

基于 Visual C++ 的光纤陀螺多参数自动化测试系统

赵亚飞, 宋凝芳, 杜士森, 蔡 伟

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院, 北京 100191)

摘 要:设计了一套基于 Visual C++ 的光纤陀螺多参数自动化测试系统, 包括 USB 接口通信、数据实时显示和存储、数据自主分析、自动生成 Word 测试报告 4 个主要功能模块。USB 接口通信模块主要完成基于 USB 接口的数据采集(采用可编程阵列(FPGA)和 USB 控制芯片实现), 并将数据传输至 PC 机; 数据实时显示和存储部分利用 NI 公司的 Measurement Studio 插件实现, 主要用于实时显示陀螺数据及数据存储; 数据自主分析部分实现了针对光纤陀螺数据的特征分析; 自动生成 Word 测试报告部分实现了针对光纤陀螺多种参数的自动化的计算及测试报告生成。该系统目前已应用于光纤陀螺生产研究中, 经多次测试, 结果证明其自动化程度高, 性能稳定。

关键词:光纤陀螺; 多参数; 自动化测试; Visual C++

中图分类号:TP29; TN253

文献标识码:A

Automated Testing System of Multi Parameters of FOG Based on Visual C++

ZHAO Yafei, SONG Ningfang, DU Shisen, CAI Wei

(School of Instrument Science and Opto-electronics Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: An automated testing system of multi parameters of FOG based on Visual C++ is developed. The system consists of four functional modules: USB communication, data storage and real-time display, data self-analysis and automated word report getting. The USB communication module is realized to get data from the USB port (realized by FPGA and USB controlling chip) and send it to the computer; the data storage and real-time display module is mainly realized by Measurement Studio developed by NI, which is used to display and store data; the data self-analysis module is used to get the data character we care; the automated word report getting part makes it easy to get results of parameters of FOG and form the testing report. The presented system has been used and tested repeatedly in the production and research of FOG. Results show that it has high degree of automation and reliable performances.

Key words: fiber optic gyroscope; multi parameters; automated testing; Visual C++

0 引言

光纤陀螺是一种新型的具有广泛应用前景的全固态惯性仪表^[1-4], 用于敏感载体相对于惯性空间的角运动, 以其定位精确, 启动快, 与重力加速度无关等独特优点^[5], 广泛应用于民用和军用等各种导航系统中。光纤陀螺从研制到生产需要经过大量的性能测试, 测试项目多, 测试时间长, 工作量大一直是测试人员面临的主要问题; 且在单调、冗长的测试过程中, 很可能会由于工作人员的个人疏忽和经验缺乏对测试结果产生不良影响。因此, 具备较少人工

干预、较自主判读和自动化数据处理等特点的自动测试系统对光纤陀螺的研制和生产十分必要。

本文设计了一种基于 Visual C++ 的光纤陀螺多参数自动化测试系统。系统主要有以下特点:

1) 使用 Visual C++ 完成上位机用户界面开发, 针对数据采集、数据显示和存储、数据自主分析、参数计算及生成测试报告设计了自动化测试流程, 自动化程度较高。

2) 设置了 4 个采集接口, 可同时测试 4 个单轴或 1 个三轴或四轴一体化陀螺。

收稿日期: 2012-11-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61203187)

作者简介: 赵亚飞(1987-), 男, 河北省石家庄市人, 硕士生, 主要从事光纤陀螺信号采集测试及信号处理的研究。E-mail: zhaoyafei8787@163.com。宋凝芳(1968-), 女, 研究员, 博士生导师, 主要从事 GPS/INS 组合导航、光纤陀螺、空间光电等领域研究。

3) 测试参数覆盖国军标^[6]全部参数,并能对其他环境模拟实验下的参数进行测试。

4) 转台和温箱控制使用独立操作界面,使得系统具备较好的兼容性。

1 光纤陀螺自动化测试系统整体设计

1.1 光纤陀螺自动化测试系统需求分析

通过对光纤陀螺^[7-8]研发和生产过程的需求分析可知,光纤陀螺自动化测试系统应具备以下特点:具备多参数选择方案,测试人员可自主选择待测参数;具备数据的实时显示及存储功能;具备数据的自主分析功能,能给出直观的数据特征分析结果;具备参数的自主计算,能生成便于使用的测试报告;整个测试流程较少人工参与,能实现从初始化完成直到最终生成测试报告无需人工参与^[3]。

