

文章编号: 1672-8785(2006)04-0001-04

基于 PCI 总线的位标器陀螺转子 实时数据采集系统

陈 琛, 刘小英, 刘德明

(华中科技大学光电子工程系, 湖北武汉 430074)

摘 要: 介绍了一种运用相位法测量扫描圆直径的数字测试方法。详细阐述了基于 PCI 总线的实时数据采集系统如何实现扫描圆的数字化测量, 包括系统的硬件与软件设计, 并对测试结果进行了分析。

关键词: PCI 总线; 数据采集; 陀螺转子; 扫描圆

中图分类号: TP212 **文献标识码:** A

Real Time Data Acquisition System of Coordinator Gyrorotor Based on PCI Bus

CHEN Chen, LIU Xiao-ying, LIU De-ming

(Department of Opt-electronic Engineering, Huazhong University of Sci & Tech, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper presents a digital method for calculating the diameter of a scan circle by measuring the phase of the signal. The real time data acquisition system of the coordinator gyrorotor, the hardware configuration and software design are described in detail. The analysis of the result of this method is also presented.

Key words: PCI bus; data acquisition; gyrorotor; scan circle

1 引言

红外导弹位标器一般由光学系统、陀螺目标跟踪系统、热能信号调制器(调制盘)与光电信号转换器(探测器或光敏电阻)等部分组成。位标器在控制电路的作用下,用于接收目标的红外辐射并将辐射能转化为电能,产生带有目标位置信息的目标探测信号,搜索和跟踪目标并给出目标的坐标基准信号与离轴角信号。因此,位标器的性能对红外导弹的性能具有决定性的作用。

与以往的位标器陀螺转子扫描圆测量相比,采用 PCI 总线的数据采集系统可以实时采集

四路探测器的信号,代替了数字示波器功能,便于计算机进行数据处理。与传统的位标器陀螺转子扫描圆测量方法—偏转法(采用偏转角度计算扫描圆)相比,采用相位测量方法来确定扫描圆大小具有一定的优势:首先,它不依赖于平面反射镜的偏转角度,从而不会引入平面反射镜的机械误差;其次,可以通过测算四路信号间的相位来保证扫描圆的严格水平平移,而不会引入因扫描圆上下偏移带来的误差。

2 系统方案设计

系统总体设计框图如图 1 所示。快速黑体作为测试系统的模拟目标光源辐射出红外信号,

收稿日期: 2005-10-11

作者简介: 陈琛(1982—),男,湖北武汉人,现为华中科技大学光电子工程系 2004 级在读硕士研究生,主要研究方向为光纤传感与信号处理技术。

经过光阑孔输出,此时可近似为点光源。光学系统包括平行光管和精密转台两个部分。首先将近似点光源辐射出的球面波转化为平面波,然后通过精密转台上的反射镜将红外信号反射到位标器转子及探测器上,探测器将辐射的红外信号转化为电信号并经过前置放大器输入数据采集卡,数据采集卡通过 PCI 总线与工控机相连,通过调用工控机中的测试程序即可实现对位标器转子的控制与测试。

