

doi: 10.7690/bgzd.2013.05.013

某型弹药制导系统的 LXI 总线自动测试系统

蒋新广, 柳维旗, 姜志保, 刘玉宇

(军械工程学院军械技术研究所, 石家庄 050000)

摘要: 针对目前对某新型弹药制导系统质量状态的检测方法已不能满足需要的问题, 设计一种基于 LXI 总线的自动测试系统。该系统应用虚拟仪器、LXI 总线、数据库等技术, 依据激励信号和响应信号的物理特征, 选用了 LXI 仪器模块, 按照测试软件的功能要求和被测对象的测试需求, 依据模块化和层次化的软件结构编制测试软件。测试结果表明: 该系统具有自动化程度高、性能可靠、操作简便的特点, 能满足制导系统的测试要求。

关键词: 自动测试系统; 虚拟仪器; LXI 总线; LabVIEW

中图分类号: TJ760.6 **文献标志码:** A

Automatic Testing System About Guide System of an Ammunition Based on LXI Bus

Jiang Xinguang, Liu Weiqi, Jiang Zhibao, Liu Yuzi

(Ordnance Technology Institute, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: In order to solve the problem that the existing test devices for certain new type ammunition's guide system are unable to meet the demand, an automatic testing system based on LXI bus is designed. The system applies the technologies of virtual instrument, LXI bus and data base. The LXI modules are used according to the stimulate signals and response signals. According to the test software's performance requirement and the measured objects' test demands, the test software is programmed according to the modular and hierarchical structure. The test result has proved that the system has the characteristics of highly automation, reliable function and conveniently operation and can satisfy the test requirements of guide system.

Key words: automatic testing system; virtual instrument; LXI bus; LabVIEW

0 引言

随着科学技术的发展, 战场条件对弹药性能的要求有了进一步提高, 发展具有制导功能的新型弹药装备部队显得越来越重要。对该类弹药进行质量检测的关键和重点是掌握制导系统电子部件的储存失效规律, 以及研究相应的质量检测技术和设备。

目前, 针对该制导系统的检测系统主要有 2 类: 一种是简易的快速检测仪, 该方法能够检测的部件较少, 并且是定性检测; 另一种检测设备用于生产过程中, 功能单一, 即一种检测设备只能检测某一种制导系统组件。这 2 种方法都不能很好地满足整体分步测试的要求。

随着计算机技术、网络通信技术和虚拟仪器技术的不断发展, 以前独立的虚拟仪器逐渐发展为网络化虚拟仪器。测试系统的发展趋势是将网络技术引入到虚拟仪器技术中, 组建网络化的虚拟仪器测试系统。LXI 总线技术提供了一个很好的网络化测试平台, 其特点是网络化、模块化以及开放化, 在测试领域中, LXI 仪器有着广阔的发展空间, LXI

总线将成为新一代的接口标准总线^[1-2]。

为满足某新型弹药制导系统质量状态检测的要求, 笔者应用虚拟仪器、LXI 总线、数据库等技术, 研制一套基于 LXI 总线的自动测试系统。该系统功能丰富、集成度高, 能够定量测试制导系统组成部件的性能参数。

1 制导系统测试需求

该制导系统采用了新原理、新部件。在制导系统中, 仪器舱和舵机舱分别为制导指令形成装置和指令执行机构, 它们的性能对飞行控制的精确性和响应的快速性有直接影响, 最终决定弹药命中精度。检测制导系统整体及各部件的性能参数, 是对制导系统进行质量分析的重要内容。

由于制导系统组成部件很多, 各个部件的性能指标参数又较多, 因此检测过程中测试部件和测试项目比较多。笔者综合利用虚拟仪器、LXI 总线技术, 组建基于 LXI 总线的自动测试系统。该测试系统能够进行制导系统各部件的性能参数测试, 测试

