

单轴系陀螺仪组测量系统

李晓君¹, 杨农合², 张家斌³, 郭广军¹, 程慧¹

(1. 中国人民解放军 63963 部队, 北京 100072;

2. 西安理工大学 机械与精密仪器工程学院, 陕西 西安 710048;

3. 北京理工大学 飞行器动力学与控制教育部重点实验室, 北京 100081)

摘要: 由 ARM Cortex-M3 单片机通过 USB-HID 接口和计算机(笔记本电脑)构成的上下位机模式的陀螺仪测试系统, 实现了单轴系陀螺仪组的各种静态参数和动态参数测试。由上位计算机通过 USB-HID 端口发出各种控制状态, 操纵下位机使得陀螺仪组模拟出实际的工作状态, 完成了单轴系陀螺仪组的动态响应测试。

关键词: 陀螺仪; ARM Cortex-M3; USB-HID; 信号调理电路; 测试软件

中图分类号: TM930.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)11-0076-02

A gyroscope group measurement system

Li Xiaojun¹, Yang Nonghe², Zhang Jiabin³, Guo Guangjun¹, Cheng Hui¹

(1. 63963 Troops of the Chinese People's Liberation Army, Beijing 100072, China;

2. Department of Mechnology and Precision Instrument Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

3. Key Laboratory of Dynamics and Control of Flight Vehicle, Ministry of Education Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: The gyroscope test system of the upper and lower computer model constituted by the ARM Cortex-M3 MCU through the USB-HID interface and computer (laptop). Various static and dynamic parameters of the test for single axis gyroscope group, issued from the host computer via the USB-HID port various control state, manipulation the lower machine makes gyroscope group to simulate the actual working condition, completed of the the single axis department gyroscope group dynamic response test.

Key words: gyroscope; ARM Cortex-M3; USB-HID; signal conditioning circuit; test software

单轴系陀螺仪组是由若干个陀螺仪组成的一个轴系方向(X)角运动位置检测装置。检测单轴系陀螺仪组的传统方法是通过一定数量的控制开关、指示灯, 电压表、电流表来测试其静态的工作状态与性能。单轴系陀螺仪组的动态特性是非常重要的技术指标^[1], 反映了陀螺仪组的性能和实际工作的特性。通过由上下位机构成的陀螺仪测试系统可以完成单轴系陀螺仪组的静态、动态特性的多项测试, 对陀螺仪组做出正确的功能分析和质量评价^[2]。

1 测试系统的基本结构

单轴系陀螺仪测试系统由 ARM Cortex-M3 单片机作为中心主体, 通过 16 路 DI、DO 数字输入、数字输出模块和 16 位 A/D 转换模块、信号调理电路、电源等构

成。测试系统构成如图 1 所示。

陀螺仪组通过信号调理电路接入测试系统, 信号调理电路由 DO 控制转换电路和陀螺仪组的输出转换电路组成, 完成 ARM Cortex-M3 单片机发出的 DO 控制信号转换为符合陀螺仪组的要求的控制信号, 并将陀螺仪组的输出转换为符合 A/D 模块采集要求的信号。

16 位的并行高速 A/D 转换芯片及 16 通道的多路模拟开关构成 A/D 采集模块, 保证了数据采集精度和分辨率, 并保证了信号的速率, 降低了相位误差。

上位机通过标准的 USB 端口, 以 HID 通信模式和下位机交换数据和发出功能指令。下位机的测试数据通过 USB 端口送到上位机, 由上位机的测试程序进行处理和显示。

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 11 期

技术与方法

Technique and Method

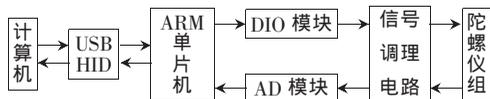


图1 测试系统构成框图

2 测试系统软件

上位机测试系统软件完成7类12项检测功能,采用模块化设计,按照测试功能分类。对陀螺仪组的检测数据进行分析,判定其该项指标是否超限(并显示指标上、下限)。各种操作均有弹出向导说明操作步骤和陀螺仪连接方法。由系统时钟作为基础时间切片,时钟中断作为USB端口的扫描控制。USB接口程序使用HID模式实现热插拔功能,以命令组的包模式对下位机通信。

下位机采用C语言编程,控制DO、DI、AD模块,AD采集模块采用实时的修改后中值滤波算法,降低了噪声影响,保证信号的可靠性。修改后中值滤波算法数学公式为:

$$V_i = \frac{1}{5} \left(\left(\sum_{i=3}^{i+3} V_i \right) - V_{\max} - V_{\min} \right) \quad (1)$$

其中, V_{\max} 是区间的最大值, V_{\min} 是区间的最小值。在保证具有较高的采样速度情况下,采用长度为7的环形数据缓冲区。滤波处理对于 V_i 的数据是中心对称,相位偏移最小,7个数据中的最大和最小被剔除,剩余5个数据做平均。在保证高采样率的情况下,经过滤波可以消除粗大和随机尖峰脉冲干扰。