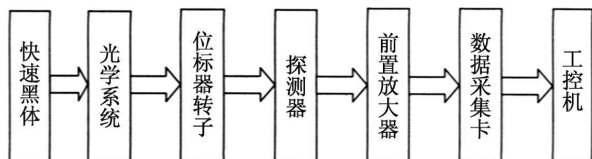


图 1 系统总体设计框图

3 扫描圆的测试原理

探测器上的扫描圆的测量方法一般采用偏转法,这里我们采用了相位法测量。两种方法测量的光路是相同的,只是采用的参数与扫描圆的计算方法不同。

3.1 偏转测量法

目标以水平不匹配角 θ 偏离光轴时,其扫描圆中心将偏离探测器中心,偏离值为 $h \approx f \cdot \tan \theta$, f 为位标器转子光学系统的组合焦距。测量光路如图 2(a) 所示,目标模拟的平行入射光束经平面反射镜偏转,再辐射到位标器转子光学系统。测量时,先将平面反射镜的扫描圆中心调整到与探测器中心重合(此时四路示波器脉冲完全相同),然后转动平面反射镜,使扫描圆中心水平偏离探测器中心,直到探测器上刚好检测不到信号为止,如图 2(b) 所示。此时根据前面分析,平面反射镜的偏转角度与扫描圆中心的偏离距离有着如下的对应关系,即 $h \approx f \cdot \tan \theta$, f 为位标器转子光学系统的组合焦距。平面反射镜的偏转角度 θ 可以通过其精密数显二维调整台测得,探测器的臂长 l 也是已知的,因此扫描圆半径即为

$$R = h - l = f \cdot \tan 2\theta - l \quad (1)$$

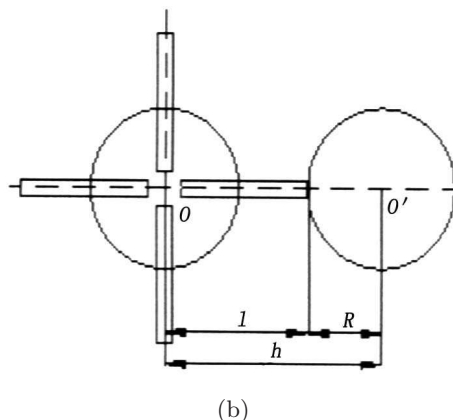
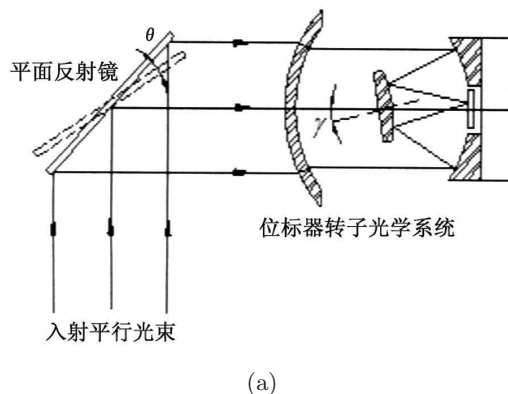


图 2 偏转测量法原理

3.2 相位测量法

与偏转测量法类似,相位测量法同样先将平面反射镜的扫描圆中心调整到与探测器中心重合(此时四路示波器脉冲完全相同),然后转动平面反射镜,使扫描圆中心水平偏离探测器中心,直到示波器上一周期内刚好出现 3 个脉冲信号为止(即扫描圆平移出探测器的一个臂),如图 3 所示。此时,通过实时数据采集系统可以测出第一个脉冲和第三个脉冲之间的时间间隔 Δt ,然后换算成角度相位差 $360^\circ - \beta = \Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$,其中 f 为转子转速稳定后的频率, β 为如图 3 所示的锐角。

根据几何关系即可得到 β 与扫描圆半径 R 的关系:

$$\beta = 2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{R^2 - (R-d)^2}}{R} \right) \quad (2)$$

