

# 基于 LabVIEW & DIAdem 的飞机电源测试系统

张广明, 郑先成, 张晓斌

(西北工业大学 自动化学院, 西安 710129)

**摘要:** 试验环节是产品研制生命周期中的重要环节, 但是一直以来都缺乏有效的管理手段, 在整个测试阶段都存在大量的人为的、重复性的工作, 导致试验效率低下, 为改善这一现状, 提高试验效率, 提出了一种基于 PXIe 数据采集系统, 借助 LabVIEW 和 DIAdem 软件的测试系统解决方案: 以 LabVIEW 控制数据高速同步采集, DIAdem 调用 LabVIEW 模块执行算法分析, 通过软件集成, 实现对测试系统的全面管理, 包括数据采集、数据检索、数据分析、报表生成及整个流程的自动化控制; 以 C919 飞机电源测试系统为介绍对象, 对该套测试系统解决方案进行阐述, 实际测试情况表明, 在数据吞吐率大于 200 M/s 的情况下, 相对传统测试方法, 该测试方案在保证测试精度的基础上, 极大的提高了试验效率, 极大的提高了系统的可扩展性和可维护性。

**关键词:** 飞机电源测试; 同步采集; 软件集成; 自动

## Aircraft Electric Power Source Test System Based on LabVIEW and DIAdem

Zhang Guangming, Zheng Xiancheng, Zhang Xiaobin

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

**Abstract:** The Test process is an important link in the product development cycle, however, there has been the lack of effective management, throughout the testing phase, there exists a lot of artificial, repetitive work which lead to low test efficiency. For the purpose of improve efficiency, an advanced test solution is put forward based on PXIe data acquisition system by hardware, LabVIEW and DIAdem by software; LabVIEW takes control of high speed synchronous data acquisition; DIAdem calls the data analysis function compiled by LabVIEW to accomplish the integration of data acquisition, data playback, data analysis, report generation and the automation of links above. In this paper, the C919 power supply test system is introduced to describe the solution, the test results show that, in the case data throughput is greater than 200M/s, this solution improves test efficiency, system scalability, system maintainability greatly, while accuracy is guaranteed.

**Keywords:** aircraft electric power source test; synchronous data acquisition; software integration; automation

## 0 引言

飞机电源系统是飞机机载设备的重要组成部分。飞机电源系统试验数据管理的最大挑战来自于海量试验数据的分类检索、复杂的算法分析、重复性的操作以及专业报表的生成等<sup>[1]</sup>。如果没有一套有效的测试系统解决方案, 将会导致试验管理人员效率低下, 无法对问题的根源进行追溯。因此有必要设计合理有效的测试方案对飞机电源系统测试进行科学的管理。基于计算机集成制造的理念, 采用虚拟仪器技术, 论文提出了一种高效的试验数据管理方案, 并以飞机电源测试系统为介绍对象, 阐述测试系统的总体设计, 并对同步采集、软件集成、自动化等关键技术做详尽的阐述。

## 1 系统总体设计

飞机电源测试系统的数据量最大可能达 350 MB/s, 为满足高速数据吞吐率的要求, 本系统选用美国 NI 公司的 PXI express 测试总线平台, 测试系统的数据管理工作通过 LabVIEW 和 DIAdem 软件实现。

测试系统的硬件原理框图如图 1 所示, 该测试系统由信号

调理器与传感器、PXIe 数据采集系统 (包括 PXIe 机箱、嵌入式控制器、存储控制器、数据采集模块以及时钟同步卡等)。选择 PXIe-8133 作为控制器, 机箱采用 18 槽 3UPXIe-1075, 数据采集模块为 PXIe-6368 及相关信号调理模块, 通过 PXI-6672 时钟卡实现多机箱时钟同步, 数据存储选择 HDD-8264 存储器。通过以太网交换机实现试验资源共享。