常用的中值滤波算法不能剔除粗大误差和瞬时的脉冲尖峰干扰,经过修改加上剔除粗大干扰的算法,既保证了最小波形相位延迟,又不会损伤信号。图2为测试系统软件图。

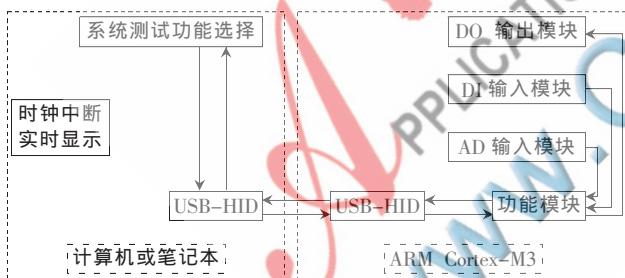


图2 测试系统软件框图

3 测试系统工作原理

陀螺仪组特性测试系统上位机测试软件按照测试项目和流程,通过USB端口对下位机发出相应的命令组控制包,ARM Cortex-M3单片机收到命令组控制包后,按照测试要求输出控制状态,经调理电路中的DO控制转换电路转换为符合陀螺仪组的控制信号,送到陀螺仪组。控制陀螺仪组进入工作状态,陀螺仪组的输出信号经信号变换驱动后,送入A/D转换模块输入端。经A/D转换为数字量,进行中值滤波,将数据组合为数据包通过USB端口送至上位机,由测量程序按照设定的流程进行处理和图形显示。

4 测试应用效果

测试系统除了数字显示以外,图形显示功能也很强大^[3],可对陀螺仪组动态性能进行直观地描述,直接可以显示出陀螺仪组性能优劣。

图3是采集的陀螺仪组的动态工作电流波形,从波形图上可以清楚反映陀螺仪组中各陀螺仪及其附件的组合、分离与各种工作状态加载特性以及控制响应时间特性。

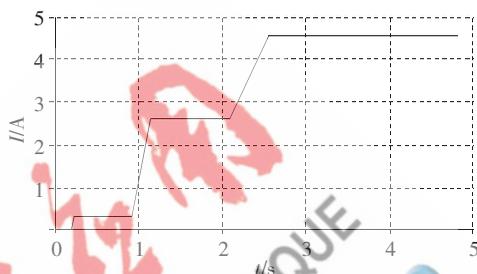


图3 陀螺仪组动态电流特性图

图4是陀螺仪组的差动输出的波形之一,通过图形反映了陀螺仪的输出性能、稳定性以及信号放大的综合性能,及其输出幅度、偏移和对称性。根据测试数据和波形评价陀螺仪组的单项和综合特性。

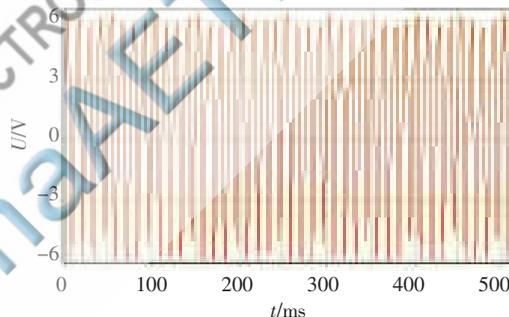


图4 陀螺仪组差动信号输出

图5是检测陀螺仪组的自动校正性能测试,对其漂移和自动校正的测试进行图形显示。使用鼠标选取坐标,可由测试程序计算出精确的校正动作持续时间和校正间隔时间。

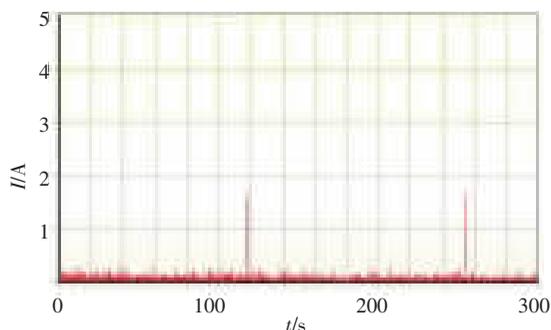


图5 陀螺仪组自动校正波形

由上下位机构成的单轴系陀螺仪组测试系统,ARM Cortex-M3单片机作为下位机,其性能优良,运算速度

技术与方法 Technique and Method

快,内部存储器大,USB接口,外加16位的并行接口的A/D转换模块,DO、DI模块和调理电路,使得下位机结构紧凑,可靠性高,使用USB端口的HID模式通信,速度快,接口电缆标准,对上位机的要求大大降低,不仅可以一般计算机完成测试,也可以使用笔记本电脑作为上位机。由于采用USB-HID模式,上位机不用安装驱动,系统可自动识别通信端口,极大简化了测试系统连接方式,降低了结构成本且维护简单。

参考文献

[1] 顾正华,王帆,韩杰,等.基于光纤陀螺侧滑角动态数据采集和处理[J].测控技术,2011,36(6):33-35.

[2] 冯智勇,曾瀚,张力,等.基于陀螺仪及加速度计信号融合的姿态角度测量[J].西南师范大学学报,2011,36(4):137-141.

[3] 高琴,陈树君,王续明,等.多功能虚拟示波器的设计与实现[J].通信技术,2010,43(4):217-219.

(收稿日期:2013-01-30)

作者简介:

李晓君,女,1979年生,工程师,硕士,主要研究方向:测试技术。

杨农合,男,1955年生,主要研究方向:测试技术及仪器。

张家斌,男,1983年生,工程师,主要研究方向:测试技术。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com