式中, d 为探测器臂距探测器中心的距离。

4 实时数据采集系统

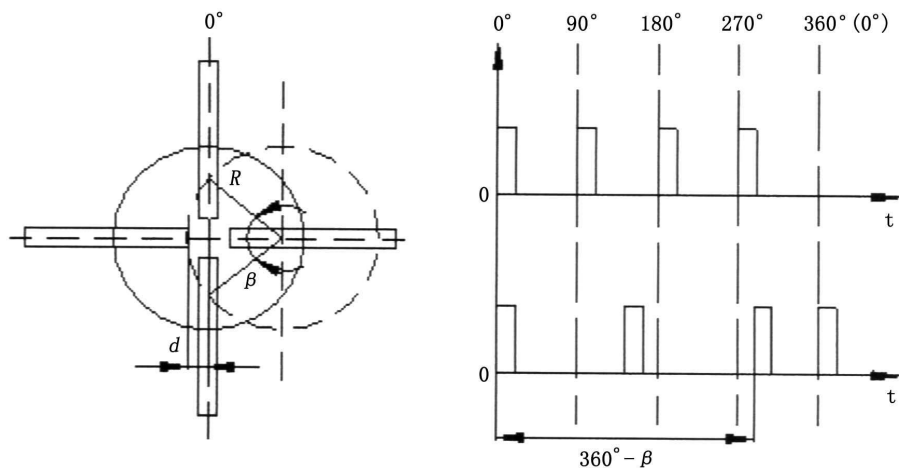


图 3 相位测量法原理图

实时数据采集系统是实现扫描圆数字化测量的关键, 它由硬件和软件系统两大部分组成。

4.1 硬件系统设计

数据采集卡是硬件部分的核心, 主要完成数据的采集与存储及 I/O 口的控制。考虑到系统测试的精度和速度对板卡的要求, 采用了研华公司的多功能数据采集卡 PCI-1716。PCI-1716 是具有 16 位高分辨率的数据采集控制卡, 支持即插即用, 采样频率最高可达到 250KS/s, 具有 1KFIFO 的高速缓存, 可灵活设定单极性或双极性输入范围, 输入时钟频率为 10MHz, 同时具有自动校准功能。板卡的测试功能包括: 16 通道单端输入或 8 通道双端输入、16 通道数字 I/O 和两通道模拟信号输出, 同时带有可编程定时/计数器功能。综合起来看, PCI-1716 的各项性能指标均能满足测试系统的要求。

在探测器信号输入数据采集卡之前先要经过信号调整电路, 其主要功能包括以下几个方面:

(1) 放大或衰减: 将采集信号放大或衰减至数据采集卡的输入范围, 同时提供足够的驱动能力。

(2) 预滤波: 滤除信号中的高频分量, 减小噪声, 提高信噪比。

(3) 整形变换: 将高频的正弦信号经过光电耦合器转换为方波信号, 输入定时计数器中以测得信号的频率。

(4) 噪声抑制: 采用差分双端输入方式, 同时采用隔离技术、屏蔽技术、接地技术等抑制噪声。

4.2 软件系统设计

对数据采集卡编程所使用的方式主要有以下三种: 软件触发方式、中断方式、DMA 方式。其中, 中断传输方式具有采集速度快、易于编程实现的特点。我们采用了中断传输方式, 其传输过程是: 将板卡上的数据传输到预先定义好的内存变量中。每次 A/D 转换结束后, EOC 信号都会产生一个硬件中断, 然后由中断服务程序 (ISR) 完成数据传输。

同时, 为了防止高速数据采集时丢失数据, 特别是对于 Windows 这种多任务操作系统, 硬件系统设置了 1KFIFO 的高速缓存。FIFO 缓冲区会存储连续的采样数据, 如果中断服务程序还未传输最初的采样值, FIFO 会将下一次的采样值放入到 FIFO 的下一个位置, 以免旧的数据在此期间被新的数据覆盖。在编程时要注意检测缓冲区中的数据是否已满。

我们采用研华的设备驱动程序结合微软的可视化平台 Visual C++6.0 来开发程序。首先, 建立 MFC 应用程序框架, 声明包含了动态连接库 (DLL) 的头文件, 将动态连接库的导入库加到工程模块中。然后编辑可视化界面, 最后即可在相应的按钮和消息处理函数中编写源代码。程序中主要的参数、采集数据的流程及相应的实现函数如图 4 的流程图所示。程序开始先设置

