

基于 PXI 总线的电子装备测试系统设计

陈 亮 曹兴冈

(中国航空计算技术研究所,西安 710068)

摘 要 PXI 总线电子装备测试系统是将基于 PXI 总线的虚拟仪器技术,应用于航空电子装备的测试。针对航空电子装备的测试需求、系统开放性和可扩展的要求,设计研制了一套基于 PXI 总线的检测设备。详细说明了基于 PXI 总线的电子装备测试系统的硬件构成和软件设计方法。该系统以 PXI 内嵌主控计算机为核心,以 LabVIEW 软件为开发环境,并综合运用标准接口和总线技术来实现系统的综合设计。通过设计测试证明该系统方案切实、有效。

关键词 PXI 总线 电子装备 测试系统

中图法分类号 V243; **文献标志码** B

随着航空电子技术的全面提升和综合化军用电子系统的迅速发展,航空电子装备的生产和测试对测试技术的要求越来越高。不仅测试内容和测试对象日趋复杂,对测试速度和用户的要求也不断提高。因此传统的人工测试已经不能适应实际测试的需要,而采用自动测试系统成为必然的选择。

自从 PXI 总线技术诞生以来,PXI 总线高带宽、低延时的特点非常适合于组建自动测试系统。PXI 总线是 PCI 总线的一种扩展形式,它以极低的价格提供了其他价格昂贵测试平台上高精度仪器才具有的同步、定时特性,满足并行测试的更高要求。主要应用在仪器及自动化领域,它有现成的功能模块可以利用。通过软件兼容性设计与修改,用户可以使用自己熟悉的工具及开发环境,快速开发出复杂的测试应用程序。

本文介绍一种基于 PXI 总线的航空电子装备测试系统,该系统通过虚拟仪器编程语言 LabVIEW 完成测试程序集(TPS)的开发,实现对航空电子装备的测试。既能缩短设备的开发周期,开发出界面友好的测试软件,又使测试系统具有良好的模块性、

移植性、扩展性和维护性。

1 系统总体方案设计

通常把以计算机为核心,在主机程序指令的控制下,为自动完成某种特定测试任务而组合起来的测量仪器和其他设备的有机整体称为自动测试系统,简称 ATS(automatic test system)。ATS 通常包括自动测试设备(ATE)、测试程序集(TPS)和测试环境(TE)³大部分。通过三者的结合,自动完成被测单元的性能检测、数据分析处理、故障识别与定位等^[1]。

传统的测试方法采用分立仪器搭建测试系统,测试效率低,测试成本高,可靠性差。虚拟仪器测试是在以计算机为核心的硬件平台上,利用 IO 接口设备(PXI 模块、VXI 模块、GPIB 仪器、串口仪器等)完成信号的加载、采集与调理,结合可视化开发软件完成硬件配置、用户界面设置、信号数据分析、波形显示和数据记录,从而完成各种测试功能的一种计算机仪器系统。

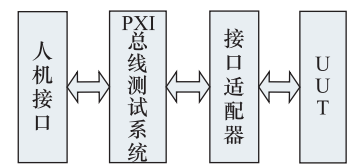


图 1 系统总体结构框图

2011 年 8 月 23 日收到,8 月 26 日修改
国家自然科学基金
基金(51077125)资助
第一作者简介:陈 亮(1980—),男,陕西西安人,硕士研究生,工程师,研究方向:计算机应用。

1.1 人机接口

人机接口的功能是实现操作人员和测试系统的双向通信。常见的形式为,操作人员用键盘等输入设备向测试系统输入信息,测试系统将检测结果和操作提示等有关信息送到显示器显示。如果需要打印检测结果时,人机接口可配备打印机。

1.2 PXI 总线测试系统

本系统方案设计采用 PXI 总线模块作为主要硬件平台,PXI 控制器模块作为整个系统的主控计算机,是自动检测系统的核心部件,通过运行测试软件,控制测试过程,接收测试结果,进行数据处理,并与其他外设相连接。

1.3 接口适配器

接口适配器实现测试设备和被测对象(UUT)之间的信号连接,它把仪器资源分配给被测对象的各个管脚,完成对被测对象施加激励和测量工作。适配器主要包括控制模块、转换模块和调理模块。接口适配器应具有以下的功能:

- ① 连接并固定相应的 UUT,并分配测试资源管脚;
- ② 具有适配器防差错功能;
- ③ 具备对输入/输出信号的初步处理和调理功能。

2 系统的硬件设计

PXI 总线测试系统是以 PXI 标准总线仪器模块与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。自动测试系统硬件设计是 ATE 机体设计,ATE 的机体设计主要考虑测试资源的需求,然后按需选择基于 PXI 总线技术的货架产品。硬件系统主要包括 PXI 控制测量系统、适配器接口以及其他相关附属硬件设备等。其中 PXI 控制测量系统负责控制测试系统工作,测量其输出信号,将测试数据进行采集存储,适配器接口主要是完成被测对象(UUT)与 PXI 总线接口系统之间信号的转接、变换及放大,并能提供状态信息显示、电路保护和人工调控接口^[2]。根据对被测件信号类型和特点进行分析,确

定系统硬件配置如图 2 所示。

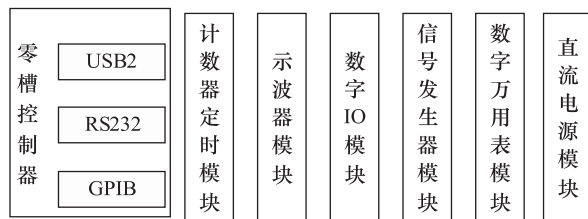


图 2 系统硬件组成

具体硬件配置如下:

(1) NI PXI—1045 PXI 机箱,机箱选择 NI 公司的 8 槽 PXI 机箱。该机箱适用于实时、自动化测试及数据采集(DAQ)的应用;

(2) NI PXI—8196 嵌入式 PXI 控制器(零槽控制器),零槽控制器具有 USB2.0、GPIB 和 RS232 等接口,能够与各类数字式仪器进行通信,通过 PXI 总线对各 PXI 测试模块进行控制和交换;

(3) NI PXI—6608 计数器/定时模块,产生特定周期频率波形,完成对数字信号测试;

(4) NI PXI—5122 示波器模块,用于测量信号幅度、正负脉冲宽度、频率、周期以及采集信号,实时显示等;

(5) NI PXI—6509 数字 IO 模块,用于产生模拟仿真波形数据;

(6) NI PXI—5401 信号发生器模块,用于产生被测对象(UUT)数字 IO 状态置位;

(7) NI PXI—4060 数字万用表模块,用于测量信号电压(包括直流、交流)和频率;

(8) NI PXI—4110 直流电压源模块,产生待测件的供电电压。

适配器接口是该系统中完全自主设计研发的部分,亦是关键的组成部分。其采用总线模块化结构,测试时根据被测对象(UUT)选用不同的适配器组件,以完成对不同信号的转接控制。总线板通过底板总线,连接 PXI 测试系统和被测对象。测试适配器设计时以最简化和无源化为原则,可以针对不同的被测对象,按照统一的准标准设计不同的功能模块,将系统资源直接连接到系统面板上,降低了因信号内部转接造成的干扰,并具有保护 PXI 板卡

的功效。通过采用适配器接口实现转接控制系统的通用化、系列化、模块化,可以缩短自动测试系统的研制周期,减小开发成本,提高可靠性和可维修性。

3 系统的软件设计

软件设计是系统的核心,是最能体现系统功能和特性的平台,软件结构和用户界面的设计好坏对整个系统的性能指标有直接的影响。在软件设计中,该自动测试系统采用了通用测试软件框架,满足不同被测对象对测试软件的设计要求。不同被测对象的测试系统,只是测试模块的类型和资源配置不同,而测试软件框架中的其他部分不变^[3]。

该自动测试系统采用美国 NI 公司的 LabVIEW8.6 开发工具实现。LabVIEW 软件是一个基于 G 语言(Graphics Language,图形化编程语言)的图形化开发环境,主要用于自动测试系统的软件开发。它内置信号采集、测量分析与数据显示功能,将传统的编程语言包装为易于使用的图形编程语言,具有界面设计直观灵活,数据库操作简单、执行速度快,具有强大的函数模块库,是广泛的被工业界和研究实验室所接受的数据采集和仪器控制软件^[4]。

测试程序流程设计主要依据系统单元测试原理来进行,每个程序模块由主程序和若干功能子程序模块组成。当改变待测件 UUT 或者测试项目时,只需由测试软件调出相应程序模块的主程序即可,而公用的子程序模块则无需重新编程,从而提高软件的开发效率、可移植性和系统的可靠性。系统软件如图 3 所示。