1.2 光纤陀螺自动化测试系统整体设计

本测试系统在充分分析光纤陀螺自动化测试系统需求后,确定测试系统整体工作流程如图 1 所示。

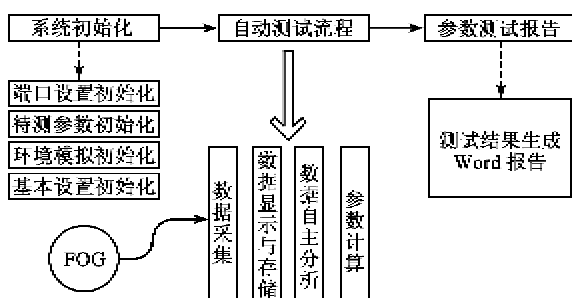


图 1 测试系统整体工作流程示意图

2 光纤陀螺自动化测试系统实现

2.1 测试系统自动化测试流程概述

图 2 为本测试系统自动化测试程序流程图。由图可见,测试过程中,首先开启软件界面,进行系统初始化,主要包括 USB 接口初始化,完成 USB 接口的设置;待测参数初始化,完成测试参数的选择,不同的测试参数对应已设置好的不同的处理流程;环境模拟初始化,完成温箱和转台的设置;基本设置初始化,完成陀螺型号、采集时长等基本设置。在完成初始化后,点击开始按钮,系统即进入自动化的处理流程,根据初始化中设定的待测参数进入不同的处理流程,首先自动完成针对不同参数的采集时长、采集次数的控制,接着对采集的数据进行自动化的实时显示和存储,之后对数据进行自主分析,并在作图窗口予以显示,最后完成相应待测参数的计算及测试报告的生成。

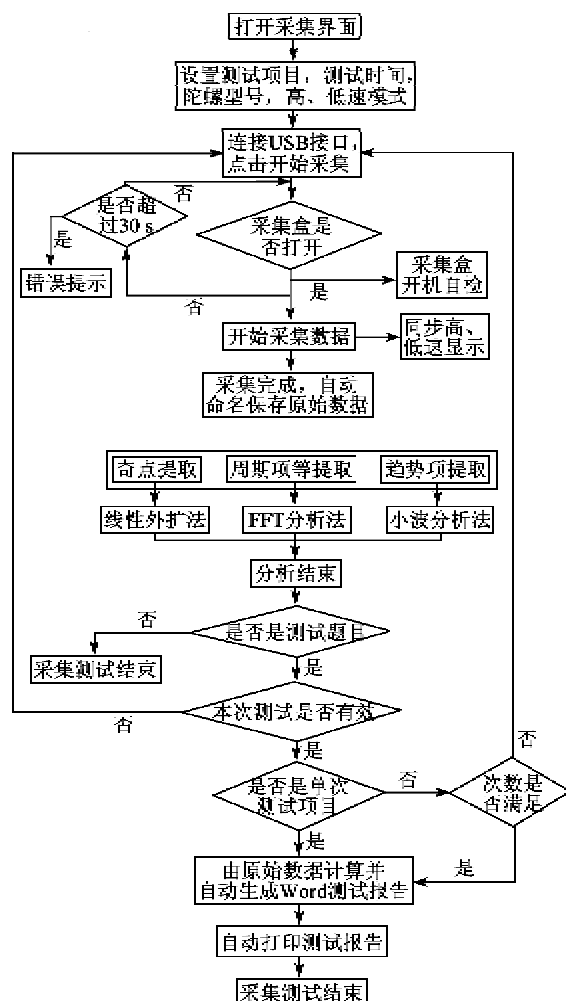


图 2 测试系统自动化测试程序流程图

整个工作流程除环境模拟初始化操作外,其他操作均集成在基于 Visual C++ 在 VC6.0 中编程实现的单文档操作界面中,以下几部分主要对自动测试流程中关键部分的实现进行详细介绍。

2.2 VC++ 实现数据采集

本测试系统数据采集部分使用了基于可编程阵列(FPGA)和 USB 的硬件采集系统^[10],使其具备远高于 RS232 等接口传输速率的性能,因此本系统数据采集部分主要是完成 PC 机与 USB 接口的通信。使用 Visual C++ 实现此通信功能,需要开发 USB 接口驱动程序及 PC 机应用程序。驱动程序用于上位机和 USB 控制芯片建立连接,应用程序主要用于完成对 USB 接口的读写。对于本系统使用的 C8051F320 芯片,开发包配有驱动程序模板,只需更改部分代码即可完成合适的驱动程序设计;开发应用程序时,首先创建一个基于 MFC 单文档的应用程序,然后将 C8051F320 芯片开发包中的部分头文件(*.h)拷贝到此应用程序所在目录,并加入工