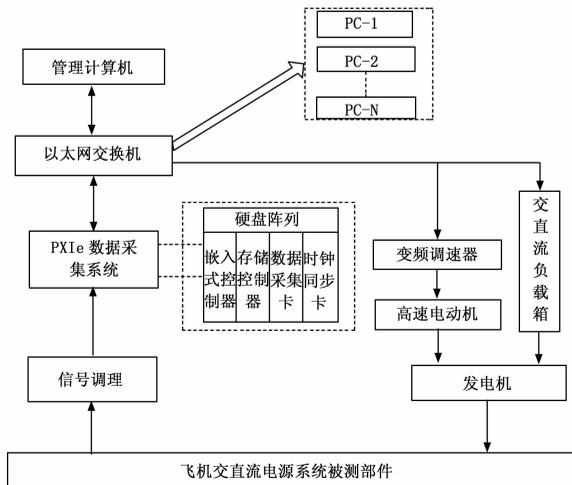


图 1 飞机电源测试系统硬件原理框图

收稿日期: 2015-02-26; 修回日期: 2015-04-20。

**作者简介:** 张广明(1989-), 男, 江苏连云港人, 硕士研究生, 主要从事电气测试方向的研究。

郑先成(1977-), 男, 河南信阳人, 副教授, 主要从事虚拟仪器与分布式测试技术, 嵌入式实时系统设计的研究。

测试系统通过 LabVIEW 和 DIAdem 软件实现对试验数据的管理。图 2 所示为测试系统软件架构, LabVIEW 完成数据

高速同步采集, 实时显示和存储; DIAdem 调用 LabVIEW 分析功能模块, 实现软件集成, 并结合自身的基础数据管理功能, 实现数据检索、数据分析、报表生成的自动化。

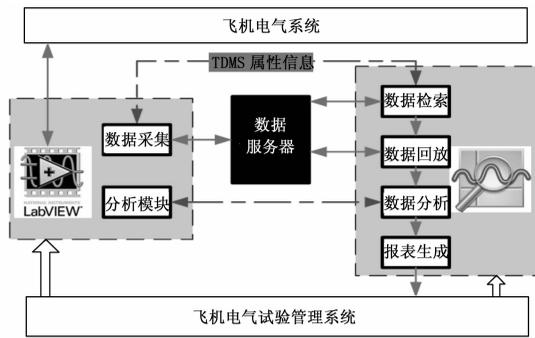


图 2 飞机电源测试系统软件架构

## 2 关键技术实现

基于系统总体设计, 分别阐述同步采集技术、软件集成以及自动化等关键技术的实现原理。

### 2.1 同步采集

数据采集是产品试验必不可少的环节, 不同产品不同环节的测试对数据采集提出了差异化的要求, 因此要求数据采集软件可以根据实际需求自主构建和维护。借助 LabVIEW 软件, 结合 PXIe 数据采集系统, 可以实现复杂的数据采集任务。GJB181A 对测试通道以及测试数据的空间和时间性提出了严格的要求。测试系统包含数套 PXIe 数据采集系统, 为保证测试点严格同步, 需要保证每个 PXI 机箱、PXI 机箱内部以及板卡内部通道之间的同步, 因此开发了机箱同步采集软件, 图 3 所示为主从同步触发原理图, 在同一同步时钟基础上, 当触发外部异步触发信号(给主同步)给主同步装置时主同步装置不会立即产生采样时钟, 而是通过同步路由会在当前同步时钟脉冲的下降沿, 产生一个长度为一个同步时钟周期的同步触发信号(主同步发出)并发送给主从同步触发装置。在同一个同步参考时钟下, 从同步触发装置只能在下一个同步时钟脉冲周期内接收到同步触发信号(从同步装置接收), 而主同步装置也会在下一个同步时钟脉冲开始工作, 这就使得主从同步装置接收到的触发信号在时间上是无差别的。

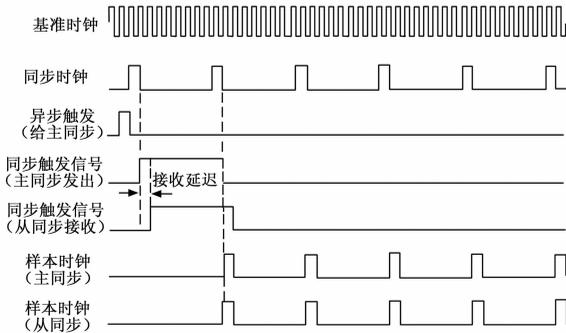


图 3 主从同步触发原理图

图 4 所示为机箱同步流程及实际主从机箱采集数据对比图, 通过时钟模块将主同步卡时钟路由到从同步卡, 这样机箱便有相同的时钟, 利用触发源模块让供电特性测试机箱上的主同步卡发出一个数字信号, 通过同步触发连接模块路由到从同