收稿日期: 2012-11-17; 修回日期: 2012-12-19

作者简介: 蒋新广(1978—), 男, 河北人, 博士, 工程师, 从事弹药贮存特性与质量变化规律研究。

内容全面, 测试程序自动化, 向被测部件提供激励信号来模拟部件的实际输入信号; 能够采集响应信号并定量显示, 能与上下限比较, 判断合格与否, 并生成结果报表。

测试过程中的信号分激励信号和响应信号。激励信号是为了完成某项测试, 需要测试系统向被测部件输入典型或特定的模拟电信号。在测试中, 需要产生各种激励信号, 包括各种幅值的交直流电压、各种频率的方波信号、正弦信号等。

响应信号是被测对象的测试结果信号, 由响应来判断被测对象的质量状态。根据测试不同信号的原理不同, 测试信号可分为如下几种类型^[1]:

1) 用数字万用表测量的信号, 包括电阻值、电流值、直流电压信号、交流电压有效值信号等。

2) 用数字存储示波器采集波形并分析处理的信号, 包括指令信号、时序信号、频率信号等。

2 自动测试系统的构成

2.1 LXI 总线

测试系统总线的发展是测试与测量发展的标志。在自动测试领域, 总线技术经历了 GPIB、VXI、PXI 这几个阶段。从测试仪器的发展历史及趋势来看, VXI 及 PXI 类板卡式仪器由于自身物理结构的局限性, 将逐步退出, 几年前国外主流供货商已不再推出新型号, 板卡类仪器的后续保障是一个问题。

2004年9月, VXI 科技公司和 Agilent 公司联合推出了新一代测试总线技术局域网的仪器扩展 (lan extension for instrument, LXI)。LXI 是基于工业标准以太网技术的测试仪器系统平台。LXI 将各种小型、模块化仪器通过 LAN 连接成网络, 并利用现有以太网标准、LAN 协议、IEC 物理尺寸和 IVI 驱动程序的各方优点, 使高速的 PC 标准的 I/O 成为测试系统的互连平台, 系统的数据传输速率快速提高。LXI 模块化仪器与传统的卡式仪器相比具备许多优势: 1) 集成方便: 专用的 0 槽控制器和专用的机箱不再需要; 2) 模块化和可扩缩性: 没有机箱背板的束缚, 不必限制设备数量; 3) 灵活性强: LXI 的各个仪器既可以综合运行, 又可以单独拿出来使用; 4) 性能更好: 系统吞吐率和传输率很高; 5) 成本低, 寿命长: LAN 接口在所有 PC 上都有配置, 以太网是一项极其稳定的标准^[3-4]; 因此, 笔者采用 LXI 总线构建测试系统。

2.2 测试系统组成

测试系统主要由主控计算机、LXI 测试设备组

合、转接适配器及连接电缆组成。系统组成结构如图 1 所示。

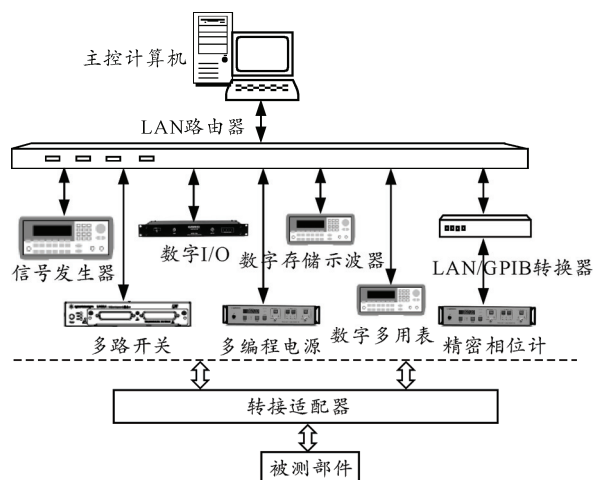


图 1 测试系统硬件组成示意图

整个测试系统的核心是主控计算机。主控计算机提供测试操作人员的操作界面, 控制各 LXI 仪器的工作状态, 分析处理采集的数据, 判定被测参数合格与否, 可以显示、打印结果; LXI 测试设备组合用于激励信号的产生, 对被测对象的数据采集, 具有一定网络通讯功能。LAN 路由器使网络便于拆装和集中管理, 用于对数据信号进行整形再生。