程,然后只需调用相应的 WIN32 API 函数向驱动程序提交各种申请,就能由驱动程序来完成相应的读、写数据等各种功能,从而实现光纤陀螺数据的采集。

2.3 VC++实现数据实时显示和存储

由于本测试系统应用程序采用单文档结构,因此在建立工程时选择 CFormView 作为基类,这样可实现单文档中嵌入实时显示的作图窗口。

本测试系统数据采集部分需具备高速采集功能,因此对于显示部分提出了较高的要求,因此采用了 NI 公司的 Measurement Studio 插件来完成作图,本系统使用多窗口完成了原始数据显示、自主分析结果显示等功能。Measurement Studio for Visual C++是专为工程师提供的一组软件工具,在一组用于采集分析和显示数据的集成 C++库的支持下可提高开发应用程序的效率。Measurement Studio 提供的 C++类被组成 12 个部件,最常用的是 Common、Analysis 和 User Interface,其中 Common 部件包括一组用于连接其他 Measurement Studio 部件的类,该部件主要提供基本的数据类型用于存储数据,如 CNiReal64Vector; Analysis 部件中封装了各种数学算法,使用该部件可完成时频分析、数字滤波、曲线拟合、统计和峰值检测等分析功能; User Interface 部件被用于向应用程序添加 measurement Studio 用户控件,也被用于对这些控件的控制,用户控件主要有图形、滑块、旋钮、数字编辑框和按钮等控件。

调用 Measurement Studio 实现实时作图步骤如下:

1) 安装 Measurement Studio,打开所建 MFC 工程,在 Dialog 编辑页面右侧工具栏里会出现 CWGraph Control(NI)的控件,选中后在主对话框中画出作图窗口,通过设置作图窗口的属性即可获得所需的作图显示界面,本系统作图显示界面如图 3 所示。

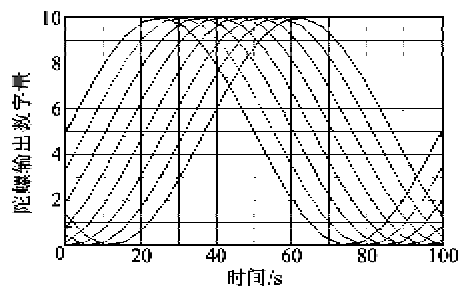


图 3 上位机作图显示界面(NI 插件)

2) 利用语句 `CNiReal64Matrix * m_pDataArray` 定义数据存储空间,用以存储采集的光纤陀螺数据。

3) 通过 `m_Graph.PlotsXY(* m_pDataArray, TRUE)` 语句实现数据的多曲线间隔性作图显示,或通过 `m_Graph.Plots.Item(*).ChartXY(x,y)` 实现单曲线连续作图;利用 NI 插件实现的实时作图功能简洁实用,界面美观,交互性强。

2.4 VC++实现光纤陀螺数据自主分析

本系统将对获取的光纤陀螺数据进行自主分析,主要包括 FFT 分析和趋势项提取,并使用 NI 插件对分析结果作图显示。

FFT 分析使用了 Measurement Studio 的 Analysis 部件中封装的 FFT 分析功能,其提供简洁数据接口,使用语句 `CNiMath::FFT(realDataX, imagDataX)` 即可直接对输入数据进行频谱分析,降低了代码量。

趋势项提取使用 VC++调用 matlab 函数库中函数实现,matlab 函数库封装了包括小波分析在内的复杂数学算法,简单易用。本系统使用 matlab 引擎实现 VC++调用 matlab,步骤如下:

1) 打开目标工程,在“Tools->Options->Directories”中加入 matlab 的头文件和库文件路径。

2) 在工程中包含库文件 `#include "engine.h"`。

3) 使用“`Engine * wm`”定义引擎,通过“`engEvalString(wm, "[c,1]=wavedec();")`”实现小波分析,使用“`engClose(ep)`”关闭引擎;使用引擎调用 matlab 实现简单,易操作。