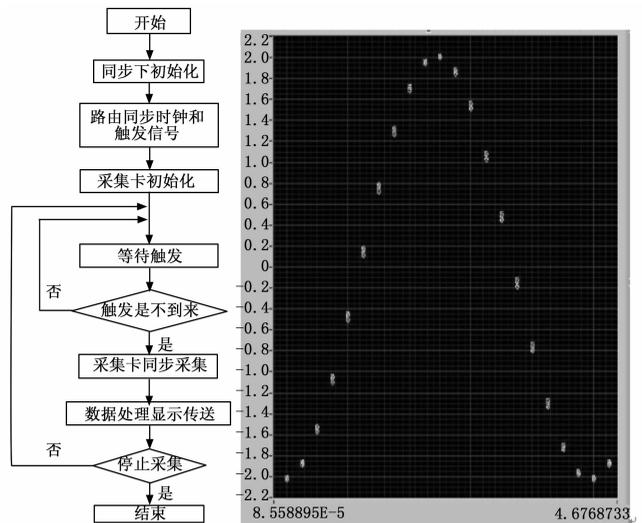


图 4 机箱同步流程及实际采集图像对比

步卡, 通过机箱背板星形触发总线将信号传给采集卡开始同步采集。由实际采集数据放大 0 点观察并计算得出, 2 M/s 采样率下主从机箱误差在 40 ns, 从机箱间误差在 3 ns 左右, 同一板卡不同通道间误差在 1 ns 左右, 完全满足 GJB181A 的要求。

### 2.2 软件集成

GJB181A 定义了对飞机供电特性和对用电设备的要求, 完整的飞机电源试验数据分析功能包括直流稳态、直流瞬态、交流稳态和交流瞬态分析, DIAdem 的编程环境为 VB 脚本语言, 完成全部 GJB181A 分析功能, 模块化编程, 保守估计代码量 > 3 000 行, 开发周期长, 可靠性难以保证, 而在 LabVIEW 图形化编程环境中借助丰富函数及相关模块工具包实现复杂的参数分析任务, 开发周期短, 可靠性和分析精度都相对要高, 因此测试系统解决方案选择在 LabVIEW 中实现数据分析功能, 图 5 所示为飞机电源测试系统数据分析功能模块框图, 数据分析功能模块由交流电源测试数据分析模块以及直流电源测试数据分析模块组成。

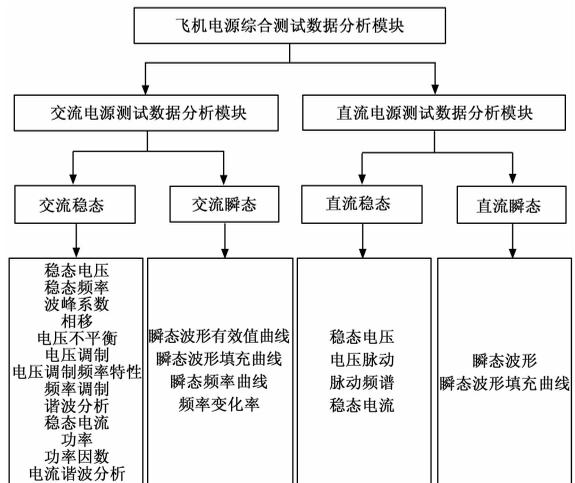


图 5 飞机电源测试系统数据分析功能模块框图

为实现数据检索、数据分析和报表生成等数据管理功能的自动化, 需要在 DIAdem 中调用 LabVIEW 分析功能模块,

这里用到 COM 组件技术。DIAdem 中调用 LabVIEW 分析模块过程如图 6 所示，首先需要将 LabVIEW 分析模块 VI 封装成动态链接库 (DLL) 文件，软件集成要求 DLL 文件符合 COM 标准，然而 LabVIEW 并不支持直接生成 COM 组件，因此需要对生成的 DLL 的输入输出变量以及函数进行 COM 注册。COM 注册有多种方式，本文选择的注册环境为 VS2008 (.NET3.5)，编程语言选择 C#<sup>[4]</sup>。值得说明的是，DIAdem 的 VB 脚本环境读取的通道波形数据不是严格的 double 类型 (double 是 LabVIEW 分析模块的输入数据类型)，因此选择在 VS2008 中再次封装 DLL (已进行 COM 注册)，强制将 DIAdem 波形数据类型转换为 C# 元数据类型 object，又由于 LabVIEW 生成的 .NET 互操作程序集提供的接口定义为标准的 double 类型，因此需要在 C# 中再进行一次强制转换重新变为 double 类型，以符合 .NET 互操作程序集的接口要求。