转接适配器提供被测部组件和全弹的连接接口, 用于连接测试设备与被测对象, 对信号进行变换^[5]。测试设备产生的激励信号通过适配器送往被测对象, 测试结果信号也都经过转接适配器送往测试设备内处理。

在对所需激励信号和响应信号按物理特征分类的基础上, 选择 LXI 模块。所选用的仪器模块的测量范围要覆盖每个测试对象的参数, 并有充足的过载余量。

本测试系统主要选用的 LXI 模块包括:

1) N6700B: 可编程电源, 能够提供 6 路输出, 电压为 0~20 V, 电流不小于 3 A。根据测试要求提供被测组件所需要的额定工作电压, 能直接测试消耗的电流和电压。

2) 33210A: 10 MHz 信号发生器, 输出频率范围: 0~10 MHz, 正弦波或方波, 输出幅度(峰-峰值)可达 15 V。系统通过控制信号发生器产生需要的指令信号, 给被测组件输出所需要频率和幅度的正弦波和方波。

3) 34405A: 5½ 数字多用表, 直流电压测量范围: 0~±1 000 V, 交流电压测量范围: 0~700 V,

测试准确度不低于 0.1%，测试精度能够满足被测部件的测试要求。用数字多用表测量电压、电流、电阻等静态电参数。

4) L4421A: 40 通道多路开关，多路开关的作用在于用来多路选择被测信号，送到数字多用表进行测量。用于信号通道之间的转换，实现自动化程度比较高的测试。

5) L4450A: 64 路数字 I/O，数字 I/O 模块用来检测仪器状态和接通或断开系统中的控制信号。

6) DPO4034: 350 MHz 数字存储示波器，4 通道输入，0~350 MHz 带宽，垂直因子不低于 2%，水平因子不低于 3%，能存储超过 1 min 的数据。数字存储示波器用来采集和处理波形数据。

7) HK6620A: 10 Hz~10 MHz 精密相位计，接口形式为 GPIB，其性能指标为频率 1 Hz~10 MHz，测试准确度大于 0.05°。精密相位计用来测试电子装置输出端与输入端之间的相位差。

8) LAN/GPIB 转换器: 利用 LAN/GPIB 转换器将 GPIB 仪器接入 LXI 总线。

LXI 测试系统的扩展能力非常灵活，VISA 是应用软件的核心。当现有仪器资源不足需要扩展时，目前几乎所有的通用仪器都可以与以上平台连接，连接形式可以是 LAN、USB 等。

转接适配器是专门按照制导系统的测试要求设计的，属自研设备。由于各个被测部件的检测信号种类、信号特征、检测接口的路数都不相同，如果不设计一转接适配器，各个测试部件与测试系统的连接就会变得非常繁琐，造成操作复杂，容易出错。因此根据被测部件的接口特征设计了转接适配器，只要用电缆将适配器上相应的接口与被测部件的接口连接，就能实现测试系统与被测部件之间的可靠连接。在转接适配器内部设计有转接调理电路，其作用是将测试系统提供的激励信号在此集中后，按照要求分配到各个被测部件接口上，然后输入到被测部件内。同时，将被测部件产生的被测信号经过它的调理后输入到测试系统的信号采集输入端。

3 软件设计

LXI 总线支持 2 种测试模式：一种是 C/S(客户端/服务器)模式，客户端通过 IVI-COM 对 LXI 仪器进行访问和控制；另一种是 B/S(浏览器/服务器)模式，客户端安装一个浏览器，输入 LXI 仪器的 IP 地址，相应仪器的主页面就能直接访问，并实施远程控制。