测试系统中与待测件 UUT 有关的信息均存储在数据库系统中,数据库存储测试所需的各项参数(模块性能判据的指标参数、信号调理模块的参数配置、测试通道的配置和测试的流程顺序等),并保存各项测试的结果。

(1) 系统资源配置模块。主要负责仪器资源配

置和测试通道的选通,根据任务属性设置数据库提供的任务编码,结合通道配置数据库中的信息,选通和配置测试通道和仪器资源,并调用相关的仪器驱动,对仪器资源进行初始化工作。如系统无法完成自动配置,通知测试人员使用手动方式完成系统资源的配置。

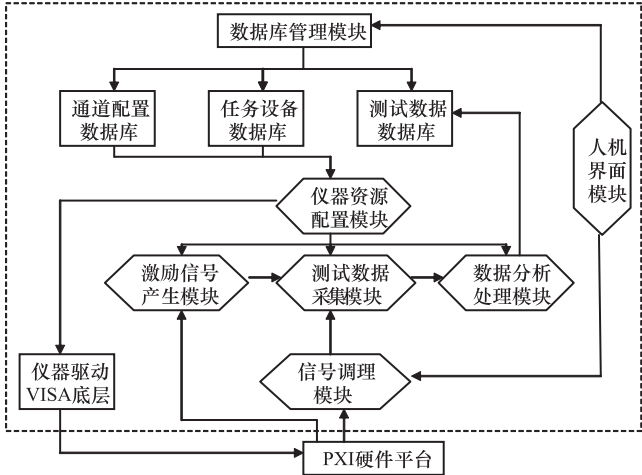


图 3 软件结构框图

(2) 激励信号产生模块。测试中 UUT 所需要的激励信号应由测试设备产生。

激励信号产生接受系统资源配置模块传递来的测试激励信号信息,控制相应的板卡,为测试设备提供信号激励。

(3) 信号调理模块。完成信号调理电路的选择,依据任务设置数据库中的测试参数属性,将测试程序中所申请定义的虚拟资源逐个进行分配,把虚拟仪器的引脚与物理仪器的引脚对应连接,实现虚拟仪器与物理仪器之间的对接。

(4) 测试数据采集模块。利用配置号的测试通道和仪器资源对设备进行数据采集。实现对被测设备的检测功能,并向数据分析处理模块传送测试数据。主要为基于 PXI 和 GPIB 标准的测试仪器和总线架构。

(5) 测试数据分析处理模块。将采集到的数据在后台进行分析和处理,以直观的形式呈现给测试人员,并按照设定的数据结构存储到测试数据库中,方便进行查阅或者故障诊断。

(6) 数据库管理模块。采用 ODBC 开放式数据库连接应用程序接口和 SQL 查询语言对 ACCESS 数据库进行访问、管理和维护工作,使用负载平衡和容错处理技术保证系统运行稳定可靠。