2.5 VC++实现测试参数计算与报告生成

陀螺数据在经过自主分析过程后即进入参数计算及报告生成部分,参数计算部分根据各参数测试标准及计算方法来实现个性化的计算,示意图如图 4 所示。

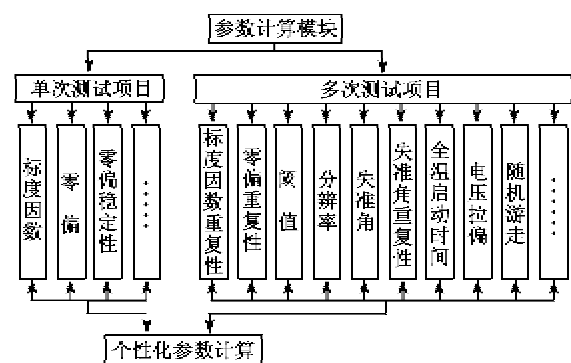


图 4 参数个性化计算示意图

窗口、FFT 分析结果显示窗口、小波分析结果显示窗口及 Allan 方差分析结果显示窗口,如图 8 所示。

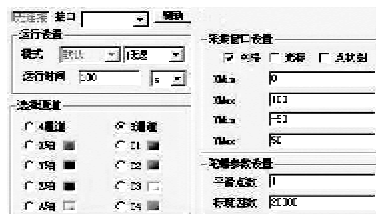


图7 初始化参数设置区

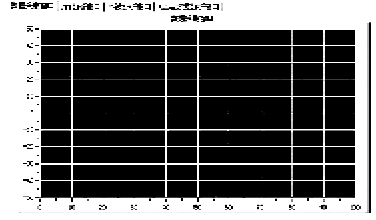


图8 数据采集及自主分析显示窗口

使用本系统针对某型号光纤陀螺完成了各项指标的测试,自主分析作图显示见图 9 所示。部分测试指标的 Word 测试报表如表 1 所示。

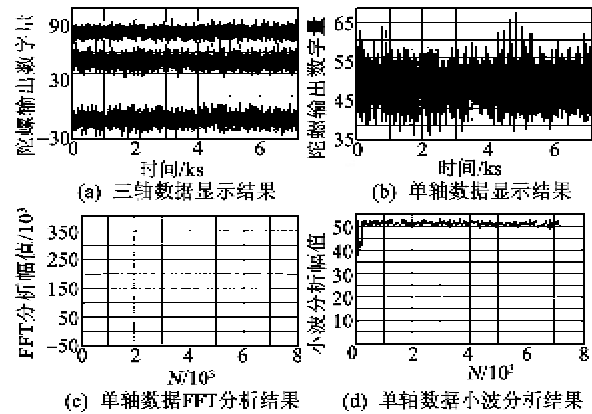


图9 某三轴光纤陀螺数据采集及自主分析显示图

表1 某三轴陀螺零偏系列测试结果

X 轴零偏系列测试数据								
测试项目	指标要求	1	2	3	4	5	6	7
零偏稳定性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50	0.48	0.26	0.26	0.24	0.22	0.23	0.48
零偏/[$(^{\circ})/h$]	$-20 \sim +20$	9.28	9.27	9.24	9.27	9.25	9.23	9.28
零偏重复性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50				0.02			
Y 轴零偏系列测试数据								
测试项目	指标要求	1	2	3	4	5	6	7
零偏稳定性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50	0.23	0.26	0.28	0.27	0.23	0.23	0.23
零偏/[$(^{\circ})/h$]	$-20 \sim +20$	14.2	14.1	14.1	14.6	14.1	14.1	14.2
零偏重复性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50				0.17			
Z 轴零偏系列测试数据								
测试项目	指标要求	1	2	3	4	5	6	7
零偏稳定性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50	0.25	0.28	0.29	0.29	0.25	0.25	0.25
零偏/[$(^{\circ})/h$]	$-20 \sim +20$	-0.32	-0.34	-0.32	-0.33	-0.32	-0.30	-0.32
零偏重复性/[$(^{\circ})/h(1\sigma)$]	≤ 0.50				0.01			

4 结束语

本文设计了一套基于 VC++ 的光纤陀螺多参数自动化测试系统,本系统功能集成化程度及自动化程度较高,自动化的流程设计使得本系统能在较少人工参与的情况下完成多轴光纤陀螺的数据采集保存、数据实时显示、数据自主分析、测试参数计算及报告生成,操作界面交互性强,可靠性高,为研究人员和测试人员节省了大量的时间和工作量。经测试,本系统能保证在自动化程度较高的前提下完成光纤陀螺几乎各项参数测试,良好地实现了各项测试参数的自动化测试。

参考文献:

[1] LEFEVRE, HERVE C. 光纤陀螺仪[M]. 张桂才,

王巍,译. 北京:国防工业出版社,2002:170-172.

- [2] LEFEVRE H C. The fiber-optic gyroscope[M]. Norwood: Artech House, INC, 1993: 1-4.
- [3] LEFEVRE H C. Fiber optic gyros: 20th anniversary conference[C]//Washington: SPIE, 1996: 2-27.
- [4] HOTATE K. Future evolution of fiber optic gyros [C]//Proc of SPIE, Fiber Optic Gyros: 20th Anniversary Conference, 1996, 2837: 33-45.
- [5] 罗浩菱,潘英俊,任春华,等. 基于 Visual C++ 的惯性导航数据采集系统[J]. 压电与声光, 2012, 34(1): 46-50.

LUO Haoling, PAN Yingjun, REN Chunhua, et al. Development of data acquisition system for inertial navigation system based on visual C++[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2012, 34(1): 46-50.

(下转第 832 页)