在 C/S 模式中，IVI-COM 仪器协议在客户端和 LXI 仪器之间建立一条通讯通道，客户端运行测试控制软件，LXI 仪器端的应用程序接收相应的服务请求，执行相关操作，然后返回结果给客户端。IVI-COM 仪器协议采用标准的应用程序接口(API)。通过 C/S 模式构建的测试系统，可获得比较好的测试性能，能满足并行测试的需求^[2,5]。根据上面的分析及实际需要，笔者采用 C/S 模式。

3.1 虚拟仪器软件结构

根据 VPP(VXI Plug&Play, 简称 VPP)系统规范的定义，虚拟仪器系统的软件结构应包含 4 部分^[6]，如图 2 所示。

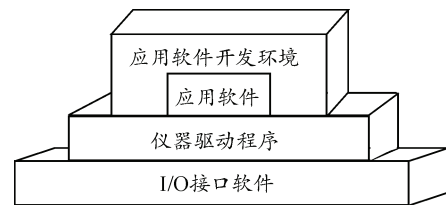


图 2 虚拟仪器软件体系结构

1) I/O 接口软件：对测试系统硬件部分直接驱动，使系统各部分通过 LXI 总线连接起来形成一个的完善测试系统。它是存在于仪器驱动程序与仪器(即 I/O 接口设备)间的底层软件层，完成对 LXI 作测试与控制、对仪器内部寄存器单元进行直接存取数据操作并为仪器与仪器驱动程序提供信息传递。

2) 仪器驱动程序：完成在 Windows 操作系统下仪器的驱动和连接。符合 IVI 规范的驱动程序和 VISA 资源名必须被所有 LXI 仪器提供和支持，这使得在底层硬件变化时，用户不用改变上层的驱动程序，实现了底层仪器的可互换性和可互操作性。这极大地方便了 LXI 总线仪器的开发。

3) 应用软件：是整个测试系统的测试控制程序，可以控制 LXI 仪器，实现信号发生、采集，通过一系列分析处理程序，实现数据存储、分析处理，能够生成结果报表，可以显示和打印报表等。应用软件通过虚拟面板实现人机交互，各项测试通过点击虚拟面板上的按钮就能完成。

4) 应用软件开发环境：选择的是 NI 公司的基于图形化工程环境的 LabVIEW，它提供了仪器驱动程序、虚拟仪器的控件、数据库工具软件包、丰富的数据处理分析函数。通过 LabVIEW 的 SQL、DataSocket 软件，网络化测试环境的建立变得非常容易。LabVIEW 可以使程序设计简化，效率提高^[7]。

在具体的实现过程当中，对测试系统的每个单

元模块和功能部件规定其特有的仪器识别地址并保存在磁盘中, 实行统一的资源管理, 应用程序在调用该仪器时可以直接访问该仪器在磁盘中保存的地址。这就意味着如果要更换该仪器设备, 不需要重新编写应用程序, 或者在改变仪器地址时只要改变配置文件就能完成对设备的调配与管理。

3.2 测试应用软件设计

在虚拟仪器中, 整个测试系统的关键在于软件, 硬件用来提供信号的输入输出。用户可以通过修改软件来调整测试系统的功能与规模^[8]。

测试软件的设计思想是模块化、层次化、功能化和开放化, 并符合 VISA 标准, 这便于维护和扩充软件^[6]。软件独立的模块包括功能函数、测试流程和分析处理程序, 由主控程序控制各程序模块的相互调用和连接。

测试软件框架由 2 个层次组成: 一个层次是用户界面, 可以选择测试项目、显示测试结果及进行人机对话, 有主用户界面和子用户界面; 第 2 个层次是测试程序, 控制各 LXI 仪器模块完成测试。测试程序包括主控模块、自检模块、信号产生模块、信号采集模块、数据库模块等, 其他的测试模块由主控模块调用, 完成信号产生、信号采集、数据处理、结果显示等功能。测试软件结构如图 3 所示。