(7) 人机界面模块。人机界面模块是一个调度、显示程序,从数据库中取出测试流程,通过对测试流程的管理完成测试,将测试结果显示并存储到数据库。

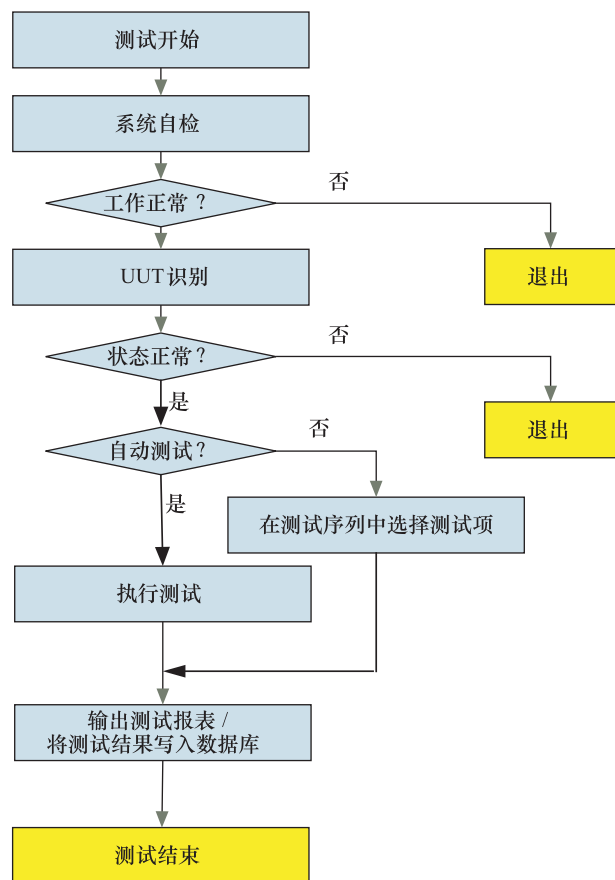


图4 测试软件的主程序流程

系统的测试流程为:自动测试系统上电后完成自检,自检正常后选择待测项目及设备型号,从数据库中读取通道和信号调理模块设置参数,对测试通道和调理模块进行配置,依据仪器资源信息进行仪器选择,从激励信号产生模块读取激励信息进行配置,使用设置的激励信号,进行数据采集、分析处

理,再将结果存储到数据库,供测试人员查阅或进行故障分析处理。测试软件的主程序流程如图4所示。

程序模块主程序实现流程的设计作为整个测试软件运行的框架,可以扩充到同系列不同型号的平台系统。对同一系列不同型号的平台系统,依据其硬件仪器模块编写相应的程序功能模块,由主程序对各自功能程序模块的调用实现测试^[5]。在测试中通过自动测试菜单进行选择,完成不同型号的UUT测试。由主程序完成初始指令读取、调用相应功能子程序来实现对应项目的测试。以测试程序模块化的设计思想为基础,实现了测试软件体系结构的系列化、通用化和可扩展性。

4 结论

本文从硬件和软件两方面描述了电子装备自动测试系统的设计与实现,设计的自动测试系统满足电子装备测试功能的所有需求,系统运行情况良好,能同时显示供电电压、波形信号和自测试结果,具有较高的精确度,并具备故障报警和数据储存功能。

本系统已成功应用于某电子系统的测试,具有较高的可靠性和稳定性,不影响装备的正常工作,并在实际测试过程中体现了系统的高效和实用性。

参 考 文 献

- 1 彭顺堂,耿向卫,倪发军,等. 基于 PXI 总线的某装备自动测试系统. 四川兵工学报,2008;(5):83—85
- 2 卢振达,陈建辉,张延生. 基于 PXI 总线的某型导弹数字组合自动测试系统设计. 仪表技术,2009;(4):20—22
- 3 戴鹏飞. 测试工程与 LabVIEW 应用. 北京:电子工业出版社,2006
- 4 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通. 北京:清华大学出版社,2007
- 5 吴国庆,王格芳,郭阳宽. 现代测控技术及应用. 北京:电子工业出版社,2007

(下转第 8265 页)

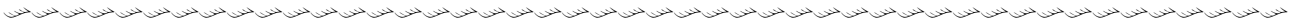
Analyzing and Modeling of the Lunar Exploration Spacecraft to the Earth Station of Satellite TT&C Subsystem Using Least Squares

ZHOU Cheng-gang, LIU Jun, SUN Guo-liang, ZHANG Jian

(China Department of Satellite Marine Track & Control, Jiangyin 214413, P. R. China)

[**Abstract**] Basing on the Lunar Exploration Spacecraft requiring the support of earth-based TT&C system , a new approach is proposed to analyze and model of the spacecraft to the earth-based TT&C systems using least squares. After analyzing carrier wave transmitted between the satellite, the earth station, and it's gain brought by transmit antenna and receive antenna, and various losses brought by space environment. models of Signal-to-Noise and AGC voltage are established and simulated. Through simulation and experimentation, it satisfies the requirement of TT&C and the method is effective and reliable.

[**Key words**] unified S-band wireless channel loss least squares



(上接第 8246 页)

Design of Automatic Test System for Electronic Equipment Based on PXI Bus

CHEN Liang, CAO Xing-gang

(Aeronautics Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, P. R. China)

[**Abstract**] The testing system of PXI electronic equipment is applying the virtual instruments based on PXI bus to aeronautical electronic equipment test. According to the testing mission of the electronic equipment and the requirements of the opening and expansibility, a testing system is designed based on PXI bus. It details on the design idea of hardware and software of the testing system of electronic equipment based on PXI bus. The system designs and realizes the test system which uses PXI in-line computer as its core part and takes LabVIEW software as development environment, and uses standard interface and bus technology to realize the integrate design of system. The design of system is practically valid after actual test and valuation.

[**Key words**] PXI bus electronic equipment test system