采集系统的参数。

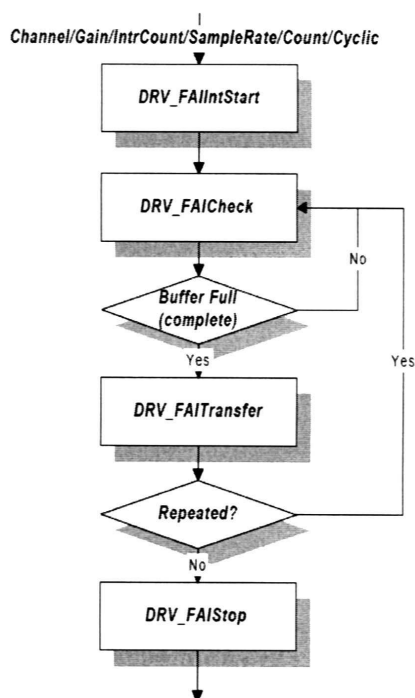


图 4 数据采集程序流程

各参数含义如下：

Channel：采集的通道数。

Gain：增益。设置输入量程。

IntrCount：产生一次中断的转换次数。

SampleRate：采样数率。

Count：缓冲区中开辟的存储单元。

Cyclic：设置采集模式。

Cyclic = 1 为连续模式；

Cyclic = 0 为单步模式。

根据采集系统要求，在设置完参数后，通过 DRV_FAIntStart 函数启动了中断功能。如果是多路通道同时采集，则需调用 DRV_FAIntScanStart 函数对各通道进行扫描。该功能运行于后台，使用 DRV_FAICheck 函数检查其工作状态，如缓冲区中未滿，则继续检测其状态直至缓冲区数据采集满后，调用 DRV_FAITransfer 函数传输数据，如此完成一次数据采集和传输过程。如果继续循环采集，则程序重复上述过程。当工作结束时（或者任何时刻），可以调用 DRV_FAIStop 函数来停止工作。

5 结果与讨论

经过软硬件的开发和调试，四路探测器信号的波形与通道噪声被检测出来。图 5(a)、(b) 所示分别是探测器中心与扫描圆中心重合时采集系统得到的四路信号的波形与四路通道噪声。

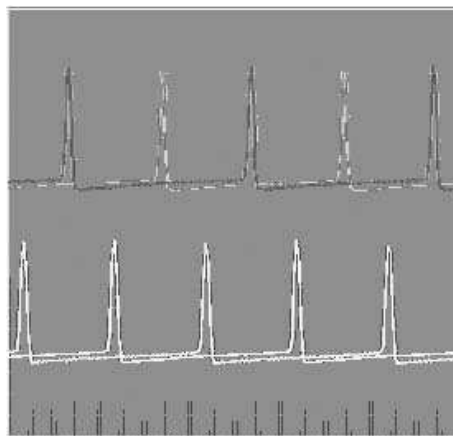


图 5(a) 四路信号的波形

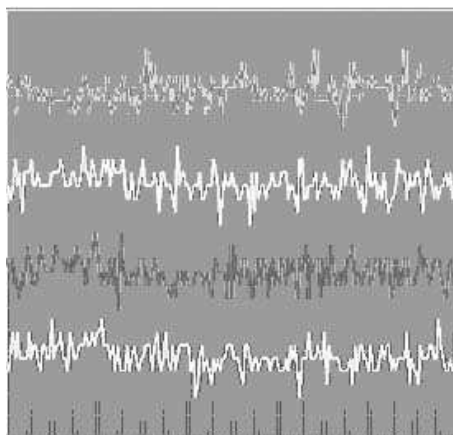


图 5(b) 四路通道的噪声

四路信号的相位测试对扫描圆的测试有着重要的意义。由于信号的峰值处具有一定的平坦宽度，因此系统采用过零点触发的方式，比较四路信号过零点的时间差，然后通过信号周期转换为相位差，实现了对四路信号的相位差测试。通过比较偏转法与相位法的测试结果，可以看出，在容差范围内，两种方法的实际测试结果是一致的。

在相位法测量中，扫描圆大小不依赖于平面反射镜的偏转角度，从而不会引入平面反射

（下转第 14 页）