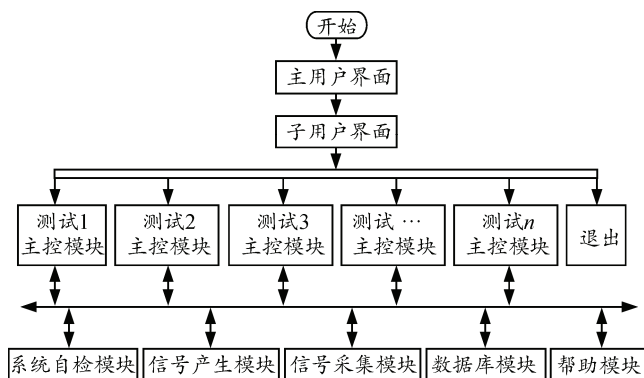


图 3 测试应用软件结构示意图

1) 测试主控模块: 测试时, 依据被测对象的测试方法和步骤编制的测试主控模块调用其他功能模块, 完成整个测试的控制和各项测试任务。

2) 系统自检模块: 在进行正式测试之前, 测试主控模块调用自检模块来检查系统的各个硬件是否正常。在判断硬件通道电气连接时, 各硬件通道被自检模块输入检测信号并返回一状态值, 由该状态值来确定连接是否正确。没有自检, 或自检不合格, 虚拟面板上会显示变灰无效的操作按钮。

3) 信号产生模块: 测试时需要的激励信号由该模块产生。当主控模块调用该模块时, 只需把信号的特征值(类型、幅值和频率等)从对应的接口输入到该模块, 就能产生所需的波形信号。

4) 信号采集模块: 不同测试通道的电压、电流、电阻、频率和波形数据可由该模块采集。该模块的通道切换配合按照模块测量功能和通过多路开关来进行, 从而连接测试模块和相应的测量通道。同时, 相应的数据处理也由该模块按测试方法完成。该模块也具有数据库接口, 采集的数据也能够通过接口由软件的其他模块读取。

5) 数据库模块: 每次测试的各种分散的数据由该模块相关连起来, 形成一个有机的整体, 保存和管理也是以数据库的格式, 便于测试数据的长期保存和调用。各个参数的上下限值也存储在数据库模块中, 主控模块通过调用该模块, 与上下限值比较, 判断参数是否合格, 然后将结果返回用户界面。

6) 帮助模块: 该模块可以使测试系统的主要功能被用户了解, 帮助用户熟悉操作方法和流程。

软件通过采用这种结构, 使其通用性、扩充性和维护性都较强。

自动测试系统的主用户界面如图 4 所示, 界面上的按钮有各个部件的名称, 测试时, 点击某一部件名称按钮, 就会进入该部件测试的子用户界面。如点击电子装置按钮, 就能进入电子装置测试界面, 如图 5 所示。部件测试子用户界面有自检按钮、开始按钮、保存按钮和动态显示区等。测试开始后, 各个参数的测试值和上下限值实时显示在动态显示区, 并用指示灯表示测试参数是否合格。如果测试值在上下限值范围内, 指示灯显示为绿色, 表示合格。用户只要按照提示点击用户界面上的按钮, 测试任务就能自动完成, 生成结果报表。实际使用表明, 该测试系统测试界面友好、自动化程度高。

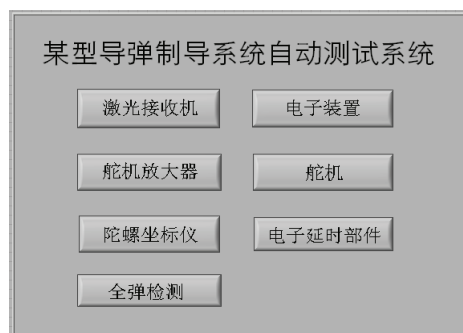


图 4 主用户界面