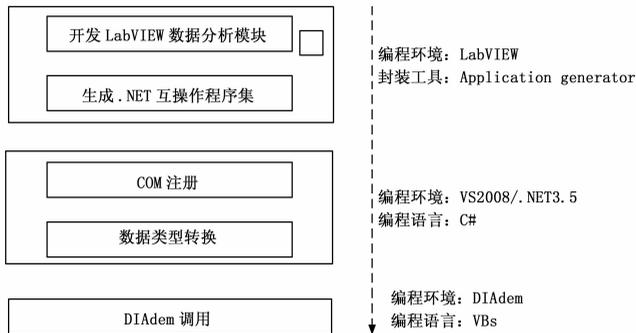


图 6 DIAdem 调用 LabVIEW 分析模块流程

### 2.3 自动化控制

DIAdem 通过 VBS 调用自身数据管理功能和外部程序实现数据检索、数据分析、报表生成等数据管理流程的自动化，简化了试验流程。图 7 所示为 VBS 数据管理流程，选择分析时间段、通道、分析参数以及报表模板，在满足分析参数对通道数量和时间长度的要求下，“一键”批量生成报表。

### 3 实验成果

测试系统包括 3 个机箱，每机箱配置磁盘阵列、嵌入式控制器、信号调理箱各一个；图 8 所示为实际数据管理界面以及某次单相稳态测试报表。

### 4 结论

基于 PXIe 数据采集平台，采用 LabVIEW 和 DIAdem 进行测试管理的测试系统解决方案实现了对飞机电源试验数据的自动化管理，通过时钟同步技术解决了多机箱多通道高度同步采集的问题，通过 COM 组件技术和流程管理解决了软件集成的问题，实现了数据检索、数据分析、报表生成等数据管理功

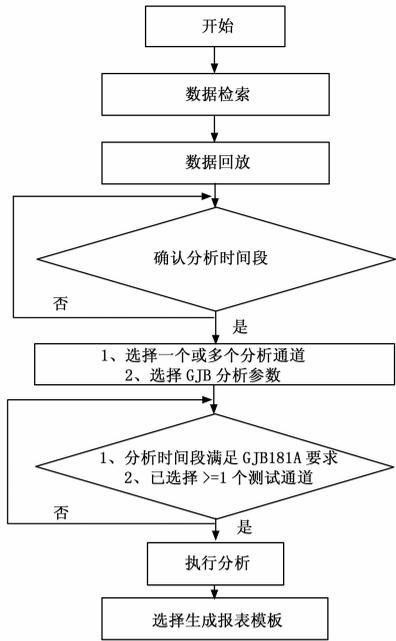


图 7 VBS 数据管理流程



图 8 数据管理界面及某次实验生成报表

能的一体化和自动化。从实验室和现场实际测试效果来看，该数据管理方案很大程度上提高了试验效率，减轻了试验人员的压力，且具备较高的可维护性和可扩展性。

#### 参考文献:

[1] 试验数据所面临的问题与挑战 [EB/OL]. <http://www.hikey-tech.com>.  
 [2] Newtera 试验数据管理解决方案 [EB/OL] <http://www.newtera.com/data-management.shtml>.  
 [3] 梁青阳, 董恩生, 董永贵, 等. 基于虚拟仪器的飞机电源综合测试系统的研究 [J]. 仪器仪表学报, 2007, 28 (12): 2202-2205.  
 [4] 李杰, 林财兴, 谢甘第. 基于 .NET 平台的试飞试验数据管理系统的设计与实现 [J]. 机电一体化, 2006 (3): 003.

(上接第 15 页)

性、维修性和保障性之间的关系，可以用于立项阶段的测试性指标的权衡分析与论证。

#### 参考文献:

[1] GJB2547A-2012. 装备测试性工作通用要求 [S]. 北京: 国防科工委军标出版社, 2012.

[2] 张延生, 黄考利, 陈建辉, 等. 复杂装备测试性指标确定方法研究 [J]. 军械工程学院学报, 2010, 22 (6): 7-10.  
 [3] 钱彦岭, 邱静, 温熙森, 等. 确定系统级测试性参数的广义随机 Petri 网模型 [J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24 (5): 4-7.  
 [4] 邱静, 刘冠军, 杨鹏, 等. 装备测试性建模与设计技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.  
 [5] 苏永定. 装备系统测试性需求分析技术研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2011.