以选择显示的通道，还可以选择显示的数据段，方便进行不同通道之间数据的比较，可以将选择的通道数据或数据段另存为单独的数据文件；可以对曲线进行放大、缩小等操作，并自动求出数据曲线段的平均值、最大值和最小值，以方便用户观察并分析感兴趣的数据。

4) 传感器管理模块结构设计：

传感器管理模块包含数据查询、数据修改和数据保存等功能。该模块可以录入并保存不同传感器的各项参数，方便管理和查阅；可以设置不同的查询条件，查询出满足条件要求的传感器信息，以供用户调用或修改；如果想要修改某项传感器信息，需要通过查询模块查询到待修改的传感器，修改其中的参数并保存到数据库中。

3 系统的具体实现

硬件采集器选用的是 HBM 公司的 Quantum X 系列数据采集仪，实现桥路、电压、电流等多种信号的采集，通

用性极强，具备一定灵活性和扩展能力，通过火线实现多个机箱的级联及同步。

用于采集温度信号的采用通用型采集器 MX840A，8 通道同步数据采集卡，19.2 kHz 采样率/通道，24 bit 精度，内置硬件滤波器，输入电压范围为 $\pm 100\text{ mV} \sim \pm 60\text{ V}$ 。可直接连接 8 种热电偶。用于压力信号采集的数据采集模块采用 MX1601 标准数采器，16 路同步通道，19.2 kHz 采样率/通道，24 bit 精度，内置硬件滤波器，输入电压范围为 $\pm 100\text{ mV} \sim \pm 10\text{ V}$ ，由于，后 8 个通道的电压比前八个通道的电压低 1 V，需要配备单通道直流稳压电源，以便给后 8 路通道提供 24 V 电压。

采用基于动态重采样的高精度分布式信号同步采集技术，可使多测试系统间信号采集同步精度可达微秒量级，极大地方便了用户使用，提升了同步采集精度。

多个数据采集功能模块通过 HBM 的 BXP 背板集成在一起，该背板能够同时集成 9 个功能模块，板卡之间通过火线与控制器连接起来，采集软件实现数据采集模块的参数设置，数据的采集、显示和存储等功能。另外，对传感器供电采用电源隔离模块进行有效隔离，摆脱各通道之间的信号干扰^[8]。

软件的部分界面见图 4、图 5 所示。首界面提供了 5 个功能模块界面入口分别为“试验配置”、“采集显示”、“数据分析”和“传感器管理”模块。当有试验任务时，首先进入“试验配置”模块输入“试验型号”、“试验名称”、“采样率”等信息，所有的通道参数设置完成后，保存形成一个单独的配置文件。参数配置完成后，进入数据采集模块，首先打开本次试验的配置文件，即开始采集数据，通过选择不同的通道，或者拖拽不同的通道到显示区域，即可显示该通道采集的数值和相应的曲线。在数据分析模块中，可以打开已经保存过的历史数据，并显示出相应的曲线；为了便于观察曲线，还提供了对曲线的放大、缩小和抓取操作；可以选择显示的通道和某个时间段的数据并另存为单独的文件。另外，传感器管理模块存储了所需的传感器的各项参数，同时可设置零点校准数据保证采集数据的正确，可以查询、修改和保存相应的传感器信息。

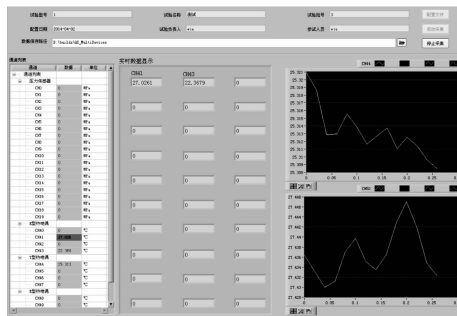


图 4 数据采集界面